



D. Hrupec*
 Odjel za fiziku
 Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera Osijek
 Trg Ljudevita Gaja 6
 31 000 Osijek

Nobelova nagrada za fiziku za 2019. godinu – razvoj svemira i položaj Zemlje u svemiru

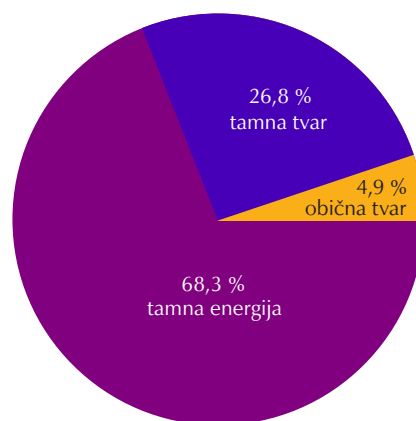
Nobelova nagrada za fiziku za 2019. godinu dodijeljena je za dva naizgled nepovezana područja istraživanja svemira: fizičku kozmologiju i potragu za ekstrasolarnim planetima. Švedska kraljevska akademija znanosti objedinila je to obrazloženjem: “za doprinose u našem razumijevanju razvoja svemira i položaja Zemlje u svemiru”.¹ Prvu polovicu nagrade dobio je **James Peebles**, teorijski fizičar sa Sveučilišta u Princetону, za svoja “teorijska otkrića u fizičkoj kozmologiji”. Kolokvijalno bismo rekli “za teoriju velikog praska”, no Peebles ne voli taj naziv jer ljude dovodi u zabludu da fizička kozmologija tumači sam početak svemira (a zapravo tumači samo njegov razvoj od vrlo rane faze do danas).² Drugu polovicu podijelila su dva astrofizičara sa Sveučilišta u Ženevi, **Michel Mayor** i **Didier Queloz**, “za otkriće ekstrasolarnog planeta u orbiti zvijezde slične Suncu”. Tekst u nastavku prenesen je, uz manje preinake, s portala *Ideje.hr*,³ gdje je autor nedavno komentirao ovogodišnju Nobelovu nagradu za fiziku.

Sam dobitak diplome ne čini neku osobu pametnijom, ali je važan formalni akt kojim zajednica pojedincu priznaje određeni status. Tako ni Nobelova diploma ne pretvara pojedinu disciplinu u znanost niti potvrđuje njezinu istinitost, ali pokazuje da znanstvena zajednica formalno prihvaća njezinu zrelost.

U prirodnim znanostima nema demokracije, u smislu da pojedina ideja postaje istinitom kad većina digne ruku. Priroda je jedini sudac, a svoje odluke donosi u vidu rezultata naših eksperimenata. Pa ipak, stav većine znanstvene zajednice prema nekom znanstvenom području važan je jer utječe na daljnji razvoj tog područja što se očituje u odlukama o financiranju projekata ili u spremnosti znanstvenika da se tim područjem bave.

Često sam kod ljudi, čak i kod kolega fizičara, zapažao veliku podozrivost prema radikalno novim područjima istraživanja svemira. Posebno sam za kozmologiju imao priliku čuti: “to nije znanost”, “to su samo spekulacije” ili “to nije potvrđeno”. A te spekulacije su odavno prerasle u tvrdnje s brojnim potvrdama te iznjedrile novu znanost, samo ljudi o tome nisu bili dovoljno informirani. Nobelova nagrada ima veliku moć da naglo proširi informiranost i promijeni stavove većine, poput faznog prijelaza. No za razumijevanje važnosti otkrića, za koja je dodijeljena ovogodišnja Nobelova nagrada za fiziku potreban je mali povijesni kontekst.

