

ŠTO JE ZAPRAVO ZNANOST?

dr. sc. Dario Hrupec

U prošlogodišnjem ciklusu "Izvori visokoenergijskih kozmičkih gama-zraka" pisao sam o vrlo konkretnom, uskom području moderne astronomije. Ove ću školske godine otići u drugu krajnost i govoriti o astronomiji u najširem kontekstu. Naime, astronomiju se često, iz laičke perspektive, doživljava samo kao ljudsku djelatnost koja neprekidno donosi zanimljive podatke o nebeskim tijelima i pojavama ili pak o teleskopima i letjelicama. No, astronomija je, u prvom redu, prirodna znanost. O toj se činjenici, čini mi se, najmanje govori, a još se manje govori o tome što zapravo jest znanost. Pošto razumijevanje znanosti u društvu smatram iznimno važnim odlučio sam ovogodišnji ciklus "Astronomija je znanost" posvetiti upravo tom pitanju. U prvom članku "Što je uopće znanost?" nastojat ću definirati znanost i objasniti po čemu se razlikuje od naizgled sličnih ljudskih djelatnosti. U drugom članku "Znanstvena metoda" objasnit ću kako znanstvenici dolaze do pouzdanog znanja. U trećem dijelu "Iz astronomije" opisat ću kako se moderna znanost razvila, dobrim dijelom, baš iz astronomije. Konačno, u završnom četvrtom dijelu "Kako radi znanost: astronomija" pokazat ću, na konkretnim primjerima, kako znanost funkcionira.

Definicija znanosti

Svojedobno sam bio zalutao na jedan studij projektnog menadžmenta gdje sam, između ostalog, slušao kolegij o metodama istraživačkog rada. Predavač je, na jednom od prvih satova, pokušao definirati znanost. Krenuo je s dvadesetak izreka slavnih ljudi koje su počinjale otprilike riječima "znanost je". Nakon čitanja i komentiranja tih izjava, uglavnom aforizama, zaključio je da ne postoji zajednički nazivnik, odnosno da nitko zapravo ni ne zna što je to znanost, da se znanost ne može definirati. Ja sam pak zaključio da se moram što prije ispisati iz te škole pa sam tako i napravio.

Svi su pojmovi u znanosti vrlo precizno definirani, a to naravno uključuje i sam pojam znanosti. Taj pojam nije jednostavan pa se riječima može opisati na mnoštvo različitih načina. Ipak, postoje ključne komponente tog opisa koje znanost jedinstveno razlikuju od naizgled sličnih područja ljudskog djelovanja. Kao prvo, naziv *znanost* potječe od latinske riječi *scientia*, što znači znanje. No, znanost nije bilo kakvo znanje. **Znanost je sustavna djelatnost prikupljanja i organiziranja znanja u obliku provjerljivih objašnjenja i predviđanja o svijetu.**

Prije nego gornju definiciju podrobnije objasnim, moram reći da pod znanošću ovdje mislim samo na prirodnu znanost. Dakle, ne govorim o društvenim znanostima, ni o primijenjenim znanostima. Ne govorim čak ni o matematici, ni o filozofiji, a kamoli o teologiji. Mislim isključivo na astronomiju te na fiziku, kemiju i biologiju. Govorim, dakle, samo o *prirodnim* znanostima (onima koje se odnose na prirodu), ali radi jednostavnosti koristim skraćeni naziv – znanost.

Tri su ključne značajke znanosti po kojima se ona može razlučiti od ostalih sustava znanja (naročito od onih koji se lažno predstavljaju kao znanost): **provjerljivost, ponovljivost i predvidljivost.** Znanstveno istraživanje počinje postavljanjem hipoteze ili pretpostavke. Temeljni zahtjev na hipotezu je provjerljivost. Ako hipoteza nije provjerljiva, ako se ne može testirati, onda ništa od znanosti. Recimo, tvrdnja "na tamnoj strani Mjeseca postoje aktivni vulkani" nije, sve do letova u svemir, bila dobra znanstvena hipoteza, jer ju nismo mogli provjeriti. Hipoteza koja nije provjerljiva je, u znanstvenom smislu, bezvrijedna.

