

## ASPEKTI PRIRODE ZNANOSTI U SUVREMENOJ NASTAVI FIZIKE

Antonio Svedružić

Osnovna škola Ljudevita Gaja, Zaprešić  
antoniophy@net.hr

Primljeno: 22. svibnja 2009.

*Temeljni cilj suvremenog znanstvenog obrazovanja je prirodnoznanstveno opismenjavanje. Edukacijski standardi prirodnih znanosti u svijetu (AAAS, 1993; NRC, 1996) ističu nužnost razumijevanja prirode znanosti (NOS – Nature of Science) kao jednog od čimbenika za razvoj znanstvene pismenosti. Međutim, edukacijska istraživanja učestalo ukazuju na nepostojanje adekvatnog epistemološkog poimanja znanosti i znanstvenog istraživanja (SI – Scientific Inquire) kod učenika, ali i budućih učitelja znanosti. Kao alternativa funkcionalnom razumijevanju i spoznaji prirode znanstvenih znanja, u ovom se radu postavlja edukacijski konstruktivizam prožet elementima prirode znanosti koji se eksplicitno uvode u istraživačku nastavu fizike. U ovom istraživanju takav je pristup uspoređen s tradicionalnom paradigmom poučavanja i učenja znanosti. Mjereno je razumijevanje temeljnih aspekata prirode znanosti: promjenjivost znanstvenih znanja, razlika između opažanja i zaključivanja, društvena i kulturna ukorijenjenost, mit znanstvene metode, kreativnost i mašta u znanstvenom poduhvatu, znanstvena teorija i znanstveni zakon, subjektivnost i objektivnost u znanosti prije i poslije podvrgavanja različitim pristupima učenja znanstvenih sadržaja.*

*Rezultati predtesta ukazuju na postojanje miskoncepcija u svim aspektima prirode znanosti ( $\geq 66\%$ ), dok je pozitivan učinak na razumijevanje prirode znanosti s obzirom na konstruktivističko eksplicitni pristup na posttestu kod eksperimentalne grupe izraženiji nego kod tradicionalne (kontrolne) grupe. Ovo istraživanje ukazalo je na: (a) postojanje tipičnih epistemoloških miskoncepcija o znanosti, (b) blago značajniju učinkovitost suvremene konstruktivistički orijentirane nastave na razumijevanje aspekata prirode znanosti i (c) neke metodološke specifičnosti mjerenja aspekata prirode znanosti.*

**Ključne riječi:** konstruktivistička nastava, priroda znanosti, tradicionalna nastava, znanstveno istraživanje

## Uvod

Suvremeni znanstveni kurikulum prema projektima Benchmarks for Science Literacy (AAAS, 1993) i National Science Education Standards (NRC, 1996), uključuje elemente prirode znanosti i znanstvenog istraživanja i ističe nužnost njihovog funkcionalnog razumijevanja (AAAS, 1993, 7, 11, 12; NRS, 1996, 170, 171). Razumijevanje prirode znanosti<sup>1</sup> odnosi se na epistemologiju znanosti i uključuje sedam temeljnih aspekata prirode znanosti oko kojih je postignuto suglasje edukacijskih stručnjaka, filozofa i sociologa znanosti, i koji se mogu implementirati u primarnu i srednjoškolsku nastavu prirodnih znanosti. Kao temeljni, u literaturi (McComas i Almazroa, 1998; Akerson, 2000; Lederman i sur., 2002) se navode sljedeći aspekti:

**(1) Promjenjivost znanstvenih znanja.** U kontekstu ovog aspekta od učenika se očekuje razumijevanje kako znanstvene zakonitosti i znanstvene teorije nisu apsolutne istine koje jednom otkrivene ne podliježu stalnoj verifikaciji. Naprotiv, njihova se znanstvenost upravo temelji na stalnom riziku da ih buduća istraživanja nadgrade ili u potpunosti opovrgnu. Znanstveni zakoni i teorije su kumulativne prirode u neprestanom razvoju i rastu, zbog čega ih je nužno prezentirati s jasno vidljivom strukturom i porijeklom njihova razvoja.

**(2) Razlika između opažanja i zaključivanja.** Rješavanje znanstvenih problema i njihovo interpretiranje dijelom su rezultat opažanja, a dijelom rezultat zaključivanja. Opažanja su opisi prirodnih pojava koja su izravno dostupna našim osjetilima (ili proizvedena naših osjetila) oko kojih će opažači u pravilu stvoriti suglasje. Suprotno tome, zaključci nisu izravno dostupni osjetilima već su rezultat interpretacije i konsenzusa o onome što je opaženo. Od učenika se očekuje razumijevanje razlike između znanstvenog opažanja i zaključivanja.

**(3) Kulturna i društvena ukorijenjenost.** Znanost je ljudski i civilizacijski poduhvat, te je kao takva pod utjecajem društva i kulture u kojoj se provodi. Kulturne vrijednosti i očekivanja nerijetko određuju *što* i *kako* znanost provodi, interpretira i prihvaća znanstvene rezultate. Stoga je ciljvana društvena i kulturna prožetost nastave znanosti nužna kako bi se razumjela etička, pravna i politička dimenzija znanosti.

**(4) Mit »Znanstvene metode«.** Najraširenija miskoncepcija o znanosti je postojanje jedne univerzalne znanstvene metode. Njezino porijeklo je Baconova induktivna metoda. Riječ je o postupku u kojem se od pojedinačnih opažanja postupno napreduje »korak po korak« do najopćenitijih aksioma. Slijedeći niz sukcesivnih koraka, nemajući nikakve ideje i predodžbe o onome što istražujemo, dolazimo do sigurnog i nepogrješivog znanja. Induktiv-

---

<sup>1</sup> Priroda znanosti (NOS – Nature of Science) odnosi se na epistemologiju znanosti, znanost kao spoznaju ili vrijednosti i vjerovanja koja su sastavni dio znanstvenih znanja i njihova razvoja (Lederman, 1992).

na metoda je popularna u nastavi znanosti i često se ističe kao jedina koju znanstvenici koriste, što rezultira stvaranjem mita o znanstvenoj metodi kao »receptu« kojeg je nužno »korak po korak« slijediti kad radimo znanost. No, ne postoji jedan jedinstven i univerzalan slijed aktivnosti koji će nas, ako ga slijedimo, nepogrješivo dovesti do sigurnog i točnog odgovora. Naprotiv, znanstvena istraživanja se temelje na prethodnim znanjima, ustrajnosti i kreativnosti znanstvenika, a znanstveno znanje se razvija različitim postupcima kao što su: promatranje, uspoređivanje, analiziranje, mjerenje, špekuliranje, pretpostavljanje, kreiranje ideja i teorija, eksperimentiranje.