Krenimo s kozmologijom. Sveopće poimanje kozmologije kao pukog nagađanja ima svoje duboke korijene. Kozmologija je, u širem smislu, tumačenje postanka i razvoja svijeta. A priče o postanku i razvoju svijeta ljudi su smišljali od davnina. Mnoge od tih priča danas su sačuvane u obliku mitova kao i u raznim svetim spisima na koje se pozivaju religije. Mitologijska ili religijska kozmologija postoji, grubo govoreći, nekih pet tisućljeća premda je sam naziv *kozmiologija* znatno mlađi. Skovao ga je u 18. stoljeću njemački filozof Christian Wolff. Tek posljednjih, otprilike, pola stoljeća postoji **fizička kozmologija** – područje prirodnih znano-



Slika 1 – Sastav svemira prema standardnom modelu fizičke kozmologije, potvrđenom brojnim opažanjima (izvor: Dario Hrupec)

sti u kojem istražujemo podrijetlo, razvoj, strukturu i dinamiku svemira.

Kozmologija kao znanost začela se Hubbleovim otkrićima galaksija i širenja svemira te Einsteinovom općom teorijom relativnosti kao matematičkom podlogom za opis svemira u cjelini. Spoznaja o širenju svemira prirodno je inicirala ideju da je svemir nekad bio manji, pa stoga gušći i topliji. Prematanje unatrag “filma” o razvoju svemira vodi nas prema sve manjem svemiru i, u konačnici, prema njegovu početku u ekstremno vrućoj i gustoj “točki”. Takav scenarij, u kojem svemir ima početak, Fred Hoyle bio je posrpdno nazvao velikim praskom. Naziv je ostao do danas, a teorija velikog praska nokautirala je Hoyleovu teoriju stalnog stanja. Stari ljudi u Zagorju bi na to rekli: “Naj se rugati ni pukljavomu drevu”. A Hoyle se smijao velikom prasku kao drvu grbavom. Na kraju se njegovo drvo, teorija stalnog stanja, osušilo, a teorija velikog praska postala veličanstveni središnji dio standardnog modela fizičke kozmologije, zvanog **model Lambda-CDM**, koji je danas najbolji opis razvoja, strukture i dinamike svemira, opis koji je potvrđen brojnim opažanjima raznih instrumenata: teleskopa i satelitskih detektora.

Sve do sredine šezdesetih godina prošlog stoljeća kozmologija je bila samo spekulacija. U prvoj polovici tih šezdesetih godina našlo se teorijskih fizičara koji su se upustili u avanturu primjene, na rani svemir, tada potpuno novih znanja iz nuklearne fizike i fizike elementarnih čestica. Ideja je bila pokušati rekonstruirati proces kojim su se iz jako vrućeg i gustog početnog stanja svemira razvile najprije elementarne čestice pa atomske jezgre pa kemijski elementi te konačno zvijezde i galaksije. Bio je to vrlo ambiciozan zadatak. Prvi je put razvoj svijeta – jedno od temeljnih pitanja kojim je čovječanstvo oduvijek bilo zaokupljeno – trebao dobiti priču koja ima znanstvene temelje. Jedan od pionira u tom poslu bio je James Peebles.

* Doc. dr. sc. Dario Hrupec
 e-pošta: dario.hrupec@fizika.unios.hr

Grupa fizičara s Princetona, u kojoj je radio Peebles, bila je predvidjela i zračenje točno određenih svojstava koje bi dandanas trebalo biti prisutno u cijelom svemiru kao neka jaka iz vrlo rane faze razvoja svemira. Slikovito rečeno, predvidjeli su eho velikog praska. Čak su počeli razvijati detektor kojim bi taj eho uhvatili. Ali u tom dijelu posla nisu bili dovoljno brzi. Pretekao ih je dvojac iz razvojnog laboratorija američke telekomunikacijske tvrtke Bell, Penzias i Wilson. Taj dramatični povijesni moment, koji opravdano možemo nazvati rođenjem fizičke kozmologije, opisan je scenom jednog telefonskog razgovora na samom početku knjige Richarda Paneka, koju sam 2015. preveo za izdavačku kuću Izvori, *Tamna materija, tamna energija*.