Osim toga, svako testiranje mora biti ponovljivo. Ako nije ponovljivo, opet ništa od znanosti. U fizici, primjerice, testiranja nazivamo **eksperimentima**, a u astronomiji **opažanjima**. Dok je ponovljivost eksperimenta intuitivno jasna (uz istu aparaturu i iste uvjete moramo dobiti isti rezultat), ponovljivost opažanja nije baš očigledna. Astronomske pojave često su nepredvidljive, ne možemo naručiti pod kojim uvjetima i u koje vrijeme će se dogoditi (kao što to možemo napraviti u slučaju laboratorijskog eksperimenta). Srećom, postoji veliki broj astronomskih objekata i pojava, a postoji i matematička grana koju nazivamo statistikom. Zato se ponovljivost opažanja ipak može posredno ostvariti.

Konačno, znanost mora omogućiti i predvidljivost. Razumijevanje pojave mora rezultirati time da možemo predvidjeti buduće događaje (recimo da će se idući trazit Venere preko Sunca vidjeti u prosincu 2117. godine) ili ishode neke pojave pod drukčijim uvjetima. Svojstvo predvidljivosti znanost je dobila tek s primjenom matematike. Matematika nam je omogućila da ideje oblikujemo matematičkim jezikom odnosno

formulama. Formula pak omogućuje da predvidimo različite ishode uz različite uvjete ili da saznamo što će se sa sustavom dogoditi u nekom kasnijem trenutku.

Prvi uspjesi predviđanja u znanosti mogli su biti vezani upravo uz tranzite Mjeseca odnosno pomrčine Sunca. Ti se događaji ponavljaju, ali ne u vremenima koja su intuitivno predvidiva (kao dan/noć ili godišnja doba). Da biste predvidjeli pomrčinu morate razumijeti gibanje nebeskih tijela i znati koristiti matematiku. Pretpostavljam da su prva predviđanja pomrčina (koja su se potom zaista i dogodila) toliko fascinirala neuke ljude da su prorocima pripisivali božanske moći, ili barem priznavali njihovu vezu s božanstvima. Također, pretpostavljam da su takva uspješna predviđanja pomrčina dovela do ideje predviđanja sudbina ljudi i tumačenja osobina ljudi iz položaja nebeskih tijela. Govorim, naravno, o astrologiji.

Astrologija je školski primjer lažne znanosti. Iako hini i provjerljivost i ponovljivost i predvidljivost (naročito ovo zadnje) može se lako pokazati da ne funkcionira. I pokazano je mnogo puta. Međutim, pobornici astrologije to ne priznaju. Oni odbacuju znanstvena načela, metode i rezultate, ali prihvaćaju naziv ili etiketu koja im ne pripada. Premda su počeci astrologije isprepleteni s počecima astronomije i sežu u davno, predznanstveno doba, jasno se može utvrditi kad počinje grananje. A to grananje nas može podučiti današnjem razlikovanju znanosti i pseudoznanosti.

U onom času kad brojna, neovisna, ponovljena testiranja pokažu da je hipoteza kriva, znanstvenik od te hipoteze odustaje. Ili hipotezu modificira i kreće u nova testiranja. Ako se pak zaljubi u svoju hipotezu i ne želi prihvatiti činjenicu da nije dobra, ako ju proglasi istinitom tada postaje pseudoznanstvenik ili lažni znanstvenik. Zato su astrologija, homeopatija i slični "sustavi znanja" pseudoznanosti. Oni imaju početne postavke koje su iz hipoteza prerasle u neupitne istine. Te neupitne istine su prvi dobar indikator pseudoznanosti. Slično funkcionira i religija u kojoj postoje dogme, unaprijed određene tvrdnje koje se ne smiju propitivati. Te se tvrdnje prihvaćaju činom vjere. A najveći neprijatelj vjere je sumnja. S druge strane, sumnja je najveći prijatelj znanosti. Bez sumnje znanost ne bi postojala. Kad bismo ukinuli sumnju znanost bi istog časa stala. Nikakav se napredak više ne bi događao.