**(5) Kreativna i maštovita priroda znanstvenog znanja.** Znanost se oslanja na iskustvo, ona je empirijska. Međutim, kreiranje znanstvenih koncepata nije proceduralno. Znanstvena znanja ne izlaze izravno iz eksperimentalnih podataka ili analize podataka. Znanost, u suprotnosti s uobičajenim vjerovanjem, nije beživotna, neljudska, potpuno racionalna i strogo proceduralna aktivnost. Štoviše, znanstvena znanja su često rezultat sinergije logičkih i intuitivnih komponenti mišljenja, mašte i kreativnosti. Stvaranje teorijskih entiteta, a potom njihovo testiranje zahtijeva kreativnost i maštu znanstvenika, isto kao što piscu trebaju za stvaranje književnog djela ili glazbeniku glazbenog djela. Od učenika se očekuje razumijevanje kako su kreativnost i mašta sastavni dio svakog dijela znanstvenog istraživanja i da nisu *a priori* u sukobu s logičkim mišljenjem.

**(6) Znanstvene teorije i zakoni.** Znanstveni zakoni i znanstvene teorije su podložni promijeni. Znanstveni zakoni opisuju uopćene povezanosti opaženih prirodnih fenomena u određenim uvjetima, dok su znanstvene teorije objašnjenja prirodnih pojava potkrijepljena potvrdama. Znanstvene teorije ne će postati zakoni s dodatnim potvrdama, one objašnjavaju zakone. Međutim, nemaju svi znanstveni zakoni popratnu znanstvenu teoriju koja ih objašnjava.

**(7) Subjektivnost i objektivnost znanosti.** Znanstvena znanja su katkad subjektivna i »opterećena« teorijom. Znanstvenici su ponekad teorijski i disciplinarno opredijeljeni. Njihova vjerovanja, prethodna znanja, iskustvo, obrazovanje i očekivanja prožimaju njihov istraživački rad. Svi ti čimbenici mogu utjecati na to *kako* će znanstvenici provesti istraživanje, *što* će (ne)opaziti i *kako* će interpretirati opaženo. Znanstvenici nisu uvijek potpuno objektivni. Međutim, znanstvena znanja, iako podložna društvenim i individualnim čimbenicima, svoju objektivnost temelje na dva uporišta: odnosu prema predmetu (eksperimentu), te na ustroju i normama znanstvene zajednice. Iako su moguće različite interpretacije eksperimenta, njihov ishod ne ovisi o pojedinačnim ili kolektivnim željama onih koji ga provode. Brojni primjeri iz povijesti znanosti ukazuju da eksperiment i tehnološki napredak nisu samo individualna ili društvena konstrukcija. Dakle, znanost je subjektivna i ponekad ovisna o teoriji i predviđanjima, ali je i objektivna.

Međutim, edukacijska istraživanja učestalo ukazuju kako učenici ne raspolazu primjerenim razumijevanjem prirode znanosti i načina na koji znanost istražuje (Khishfe i Abl-El-Khalick, 2002.; Kang i sur., 2004), osobito onda kad se elementi prirode znanosti ne njeguju u na-

stavi znanosti. McComas (1998) naglašava snažnu ukorijenjenost u svijest učenika, kako ih naziva, »mitova o znanosti«. Prema McComasu učestaliji su: mit o znanstvenim zakonima kao apsolutnim pravilima, postojanju jedne univerzalne znanstvene metode, znanosti koja pruža apsolutne dokaze, znanosti kao proceduralnoj spoznaji, znanstvenicima kao posebno objektivnim bićima i eksperimentu kao jedinoj metodi u znanstvenom poduhvatu.

U nas su trendovi slični. Tako je jedno kvantitativno istraživanje provedeno na prigodnoj učeničkoj populaciji pokazalo nisku informiranost o: utjecaju društvene i kulturne sredine na znanost i znanstvena istraživanja, sintaktičkoj i semantičkoj razlici pojmova 'znanstvena teorija' i 'znanstveni zakon', važnosti ljudske mašte i kreativnosti na znanstveni poduhvat i (ne)postojanju jedne univerzalne znanstvene metode koja podaruje apsolutne dokaze (Svedružić, 2007).

U tom kontekstu nužno je sagledati poruke HFD-a<sup>2</sup> i njegovih članova na nedavno održanom simpoziju o nastavi fizike (2007), na kojem su između ostalog, prezentirane i smjernice suvremenih edukacijskih paradigmi prirodnih znanosti, za prirodoslovno pismenije društvo. Stav uglednih metodičara fizike i učitelja fizike o prirodi znanosti i njezinoj važnosti za prirodoslovno pismenije društvo najbolje je sagledati kroz neke izdvojenije poruke skupa:

»Da bi se kod nastavnika neodgovarajuća slika znanosti kao statičkog skupa znanja nepoznatog podrijetla zamijenila adekvatnijom vizijom znanja stvorenog kroz aktivnu primjenu procesa znanstvenog istraživanja, (...) potrebno je eksplicitno ugraditi u metodičke kurseve sve važne elemente prirode znanosti i znanstvenog istraživanja.« (Sliško, 2007, 46)