Ukratko: James Peebles, zvani Jim, i njegov mentor Robert Dicke razgovarali su Dickeovom uredu kad je zazvonio telefon. Poziv je došao iz laboratorija Bell, a ticao se detekcije posebnih signala iz svemira. Pozivatelj je fizičara s Princetona molio za pomoć oko interpretacije opažanja. Nije mu bilo jasno što to opaža. S druge strane, Dickeu je odmah sve bilo jasno. Kad je završio razgovor svojim je suradnicima rekao: “Dakle, dečki, preduhitriili su nas.” Radilo se o otkriću kozmičkog mikrovalnog pozadinskog zračenja, za koje su Penzias i Wilson dobili Nobelovu nagradu 1978. godine. Detektirani signal neosporna je činjenica, kako god ga kasnije interpretirali. No teorijsko tumačenje je škakljiva stvar. Ono bi moglo biti pogrešno. Zato je Švedskoj kraljevskoj akademiji znanosti, koja je dosta konzervativna institucija – kao uostalom i svaka akademija – pa igra samo na sigurno, trebalo više od 40 godina da Nobelovu nagradu dodijeli i Jamesu Peeblesu. Ako je Hubbleom i Einsteinom fizička kozmologija začeta, a s Penziasom i Wilsonom rođena, onda joj je Penziasova Nobelova nagrada nešto kao maturalna svjedodžba.

Zajedno s fizičkom kozmologijom maturirala je i mlada znanstvena disciplina o egzoplanetima. Ona je bila rođena trideset godina nakon fizičke kozmologije, sredinom 1990-ih. Ali začetci prvih ideja sežu stotinama godina unatrag. Godine 1600. u Rimu je bio spaljen talijanski renesansni filozof Giordano Bruno. Kao pobornik Kopernikove teorije, Bruno je nagađao da postoje drugi svjetovi slični našem. Bila je to razumna, ali za ono doba vrlo heretična ideja. Skoro 400 godina trebalo je da se takva jedna spekulacija uobliči u dobru znanstvenu hipotezu koja se može opovrgnuti ili potvrditi.

Kad je tehnološki razvoj konačno omogućio primjenu sofisticiranih metoda detekcije ekstrasolarnih planeta, dogodio se pravi boom. Počelo se nizati otkriće za otkrićem. Drugi svjetovi postali su stvarnost. Danas ih je otkriveno već **više od 4000**. Neki su dosta slični Zemlji, neki su vrlo različiti, ali podatci o svima njima iznimno su korisni istraživačima. Zahvaljujući poznavanju karakteristika planeta koji orbitiraju oko drugih zvijezda, znanstvenici mogu provjeravati modele nastanka planetarnih sustava te, u konačnici, razumjeti i nastanak Sunčeva sustava te Zemlje kao dijela Sunčeva sustava. A to je prvi dio velikog pitanja o nastanku života na Zemlji i nastanku nas samih. Dakle, oba dijela ovogodišnje Nobelove nagrade za fiziku, u konačnici, pripadaju kategoriji **postanci** i doprinose odgovoru na ona slavna pitanja koja je Paul Gauguin stavio u naslov svojeg najpoznatijeg ulja na platnu: Odakle dolazimo? Što smo? Kamo idemo?

No vratimo se na spomenutu sredinu 1990-ih. U listopadu 1995. Michel Mayor i Didier Queloz objavili su prvo otkriće ekstrasolarnog planeta – planeta koji ne orbitira oko Sunca, nego oko neke druge zvijezde naše galaksije. Radilo se o zvijezdi 51 Peg sličnoj Suncu, iz zvijezda Pegaz i od Sunca udaljenoj oko 50 godina svjetlosti te o njezinom planetu **51 Pegasi b**, plinovitom divu sličnom Jupiteru. Premda je i prije bilo tvrdnji o detekciji ekstrasolarnih planeta, to je bila prva pouzdana detekcija planeta koji orbitira oko zvijezde glavnog niza.