Inače, napredak je drugi dobar indikator pseudoznanosti. Astrologija se gotovo nimalo nije promijenila zadnjih 4000 godina. S druge strane ako usporedimo astronomiju od prije 400 godina, 40 godina, čak samo 4 godine i danas, onda je očigledan nevjerojatno veliki i brzi napredak. Treći dobar indikator pseudoznanosti je nezainteresiranost za istinsko razumijevanje svijeta. Primjerice, astrolozi i homeopati često ističu da ne znaju kako njihove metode rade, ali znaju da rade. Točnije bi bilo reći, vjeruju da rade. Znanstvenike motivira upravo želja za razumijevanjem pojava. Oni nikad nisu zadovoljni time što stvar radi nego žele znati kako radi. I zašto radi. Kad jednom saznaju odgovore na ta pitanja onda im pojava prestaje biti zanimljiva i prelaze na nova pitanja, nove probleme, nova područja. Pseudoznanstvenici nikad ne mijenjaju svoje područje. Oni ga radije unovčuju.

Da zaključim, znanost nema nepogrešive autoritete i nema neupitne istine (dogme). Najvrijednija stvar koju ima jest znanstvena metoda – način na koji dolazi do novih znanja. Bit znanstvene metode je provjera jesu li ideje u skladu s opažanjima u prirodi. Nove ideje u znanosti nikad se ne prihvaćaju zato što su lijepe, ili utješne ili zato što u njih vjerujemo. Prihvaćaju se samo zato što smo ih potvrdili opažanjima. No, čak ni tada nisu pošteđene mogućnosti preispitivanja. Sve se tvrdnje u znanosti mogu uvijek iznova preispitivati.

Čim je neka tvrdnja (ili teorija) starija tim je vrednija. No, smisao vrijednosti je dijametralno suprotan u znanosti i pseudoznanosti. U pseudoznanosti su stare tvrdnje (tradicija) vrijedne u smislu truda oko njihova očuvanja. Vrijedno je braniti njihovu istinitost. U znanosti su stare tvrdnje vrednije truda oko njihova obaranja ili bar modifikacije. Onaj tko je u stanju osporiti vrlo staru tvrdnju taj donosi revolucionarno nova znanja. Znanstvenicima su stare teorije izazov. Sve bi dali da ih mogu oboriti. Nadam se da su ovi argumenti bili dovoljni da ne povjerujete tvrdnjama (koje često čujem, čak od svojih kolega znanstvenika) da je znanost teško definirati te da ju je teško razlikovati od pseudoznanosti.

Prirodno i natprirodno

U definiciji znanosti napisao sam da znanost, između ostalog, daje objašnjenja o svijetu. To, naravno, nije samo odlika znanosti. I puno prije pojave znanosti ljudi su nastojali tumačiti svijet. Radili su to kroz priče koje danas nazivamo mitovima, a kasnije (i sve do danas) i kroz religiju. U načelu, postoje dva načina tumačenja svijeta. Oba načina su zapravo pretpostavke i oba su logički moguća. No, ne mogu oba biti

ispravna – jedan, po definiciji, mora isključiti drugog. Prvi je **supernaturalizam** – ideja prema kojoj osim prirode postoji još i nevidljivi te nepredvidljivi svijet. Drugi je **naturalizam** – ideja da je priroda jedina prava stvarnost i ništa izvan nje ne postoji. Znanost radi u okviru naturalizma, sve pojave smatra prirodnim pojavama. Također, ima radnu pretpostavku da je prirodne pojave, u načelu, moguće razumjeti. To je bilo jasno već i prvim grčkim filozofima, počevši od Talesa.