»Bitne karakteristike prirodoznanstveno pismene osobe su: (...) (a) zna da se u društvenom kontekstu nerijetko interpretira politička, pravna i etička dimenzija prirodnih znanosti, (b) prepoznaje nerazdvojnu vezu između znanosti, tehnologije i društva, (c) razumije da u znanosti mnogo toga još nije poznato, (d) prepoznaje da je znanost kumulativne prirode i otvorenog završetka, (e) prepoznaje da se znanstveni koncepti, zakoni i teorije razvijaju i rastu; ono što se uči danas možda sutra ne će imati isto značenje...« (Krsnik, 2007, 8, 9, 10)

»Kako bi se ostvarila epistemološka obojenost u nastavi prirodnih znanosti, a time i povećala i prirodoslovna pismenost učenika i studenata, buduće znanstveno obrazovanje trebalo bi biti obrazovanje za znanost, što ono dakako je, i mora biti, ali i obrazovanje o znanosti.« (Svedružić, 2007, 31)

Ovim se porukama u našoj znanstvenoj i stručnoj zajednici ukazuje na: (a) važnost razumijevanja znanosti i načina na koji znanost »radi«,

<sup>2</sup> HFD – Hrvatsko fizikalno društvo.

(b) metodike koje omogućuju njihovo funkcionalno ostvarenje, (c) nužnost obilnije primijene povijesnih i filozofskih aspekata znanosti u metodičke programe na prirodoznanstvenim i učiteljskim fakultetima.

Funkcionalno razumijevanje prirode znanosti moguće je, u kontekstu suvremenih edukacijskih paradigmi, ostvariti kroz povijesno-filozofski, implicitni i eksplicitni pristup.

Povijesni pristup predlaže ugrađivanje odabranih povijesnih i filozofskih aspekata u nastavu prirodnih znanosti. Istaknutiji projekti koji započinju uvoditi takav pristup su History of Science Cases for High Schools i Harvard Project Physics (Holton i sur., 1970). Ukratko, povijesnim pristupom se u nastavni proces uvode autentični znanstveni modeli<sup>3</sup> koji su nastali u specifičnom povijesnom i filozofskom kontekstu. Znanstveni modeli se potom u nastavnom procesu višeslojno i ciljano problematiziraju obuhvaćajući neizravno aspekte prirode znanosti. Jedan takav pristup koji ima za cilj kod učenika stvoriti potpunu i nepatvorenu viziju znanosti i znanstvenog istraživanja, osobito kroz metodološki aspekt znanosti, prikazuju Pećina i Sliško (2007) u radu »Torricellijevo pismo Ricciju i njegove moguće primjene u nastavi«. U članku se analiziraju najvažniji dijelovi Torricellijevog pisma Ricciju uz komentare o mogućnosti primjene u nastavi s ciljem usvajanja ispravne vizije znanosti i načina na koji znanost istražuje. Takav pristup, uz adekvatnu metodičku, prema nekim studijama (Khishfe i Abd-El-Khalick, 2002) može doprinijeti boljem razumijevanju znanstvenog znanja i njihovog razvoja, a osobito u prepoznavanju znanja kao spoznaje koja nije apsolutna te društveno-kulturnog konteksta znanosti u kojem se razvija.

Implicitni pristup zastupa istraživački orijentiranu nastavu znanosti s ciljem da kod učenika stvori ispravne ideje o prirodi znanosti i znanstvenom istraživanju. Takav pristup naglašava i potiče samostalno istraživanje u kojem je problem obično zadan, ali nije zadana procedura i rezultat. Zastupnici implicitnog pristupa ističu da samim time što učenik istražuje, dakle uključen je u istraživački rad, on stječe ispravne predodžbe o znanosti i načinu na koji znanost radi. Znanstveni kurikulumi koncem 70-ih godina, kao što je Physical Science Study Curriculum, na velika vrata uvode takav pristup. Međutim, istraživanja kompromitiraju takav pristup jer pokazuju da nije učinkovit pri usvajanju ispravnih ideja o aspektima prirode znanosti (Meichtry, 1992). McComas (1993) i Meichtry (1992) tvrde da uključenost u istraživački rad i usvajanje

<sup>3</sup> Znanstveni model – pojednostavljena i idealizirana slika najjednostavnijih pojava i sustava koja omogućuje dobra predviđanja (Krsnik, 2008).

tipičnih znanstvenih vještina, kao što su sustavno promatranje ili kontrola varijabli, nisu ekvivalentna spoznajama o prirodi znanosti.

Eksplisitni pristup svoje uporište temelji na složenoj prirodi znanosti. Filozofija eksplicitnog pristupa prožeta je smjericama modernim realizmom i edukacijskim konstruktivizmom (NRC, 1996). S tog stajališta jednaka važnost se pridaje odrednicama modernog realizma, primjerice »znanstveno znanje je stabilno« i konstruktivizma – »znanstveno znanje je podložno promijeni«. Kad je riječ o subjektivno-objektivnoj prirodi znanosti, modernističke tvrdnje: »u bilo kojoj grupi znanstvenici su skloni vidjeti stvari različito«, i konstruktivističke tvrdnje: »znanstvenici provjeravaju rezultate drugih, kako bi se obranili od pristranosti«, ne isključuju jedna drugu. Kojoj tvrdnji dati na važnosti ovisi o kontekstu i osobitostima sadržaja koji se proučavaju u nastavi. Takav pristup omogućuje učeniku da analizira aktivnosti u koje je uključen s različitih stajališta (aspekti prirode znanosti), stvara poveznice između svojih aktivnosti i aktivnosti znanstvenika i kreira znanja iz domene znanosti (epistemologija znanosti). Termin 'eksplicitno' ne određuje doslovno karakteristiku pristupa učenju prirode znanosti, kako bi se moglo zaključiti iz njegova značenja. Naprotiv, eksplicitni pristup nije »drilanje« općenitosti o prirodi znanstvenih znanja, isključivanje elemenata iz povijesti i filozofije znanosti ili zanemarivanje istraživačkih aktivnosti. Istraživačke aktivnosti i povijesno-filozofski aspekti su integrirani u takav pristup. Istraživanja pokazuju da je eksplicitni pristup učinkovit u poboljšanju razumijevanja aspekata prirode znanosti za učenike (Khishife i Abd-El-Khalick, 2002), ali i budućih učitelja prirodnih znanosti (Akerson i sur., 2000).