Postoji više različitih opažačkih metoda za pronalaženje ekstrasolarnih planeta. Najrjeđa je izravna metoda, kojom se planet



Photo: Juan Diego Soler – Flickr

JAMES PEEBLES

Rođen: 1935., Winnipeg, Kanada
Trenutačno zaposlenje: “Albert Einstein” zaslužni profesor na Princeton University, Princeton, NJ, SAD.

Nobelovu nagradu dobio: “za teorijska otkrića u fizičkoj kozmologiji”



Photo: ESO

MICHEL MAYOR

Rođen: 1942., Lausanne, Švicarska
Trenutačno zaposlenje: Zaslužni profesor na University of Geneva, Ženeva, Švicarska.

Nobelovu nagradu dobio: “za otkriće ekstrasolarnog planeta u orbiti zvijezde slične Suncu”



Photo: M. McCaughrean (ESA) / ESO

DIDIER QUELOZ

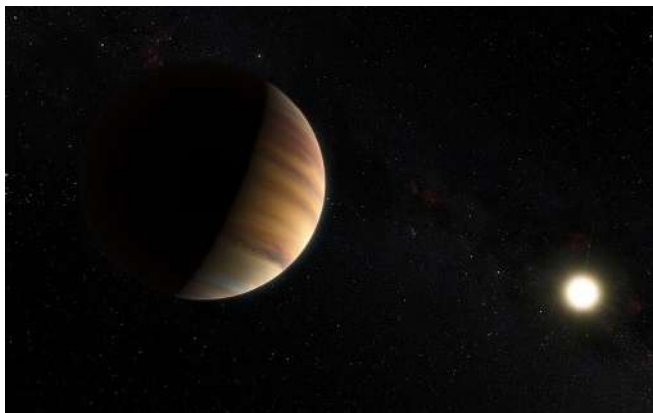
Rođen: 1966., Ženeva, Švicarska
Trenutačno zaposlenje: profesor na University of Geneva, Ženeva, Švicarska i University of Cambridge, Cambridge, Ujedinjeno Kraljevstvo

Nobelovu nagradu dobio: “za otkriće ekstrasolarnog planeta u orbiti zvijezde slične Suncu”

neposredno opaža teleskopom. Planeti oko drugih zvijezda su uglavnom predaleko i premali da bi se mogli tako opažati. Egzoplanete se otkriva uglavnom neizravno. Način na koji su Mayor i Queloz otkrili 51 Pegasi b je neizravna metoda koju nazivamo **metoda radijalnih brzina**. Radijalna brzina je brzina nekog objekta u smjeru opažanja. Vektor brzine tada ima orijentaciju ili prema opažaču ili od opažača.

Radi se o sljedećem. Smjer orbitalne ravnine (koji je po definiciji okomit na orbitalnu ravninu) nekog planeta zatvara sa smjerom opažanja (što je spojnica matične zvijezde i Sunca) neki kut. Što je taj kut veći od nule, to bolje. U najboljoj varijanti taj kut je 90 stupnjeva. Tada je približavanje-udaljšavanje planeta najizraženije.

Sad se prisjetite situacije u kojoj vozilo hitne pomoći projuri kraj vas. Visina tona koju čujete kod približavanja i visina tona koju čujete kod udaljšavanja osjetno se razlikuju. Tu prirodnu pojavu nazivamo Dopplerovim učinkom i ona se očituje kod svih vrsta valova, kako kod zvučnih tako i kod elektromagnetskih valova. Približavanjem ili udaljšavanjem izvora vala mijenja se relativna