Ne treba posebno ni isticati da se supernaturalizam temelji na vjeri, a naturalizam na razumu. Supernaturalizam ima vrlo dugu tradiciju dok je naturalizam relativno nedavna pojava. Pojava naturalizma nije značila nestanak supernaturalizma. Oba pristupa postoje danas usporedno. Štoviše, supernaturalizam je i dalje daleko zastupljeniji. Isto tako, valja znati da u povijesti ne postoje oštri rezovi. Mnogi poznati znanstvenici, koji su dali važne doprinose znanosti, zadržali su, u većoj ili manjoj mjeri, supernaturalistički pogled na svijet. Neki od primjera su: Galilei, Newton, Faraday, Bohr, Heisenberg i Planck. To, naravno, treba gledati u povijesnom kontekstu. U doba Galileja i Newtona bilo je nezamislivo javno iskazivanje naturalističkog svjetonazora. Kasnije je to postalo moguće, ali ne baš i društveno prihvatljivo. Danas nije neprihvatljivo, no ljudi su većinom konformisti – prilagođavaju se "tradiciji svoga plemena" (kako je to objasnio britanski astrofizičar Martin Rees koji je za svoj konformizam nagrađen Templetonovom nagradom).

Hipoteza, teorija ili model, činjenica, istina

Svojedobno je jedan hrvatski fizičar (kojemu ovdje ne želim navoditi ime) izjavio za jednu lokalnu televiziju: "[Veliki prasak] je samo jedan model, to nije nužno istina ... to je ono što takozvani nevjernici pričaju ... oni koji vjeruju u veliki prasak i evoluciju ... hipnotizirani i ostali hipnotizirani u takozvanom boljševizmu ..." Puna analiza te rečenice zauzela bi cijelu knjigu pa ću se morati ograničiti samo na neke segmente koji su bitni za temu ovog članka. Najprije treba razumjeti što je model ili teorija te kakve veze ima s činjenicama i istinom.

Hipotezu (ili pretpostavku) smo već spomenuli. To je početna tvrdnja koju tek treba testirati. Recimo, auto vam je stao nasred ceste i postavite hipotezu: "Nestalo je benzina" (jedan neznanstveni pristup bi, možda, mogao biti: "Bog je tako htio" i tu bi bio kraj priče). Znanstveni pristup ima tri ključna koraka: (1) obaviti opažanje, (2) predložiti teoriju i (3) koristiti teoriju za predviđanje budućih opažanja. Opažanje bi značilo provjeriti stanje u rezervoaru. Ako je rezervoar pun znači da nam je hipoteza pogrešna i da ju treba modificirati (inzistiranje na tome da je rezervoar prazan iako smo utvrdili da nije, odgovaralo bi pseudoznanosti). Ako rezervoar jest prazan (to je, dakle, činjenica) onda možemo postaviti teoriju ili model (što odgovara objašnjenju), recimo: "Svaki put kad auto stane rezervoar je prazan". Bez obzira koliko puta potvrdimo tu teoriju (auto stane, a mi utvrdimo da je rezervoar prazan) to ne znači da je ona istinita. Dovoljan je jedan protuprimjer (auto stane, a mi utvrdimo da je rezervoar NIJE prazan) da teorija padne u vodu. Tada moramo modificirati teoriju (proširiti ju i na druge mogućnosti). Treći, najvažniji, dio znanstvenog pristupa ću ovdje izostaviti. Vratit ću mu se, vrlo detaljno, u idućem članku - o znanstvenoj metodi.