## Cilj

Cilj istraživanja je usporediti tradicionalan i suvremen pristup nastavi fizike i njihov utjecaj na razumijevanje prirode znanosti. U istraživanju sintagma 'suvremen' objedinjuje eksplicitni pristup prožet elementima iz povijesti znanosti i idejama edukacijskog konstruktivizma u procesu učenja i poučavanja.

## Metoda

### *Varijable*

U istraživanju su strategije poučavanja (tradicionalno, suvremeno) manipulativna nezavisna varijabla, dok je kriterijska varijabla funkcionalno razumijevanje aspekata prirode znanosti.

### *Sudionici*

Istraživanje je provedeno u vremenskom periodu od veljače do svibnja 2007. godine na prigodnom uzorku ispitanika, kojeg čine učenici 7. razreda osnovne škole u Zaprešiću. Kriterij odabira eksperimentalne i kontrolne grupe je princip slučajnosti. Ujednačenost grupa provjerena je prema: općem uspjehu na kraju šestog razreda, ocjeni iz fizike na kraju prvog polugodišta i rezultatu testa znanja iz fizike. Niti u jednom od promatranih obilježja nije ustanovljena statistički značajna razlika između grupa ( $p < .01$ ). U istraživanju je sudjelovalo ukupno 67 učenika (31 djevojčica i 36 dječaka), od čega u eksperimentalnoj grupi 45 i u kontrolnoj 22 učenika. S obzirom da je istraživanje longitudinalnog karaktera, na posttestiranju detektirano je osipanje uzorka. Uzorak na posttestu čine 33 učenika eksperimentalne grupe i 20 učenika kontrolne grupe.

### *Nezavisna varijabla*

Prije početka istraživanja nastava fizike je djelomično prilagođena. Intervencije se ne odnose na sadržaj poučavanja, koji je zadržao programsku formu prema nacionalnom kurikulumu, već na pristup NOS-u, slijed i proces poučavanja i učenja znanstvenih sadržaja. Tako je eksperimentalna grupa sudjelovala u interaktivnoj konstruktivistički orijentiranoj nastavi u koju su ugrađeni elementi prirode znanosti. Kontrolna grupa participira tradicionalnu nastavu s elementima istraživačke nastave, ali bez elemenata prirode znanosti. Sadržaji iz prirode znanosti izabrani su i prilagođeni od autora te eksplicitno uključeni u nastavu eksperimentalne grupe. Kontrolna grupa obrađivala je isključivo »čisti« znanstveni sadržaj. U vremenskom intervalu od četiri mjeseca obrađene su teme o međudjelovanju i energiji. U Prilogu A prikazana je jedna kratka istraživačka tema, aktivnosti učenika i intervencija učitelja s obzirom na aspekte prirode znanosti.

### *Instrument*

Razumijevanje aspekata prirode znanosti i znanstvenog istraživanja mjereno je prilagođenom verzijom POSE upitnika (Perspectives on Scientific Epistemology) (Abd-El-Khalick, 2002). Eksperimentalna verzija upitnika, prilagođena od autora, kojim je provedeno istraživanje, prikazana je u Prilogu B. Dobiveni instrument orijentiran je na

sedam aspekata prirode znanosti: opažanje i zaključivanje, promjenjivost znanstvenih znanja, društveni utjecaj na znanost, znanstveni zakon – znanstvena teorija, kreativnost i mašta u znanstvenom istraživanju, znanstvena metoda i subjektivnost-objektivnost u znanosti. U izvornoj verziji POSE upitnika nisu uključeni aspekti: subjektivnost znanosti i društveni utjecaj na znanost, stoga ih je autor preuzeo iz VNOS-c (Views of Nature of Science) upitnika (Lederman i sur., 2002) i prilagodio ih dobi ispitanika s obzirom da se radi o upitniku koji ispituje poznavanje aspekata prirode znanosti kod srednjoškolaca i studenata. Čestice instrumenta su pitanja otvorenog tipa, a klasifikacija odgovora učinjena je za svaki pojedini aspekt prirode znanosti. Klasifikacija odgovora preuzeta je iz izvornog instrumenta prema kojoj se odgovori klasificiraju kao: »naivni« (nema odgovora, odgovor nije u skladu s prirodom znanosti), »prijelazni« (odgovor djelomično u skladu s prirodom znanosti) i »informirani« (u skladu s prirodom znanosti). Valjanost klasifikacije učeničkih odgovora nije dodatno provjeravana od nezavisnih procjenjivača.

## Rezultati

S obzirom da je istraživanje kvaziekperimentalnog karaktera, autor u ovom poglavlju prikazuje i raspravlja o rezultatima na razini interpretativne paradigme. Težište je usmjereno na kvalitativnu analizu učeničkih odgovora za pojedini aspekt prirode znanosti s obzirom na rezultate postignute na predtestu i posttestu. Kvantitativna analiza djelomično je prikazana zbog relativno niske internalne valjanosti koja se odnosi na: utjecaj motivacijsko-interesne varijable eksperimentalnih grupa na zavisnu varijablu, bez obzira na izjednačenost eksperimentalnih grupa prije eksperimenta po svim inicijalnim obilježjima i nedovoljan broj nezavisnih procjenjivača. Kako je istraživanje provedeno na prigodnom uzorku učenika sedmih razreda, koji su novi polaznici na satima fizike za istraživača, na kraju istraživanja detektirana<sup>4</sup> je različita motivacijska i interesna varijabla, koju kao moderator varijablu nije moguće kontrolirati, a koja je mogla utjecati na akciju i zavisnu varijablu. Zbog toga rezultate kvantitativne analize treba sagledati u opisanom kontekstu, kako se ne bi interpretirali tendenciozno.