Slika 2 – Umjetnički prikaz objekta 51 Pegasi b, prvog ekstrasolarnog planeta otkrivenog 1995. godine (izvor: ESO/M. Kornmesser/Nick Risinger)

brzina izvora i opažača a time i frekvencija koju opažatelj mjeri. Poanta priče je da se promjena frekvencije, koju je lako precizno mjeriti, može matematički povezati s promjenom brzine. Dakle, mjerenjem promjena frekvencije svjetlosti (s objekta koji se povremeno približava, povremeno udaljava) možemo mjeriti promjenu radijalne brzine a iz nje pak možemo izračunati parametre sustava: masu ekstrasolarnog planeta i udaljenost tog planeta do matične zvijezde. Možemo dakle mjeriti karakteristike planeta oko druge zvijezde mada taj planet ne možemo izravno vidjeti. To je bit metode koju su 1995. godine prvi uspješno primijenili Michel Mayor i Didier Queloz.

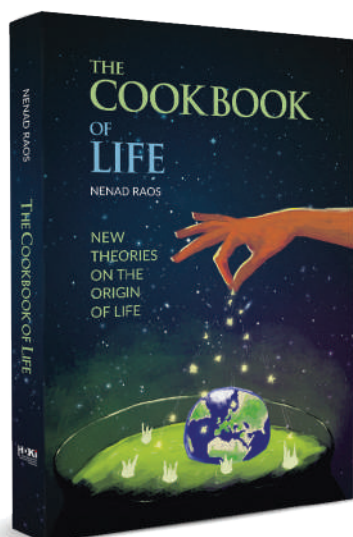
Osim metode radijalnih brzina, razvijeno je još nekoliko metoda za detekciju egzoplaneta, primjerice metoda mikrogravitacijske

leće. Vodeći ekspert u Hrvatskoj za tu metodu, i općenito za ekstrasolarnu planetu, moja je kolegica Dijana Dominis Prester, profesorica fizike na Odjelu za fiziku Sveučilišta u Rijeci.

I za kraj, možda se pitate što će nam znanja o razvoju svemira, zvijezda i planeta. Važnije su nam druge, konkretnije stvari, zar ne? Trebaju nam, primjerice, novi lijekovi, izvori energije, rješenja ekonomskih i političkih problema. E, pa na pravom smo putu. Primijenjene znanosti ne mogu funkcionirati same od sebe. Njih pogone temeljna istraživanja. Ne istražujemo razvoj svemira i planetarnih sustava iz gole znatiželje ni zato što tražimo "male zelene" (makar nas i to jako zanima). Radimo to zato što nas pokreće ideja razumijevanja svijeta, a "nusproizvod" temeljnih istraživanja su primijenjena istraživanja i tehnologija koja se može iskoristiti za dobrobit čovječanstva. Ili za propast čovječanstva. Odluka nije na znanosti nego na nama samima.

Literatura

1. The Nobel Prize in Physics 2019, NobelPrize.org, Nobel Media AB 2019, URL: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2019/summary/> (15. studenoga 2019.).
2. Ivan Couronne, Issam Ahmed, Top cosmologist's lonely battle against 'Big Bang' theory, Phys.org, URL: <https://phys.org/news/2019-11-cosmologist-lonely-big-theory.html>.
3. D. Hrupec, Ideje.hr, Priznanja znanstvenim romantičarima. Priče o postanku svijeta prerasle u znanost. Drugi svjetovi postali su stvarnost, URL: <http://ideje.hr/priznanja-znanstvenim-romanticarima-price-o-postanku-svijeta-prerasle-u-znanost-drugi-svjetovi-postali-su-stvarnost/>.



THE COOKBOOK OF LIFE (NEW THEORIES ON THE ORIGIN OF LIFE)

Dr. sc. Nenad Raos

Knjigu je moguće kupiti po cijeni od **150,00 kn** (PDV uključen).

Narudžbe se primaju telefonom (01/4872-499) ili elektroničkom poštom (hdki@zg.t-com.hr)

Studenti dobivaju **50 %** popusta uz predočenje indeksa, a članovi Društva **20 %**.

NOVO!!! Amazon Kindle izdanje: **POVEZNICA BOOK REVIEW**