Recimo, zasad, da činjenice uglavnom odgovaraju opažanjima. Na primjer, činjenica je da za većinu galaksija opažamo spektralni pomak prema crvenome. Činjenice se rijetko mijenjaju (ili se uopće ne mijenjaju). Teorija ili model odgovara objašnjenju činjenice. Teorije su, za razliku od činjenica, podložne promjenama. Znanost je neprekidno nastojanje da se nađu bolja objašnjenja, dakle bolji modeli ili teorije. Oni modeli koji su potvrđeni nebrojeno puta dobivaju status zakona. Recimo, Hubbleovim zakonom se tvrdi da je brzina udaljavanja galaksija razmjerna njihovoj udaljenosti. No, čak ni zakoni nisu izuzeti od mogućnosti preispitivanja i od toga da budu oboreni ili modificirani.

Sad se možemo vratiti tvrdnji s početka priče. Točno je da je "veliki prasak samo jedan model koji uopće ne mora biti točan". No, to možemo reći za apsolutno svaku teoriju u znanosti. To spomenuti fizičar zna (i namjerno prešućuje), ali javnost ne zna pa ostaje dojam da je veliki prasak tek jedna od brojnih teorija koja je vjerojatno "trla baba lan". Drugo, što je također namjerno prešućeno, jest da veliki prasak (za razliku od ostalih, alternativnih, modela svemira) ima puno, puno eksperimentalnih potvrda. U svakom slučaju, daleko više od bilo koje druge teorije svemira. Veliki prasak je daleko najbolji model nastanka svemira koji trenutno imamo. Možda ćemo jednog dana imati još bolji model. No, zasad ga nemamo. Spominjanje boljševika (sovjetskih komunista) i teorije evolucije nesumnjivo ukazuje na ideologiju. Zajednički nazivnik teorije velikog praska i teorije evolucije je postanak (svijeta i čovjeka) koji ne treba, kako je rekao Laplace,

"tu hipotezu" (to je slavni Laplaceov odgovor na Napoleonov komentar da se u njegovoj velikoj knjizi o svemiru nigdje ne spominje stvoritelj). To i dan danas, očito, mnogima smeta.

Kad se za veliki prasak ili za evolucije kaže: "To je samo model" ili "To je samo teorija" to jest točno, ali je krajnje nepošteno (pogotovo kad to izjavljuje znanstvenik). Zato što je sugerirani smisao te tvrdnje (koji se lako vidi iz konteksta) zapravo: "To je pusta priča, ne vjerujte glupostima". I zato što je sve u znanosti "samo model". Ali, nisu svi modeli ravnopravni. Neki su dobro potvrđeni opažanjima, neki manje dobro, a neki uopće nisu potvrđeni. Veliki prasak i evolucija su iznimno dobro potvrđeni brojnim opažanjima. Osim toga, veliki prasak i evolucija nemaju nikakve veze s vjerovanjem. To nisu stvari u koje se vjeruje ili ne vjeruje. To su trenutno najbolji postojeći modeli razvoja svemira i razvoja živih bića na Zemlji. Najbolji znači da su potkrijepljeni s daleko najviše opažanja. Možda ćemo jednog dana imati bolje modele, ali zasad nemamo. Dakle, to nije stvar vjere nego stvar poštenja i dosljednosti: ili to pošteno priznajete ili nepošteno prešućujete.

Granice znanosti

Konačno, bez obzira na to koliko puta model bio potvrđen, i u kojim je sve varijantama bio testiran, nikad (ali NIKAD) ne možemo reći da je apsolutno istinit. Ni tisuću potvrda ne može dati garanciju istine, ali samo jedan jedini negativni rezultat može srušiti model. Ovo možda zvuči razočaravajuće, no znanost je takva – naprosto ne daje konačne istine. Možda im se približava, ali ih nikad ne doseže. SVE u znanosti je podložno stalnom preispitivanju i promjeni. No, u tome se zapravo krije sva njezina snaga – većina znanstvenih spoznaja, na kraju krajeva, dođe vrlo blizu istini. Kao što je Einstein jednom rekao: cijela je znanost, u usporedbi sa stvarnošću, primitivna i djetinjasta – no ipak je najvrednija stvar koju imamo.