<sup>4</sup> Rad je dio većeg istraživanja u kojem su između ostalog mjerene i komponente interesa.



Rezultati postignuti na predtestu za eksperimentalnu i kontrolnu grupu ne razlikuju se sadržajno i kvantitativno. Gotovo 66% učenika prema preuzetoj metodologiji klasifikacije odgovora ima »naivni« pogled na prirodu znanosti, dok 29% učenika u tom smislu ima djelomično ispravan pogled. Samo mali dio učenika, svega 5% na ukupnom uzorku ima ispravnu viziju znanosti i načina na koji »radi«. U Tablici 1 prikazani su rezultati predtesta i posttesta za eksperimentalnu i kontrolnu grupu.

**Tablica 1.** Rezultati na predtestu i posttestu za eksperimentalnu i kontrolnu grupu prikazani kao relativne frekvencije izražene u postocima

Aspekt	Eksperimentalna			Kontrolna		
	N <sup>o</sup>	P	I	N	P	I
opažanje i zaključivanje						
pred	82	5	3	73	27	0
post	52	36	12	80	15	5
promjenjivost znanja						
pred	24	76	0	14	82	4
post	30	48	22	35	55	10
znanstvene teorije i zakoni						
pred	89	9	2	82	18	0
post	73	18	9	95	0	5
društvena ukorijenjenost						
pred	64	27	9	72	14	14
post	52	24	24	80	5	5
kreativnost i mašta						
pred	38	47	15	55	41	4
post	9	33	58	30	55	15
znanstvena metoda						
pred	89	11	0	100	0	0
post	36	39	25	75	20	5
subjektivnost – objektivnost						
pred	78	20	2	77	23	0
post	18	73	9	75	15	10

N – naivan (nema odgovora, dvosmislen odgovor, odgovor kojeg se ne može klasificirati)

P – prijelazni

I – informiran

### *Predtest*

*Promjenjivost znanstvenih znanja.* Analizom učeničkih odgovora na pitanje o promjenjivosti znanstvenih znanja u budućnosti, uočena je velika učestalost pozitivnih odgovora u svim grupama. Takvi su odgovori klasificirani kao »prijelazni«, budući da obrazloženja nisu u suglasju s prirodom znanosti, nisu potpuna ili ih uopće nema. Stoga je relativno veliku frekvenciju pozitivnih odgovora (>76%) nužno promatrati isključivo u kontekstu načina potkrijepe odgovora. Obrada odgovora pokazuje da je samo 4% obrazloženja u skladu s prirodom znanosti, dok je »naivnih«, onih koji nisu u skladu s prirodom znanosti, u eksperimentalnoj grupi 14%, a kontrolnoj 24%. Na pitanje: »Zašto mislite da (ne)će se znanstvene spoznaje u budućnosti mijenjati?«, kod odgovora koji su klasificirani kao »naivni« pojavljuju se četiri učestala obrazloženja. Prvo, znanstvenike se doživljava kao objektivne i nepogrješive osobe koji ono što govore temelje na apsolutno pouzdanim dokazima, pa je samim tim suviše raspravljati o znanstvenim spoznajama kao nečemu promjenjivom.

»Pa znanstvenici su eksperti za znanost s kojom se bave. Ne govore oni da je nešto istina prije nego što to provjere i dokažu. Zato mislim da su ta znanja dobro provjerena pa se ne će mijenjati.« (#e1);

»Mislim da se znanstvene teorije ne mijenjaju s vremenom i vrijede uvijek. Najbolji je primjer teorija relativnosti koja će uvijek biti istinita, bez obzira na buduća istraživanja i otkrića.« (#23)

Drugo, znanstvene spoznaje temelje se na dokazu čija je uloga potvrda istinitosti i vrijednosti znanstvenog znanja što ga čini apsolutno trajnim.

»Ono što se nalazi u udžbenicima znanosti je dokazano i nema znanstvenika koji se tome protivi. Pokusi koji su izvođeni i objašnjeni davno prije, vrijede i danas.« (#e15)

Treće, znanstvene spoznaje se ne mogu u potpunosti zamijeniti novom znanstvenom istinom, već isključivo nadograditi na postojeća znanja.

»Mislim da se znanja ne će puno promijeniti jer je već istraženo, a sve se nadograđuje jedno na drugo, pa ako se možda i promijeni, to neće biti znatno.« (#k19)

Odgovorima koji su svrstani u prijelazne, dakle one koji su djelomično u skladu s prirodom znanosti, dominiraju sljedeća obrazloženja.

Kao prvo i najučestalije ističe se doprinos tehnologije i opće modernizacije društva i znanosti u otkrivanju novih i reinterpretaciji postojećih znanstvenih znanja. Pritom obično izostaje argumentacija i primjer *kako i na koji način* napredak tehnologije doprinosi promijeni znanstvenih znanja i, konačno, je li tehnologija jedini čimbenik odgovoran za razvoj znanstvenih spoznaja.

»Mislim da će se znanstvena znanja i spoznaje u budućnosti promijeniti zato što će tehnologija sve više napredovati.« (#e1)

Drugo stajalište koje dominira je općeg karaktera, a svoje uporište temelji na *prirodi promjene*.

»Mislim da će se promijeniti jer je sve na svijetu promjenjivo.« (#e18)

Nadalje, učestalije se pojavljuju obrazloženja koja promjenjivost spoznaja obrazlažu pojavom novih opažanja, podataka i dokaza. Takav tip obrazloženja nije sporan, dapače u skladu je s prirodom znanosti i modernom filozofijom znanosti. Znanstvena znanja se tijekom vremena mijenjaju zbog novih i aktualnijih podataka, međutim znanstvene teorije i zakoni koji proizlaze iz opažanja nisu apsolutno dokazivi. Dakle, sporna su obrazloženja koja u dokazu vide potvrdu istinitosti i trajnosti znanstvenih znanja. Pozitivističko uporište je čini se još uvijek snažno ukorijenjeno u nastavi znanosti. Evo jednog primjera:

»Mislim da će se znanstvena znanja i spoznaje promijeniti, npr. pretpostavke o velikom prasku ne mogu se dokazati, pa ne možemo biti skroz sigurni u to.« (#e7)

Konačno, malo je obrazloženja koja su klasificirana kao informirana, stoga je autor posegnuo za odgovorima iz predistraživanja koje je provedeno identičnim instrumentom. Prema procijeni istraživača, u tu grupu svrstani su odgovori:

»Znanstvene teorije se mijenjaju s vremenom. Istraživanjem, radom i usavršavanjem različitih postupaka dolazimo do novih zaključaka i spoznaja. Ponekad se neke teorije ne zamijene u potpunosti novim, već se formira nova teorija, pa imamo dvije znanstvene teorije koje mogu opisivati događaje i pojave.« (#31);

»Znanstvena znanja će se mijenjati uz nove činjenice i dokaze i novi napredak tehnologije. Npr. kad se radi o atomu vjerojatno će se saznati mnogo toga novog pa će se slika i znanje o atomu koje je do tada stvoreno mijenjati.« (#k7)

Jednako tako, većina vjeruje da do promjene znanstvenih znanja dolazi isključivo i jedino nadogradnjom ili reinterpetacijom postojećih znanstvenih teorija, a ne njihovom potpunom zamjenom zbog neuporabljivosti. Takav stav ne iskazuje se uvijek eksplicitno, ali se iz konteksta odgovora to može zaključiti. Međutim, povijest fizike obiluje primjerima kad se jedna znanstvena teorija potpuno zamijeni drugom. Najbolji primjer je Newtonova klasična mehanika koja je potpuno neupotrebljiva na subatomskej razini, pri ekstremno velikim brzinama, te ekstremno velikim masama u međudjelovanju.

*Opažanje i zaključivanje.* Odgovori na pitanje koliko su znanstvenici sigurni u opisanu strukturu atoma i na koji način se određuje izgled atoma, u svim grupama ukazuju na nisku učestalost informiranosti (eksp. 82%, kont. 73%) o razlici između opažanja i zaključivanja u znanstvenom poduhvatu. U odgovorima dominira miskoncepcija kako znanstveno znanje nastaje isključivo kad znanstvenik vidi promatrani događaj ili proces, odnosno samo onda kad je izravno dostupan našim osjetilima ili produžecima naših osjetila. Za njih je struktura i građa atoma, kako je opisana u literaturi, kreirana isključivo izravnim opažanjem, a nije nastala kao rezultat konsenzusa u zaključivanju između znanstvenika, na kojima se temelji teorijski model prirodne pojave. Konkretno, većina učenika spominje tehnološki napredne uređaje kao što je mikroskop koji omogućuje, doduše uz zahtijevan i naporan znanstveni rad, kako ističu, pogled u svijet atoma.

»Znanstvenici su potpuno sigurni u građu atoma kako je opisana u udžbenicima, jer da nisu, to ne bi ni objavljivali. Da odrede izgled atoma znanstvenici ga mikroskopiraju, zatim naprave skicu, a potom original onoga što su vidjeli.« (#e22);

»Mislim da više znanstvenika vjeruje da atom izgleda kao na slici iz udžbenika, ali je to vjerojatno samo shematski prikaz. Tu sliku su stvorili služeći se elektronskim mikroskopom i ispitivanjima, ali teže jer se atomi neprestano kreću.« (#e15)

Uz sintagmu »vidjeti je znati«, koja vrijedi za one koji tvrde da su sprave omogućile uvid u ono što ne vidimo, dominiraju i odgovori dvosmislenog karaktera zbog kojih su svrstani u kategoriju »naivnih«. Riječ je o učenicima koji su skeptični u pogledu realnosti i istinitosti opisane građe i tvrde da znanstvenici nisu potpuno sigurni u izgled atoma kako ga opisuje postojeći model, ali pritom izostavljaju ili načelno krivo obrazlažu kako se stvara slika skrivenog entiteta kakav je atom. U pravilu se takva obrazloženja vežu isključivo i jedino uz perceptivnu

komponentu istraživanja. Prema njima, dovoljno je pogledati u okular tehnološki moćnog uređaja iz kojeg je moguće vidjeti, a potom kreirati znanstveno znanje.

»Znanstvenici nisu baš sigurni u opis građe atoma. Izgled atoma kako je opisan u tekstu određuju pomoću nekih uređaja kojima se koriste.« (#k1)

Na predtestu je detektirano malo odgovora iz kojih se vidi da učenici razumiju razliku između opažanja i zaključivanja, te njihove intelektualne svjesnosti granice između teorijskog modela i realnosti koju model objašnjava. Odgovori koji se mogu klasificirati u tu grupu su:

»Nisam siguran koliko su znanstvenici sigurni u opisanu građu atoma jer mislim da ne postoji mikroskop koji pokazuje takav 3-D oblik atoma. Znanstvenici određuju izgled atoma na temelju proučavanja, svojih znanja koja se sve više usavršavaju nakon mnogih istraživanja i tako se dobije izgled atoma kakav je opisan u tekstu i prikazan na slici.« (#e5);

»Ne vjerujem da su 100% sigurni zato što oni ne mogu vidjeti atom, možda to tvrde zbog nekih zaključaka iz istraživanja. Tu građu određuju testovima ili pak predviđaju kakav je i od čega je građen atom. Znanstvenici možda vjeruju da zbog nekih unutarnjih sila atom izgleda baš tako kako ga opisuju.« (#e11)

*Znanstvena teorija i znanstveni zakon.* Prema filozofiji prirodnih znanosti, kreiranje znanstvenih znanja u pravilu, ne i nužno, započinje opažanjem i eksperimentom u kojem se opaža *što se i kako se* neka pojava (ili proces) zbiva. Potom se iz opažanjem utvrđenih veličina pronalazi njihova funkcionalna veza. Ukoliko je veza ostvarena, za promatranu pojavu kreira se znanstveni zakon. Prihvatljivim tumačenjem zakona u suglasju s postojećim zakonima i modelima stvara se znanstvena teorija. U ovom aspektu utvrđene su učestale miskoncepcije vezane uz razumijevanje razlike između znanstvene teorije i znanstvenog zakona. Na temelju odgovora čini se da nepoznavanje »hijerarhijskog« slijeda: eksperiment, znanstveni zakon, model, teorija, čini temelj miskoncepcije. Uz to, mnogi će razliku između zakona i teorije obrazložiti tvrdnjama koje su pogrešne i koje je nužno istaknuti jer se protežu kroz većinu odgovora, a to su: (a) znanstveni zakoni postoje u prirodi, a uloga znanstvenika je otkriti ih znanstvenim istraživanjem, (b) znanstveni zakoni su apsolutni i u budućnosti se ne će mijenjati nasuprot znanstvenim teorijama koje su promjenjive i koje će se u budućnosti mijenjati, i (c) znanstveni zakoni su dokazani i jednom kad se dokažu potpuno su točni, a znanstvene teorije su nešto, kako kažu, poput pretpostavki koje tek treba dokazati.

»Znanstveni zakoni su nešto stvarno potvrđeno, a znanstvene teorije su uvijek pod upitnikom.« (#k5);

»Znanstvene teorije su samo teorije, to nije sigurno, nije dokazano, dok su znanstveni zakoni opće poznati, oni se ne mijenjaju.« (#e8);

»Znanstvene teorije su pretpostavke ili zapažanja nekog znanstvenika, dok je znanstveni zakon kad se teorije objasne znanstvenim zakonom.« (#k10)

S druge strane, odgovori koji jasno ističu da su znanstvene teorije kao i znanstveni zakoni podložni promijeni, te da iz zakona proizlaze teorije koje su objašnjene upravo tim zakonima, iznimno je malo (2%). Neki od odgovora preuzeti su iz predistraživanja, budući je malo onih koji su u ovom istraživanju klasificirani kao informirani.

»Znanstveni zakon i teorija se razlikuju. Zakoni su npr. znanja sakupljena istraživanjem iz već dokazanih teorija, što može biti dio i potvrda znanstvene teorije.« (#e15);

»Znanstvena teorija je način na koji neku teoriju objašnjavamo, a temelji se na znanstvenom zakonu.« (#30)

*Društvena i kulturna ukorijenjenost.* Na pitanje je li znanost povezana i na neki način uključena u društveni kontekst ili je univerzalna i neovisna o društvenom i kulturnom okružju, nešto je više informiranih i prijelaznih odgovora s obzirom na tri prethodna aspekta, no ipak skromno. Gotovo dvije trećine odgovora klasificiranih kao »naivni« nisu niti obrazloženi, što nameće pitanje o primjerenosti pitanja dobi učenika i formi postavljenog pitanja. Iz analize odgovora izdvojena su tri učestala obrazložjenja koja ne odgovaraju postavljenom kriteriju. Prvo, znanstvenici su potpuno neovisni u znanstvenom radu što potkrjepljuju primjeri iz povijesti znanosti.

»Znanost je neovisna. Dok su ljudi razmišljali kako unaprijediti komunikaciju, Einstein istodobno samostalno razmišlja kako otići u budućnost, o čemu iznosi teoriju.« (#e15)

Drugo, budući da proučavaju pojave u prirodi koja je jedinstvena i istinita, oni kao znanstvenici samim tim što proučavaju tako jedinstven i realan sustav ne podliježu utjecajima društvene okoline.

»Mislim da je znanost univerzalna i neovisna, zato što istražuje pojave i događaje u prirodi.« (#e1)

Treće, sva društva i kulture provode znanstvena istraživanja na jedinstven način, jer se ono na čemu rade temelji na činjenicama.

»Vjerujem da je znanost univerzalna jer Japanci i Amerikanci koriste ista znanstvena znanja kad rade na razvijanju nuklearne energije.« (#e19)

Kriterij po kojem su odgovori svrstani u informirane bio je prepoznati utjecaj socijalnih čimbenika, kao što su politički, ekonomski i religijski, na znanost. Institucionalni i egzistencijalni čimbenici unutar znanosti i znanstvene zajednice koji mogu utjecati na znanstveni poduhvat nisu uzeti kako kriterij. Teško je od učenika te dobi očekivati zrelost i znanje o znanstvenim dostignućima kao rezultatima nastalim konsenzusom i pregovorima između znanstvenika u kojem ponekad krucijalnu ulogu imaju autoritet, prestiž i moć. Prema tome, utjecaj »vanjskih« čimbenika (politički, ekonomski, religijski) uzet je kao jedini kriterij informiranosti. Neki od informiranih odgovora koji se odnose na politički i ekonomski utjecaj na znanost:

»Znanost je ovisna o društvu jer se istraživanja financiraju od društva, ne smije se istraživati bilo što i bilo gdje, sve treba biti u skladu sa zakonima.« (#e14);

»Mislim da je znanost odraz društvenih i kulturnih vrijednosti jer se razvija zajedno s društvom u kojem se provodi. Ukoliko je društvo loše, i znanost će raditi loše (npr. sredstva za uništenje), međutim ako je društvo zrelo i normalno, znanost će raditi na kvaliteti i unaprjeđenju društva (npr. otkrivanje novih lijekova).« (#e6)

*Kreativnost i mašta u znanstvenom poduhvatu.* U ovom aspektu dobiven je najveći postotak ispitanika koji imaju djelomično (eksp. 47%; kont. 41%) ili potpuno (eksp. 15%, kont. 4%) informiran pogled na utjecaj kreativnosti i mašte u znanstvenom istraživanju. Uz tu činjenicu, još uvijek polovica učenika pokazuje neadekvatno razumijevanje uloge zaključivanja, kreativnosti i mašte na kreiranje znanstvenog znanja. Relativno velik postotak učenika, bez obzira na kriterij klasifikacije odgovora, koji tvrde da znanstvenici koriste maštu i kreativnost kad rade na stvaranju znanja, je očekivan s obzirom na *image* i dojam koji znanstvenici ostavljaju na učenike. Međutim, kad se analiziraju odgovori na pitanje *kada* i *kako* znanstvenici koriste kreativnost i maštu, u pravilu se pojavljuju specifični aspekti znanstvenog istraživanja u kojima ti oblici mišljenja pozitivno doprinose znanstvenom pronalasku. Između ostalog, učestalija su polovična obrazloženja u kojima se tvrdi kako kreativnost i maštu znanstvenici koriste isključivo za prikupljanje znanstvenih podataka i činjenica ili za stvaranje zanimljivih eksperimenata i maštovitih pokusa. Točno je da znanstvenici često koriste kreativ-

nost pri dizajniranju eksperimenata, ali jednako tako eksperiment nije jedini znanstveni postupak u kojem se koriste takvi oblici mišljenja.

»Mislim da znanstvenici koriste kreativnost i maštu samo kad prikupljaju podatke iz eksperimenta.« (#e5);

»Znanstvenici koriste maštu pri planiranju i dizajniranju eksperimenta kako bi napravili što bolji plan za provedbu eksperimenta.« (#e7)

Drugo učestalije obrazloženje odnosi se na narušavanje objektivnosti znanstvenog poduhvata ukoliko znanstvenik koristi kreativnost i maštu, i stava da je jedino logičko mišljenje svrhovito u znanstvenom istraživanju.

»Mislim da znanstvenici ne koriste kreativnost i maštu jer ona smeta znanstvenoj objektivnosti.« (#k9);

»Znanstvenici se koriste raznim eksperimentalnim priborom kad nešto istražuju i logički razmišljaju dok to proučavaju.« (#e1)

Treće, neki smatraju da, ukoliko bi znanstvenici koristili maštom kreirane ideje, a ne strogo racionalne, kakva je uostalom i znanost, tada bi znanost bila kaotična i neuređena.

»Znanstvenici ne koriste maštu i kreativnost jer bi to dovelo do ‘pomutnje’ i više nitko ne bi znao što je prava istina, a što mašta. Ako se zna kako izgleda atom, ne bi trebali dodavati još neke kreacije na to.« (#k5)

Većina je učeničkih odgovora ipak djelomično u skladu s prirodom znanosti i podrazumijeva prožetost znanstvenog rada kreativnošću i maštom, međutim bez cjelovitog i potkrijepljenog obrazloženja koje bi uključivao sve aspekte znanstvenog rada, od prikupljanja podataka, planiranja i osmišljanja eksperimenta, postavljanja hipoteza, kreiranja modela i teorija. Na predtestu rijetki spominju kreativnost i maštu u kontekstu nastanka znanstvenih modela i teorija. Čini se kako taj dio znanstvenog rada za učenike zahtijeva isključivo logičko promišljanje. Neki od odgovora koji su klasificirani kao informirani:

»Znanstvenici koriste kreativnost i maštu da uopće dođu na ideju kako nešto istražiti, koji postupak napraviti da se to dokaže ili jednostavno kako objasniti neku novu spoznaju.« (#e11);

»Koriste kreativnost. Kako bi inače dokazali neku znanstvenu teoriju, npr. o tijeku vremena u svemiru, ako bi se ograničili na logiku.« (#e15);

»Znanstvenici koriste maštu i kreativnost za prikupljanje podataka i nakon prikupljanja podataka. Kad su radili na konstrukciji DNA iskoristili su maštu za izgled DNA.« (#e6)



*Znanstvena metoda.* Mit o znanstvenoj metodi u ovom istraživanju je još jedanput potvrđen. Iz odgovora na pitanje kako znanstvenici stvaraju znanstveno znanje i je li eksperiment jedina znanstvena metoda kojom znanstvenici dolaze do znanstvenog znanja, zabilježene su tri osnovne zablude. Prva je vezana uz slijed znanstvenih postupaka prema kojima znanstvenici slijede znanstvenu metodu koja se temelji na nizu sukcesivnih dobro definiranih koraka. Druga zablude odnosi se na ishod znanstvenog poduhvata prema kojoj, ukoliko se slijedi »korak po korak« znanstvena metoda, rezultati su uvijek točni i precizni. Posljednja zablude odnosi se na eksperiment kao jedini znanstveni postupak kojim se dolazi do otkrića, a čija je temeljna i jedina uloga dokazivanje znanstvene hipoteze. Detaljnom analizom odgovora na pitanje zahtijeva li razvoj znanstvenih znanja eksperiment, iz većine odgovora proizlazi da je eksperiment jedini znanstveni postupak koji sa sigurnošću može potvrditi znanstvenu teoriju.

»Mislim da je eksperiment iznimno bitan za stvaranje znanja jer se puno događaja temelji na njemu, i da se dođe do nekog zaključka ili dokaza uvijek treba napraviti eksperiment.« (#k19)

Za druge je eksperiment temelj za utvrđivanje i potvrdu točnosti znanstvenih pretpostavki.

»Jedino eksperimentom znanstvenici mogu utvrditi točnosti. Npr. kad je nađen neki kostur pretpostavlja se koliko je star, međutim koliko je doista star to je točno utvrđeno eksperimentom.« (#e15)

Neosporna je fundamentalnost eksperimenta u znanstvenom istraživanju, međutim eksperiment nije jedini znanstveni postupak koji znanstvenici koriste za stvaranje znanstvenih znanja. Dovoljno se zapitati o mogućnosti primijene manipulativnih eksperimenata u astronomiji. Malo je onih koji tvrde da eksperiment nije jedini znanstveni postupak, već naslućuju da su to i prethodna znanja, špekuliranje i drugi oblici mišljenja.

»Za neka znanstvena znanja je potreban eksperiment, a za neka nije, jer se nova znanja mogu dokazivati i s prije stečenim znanjima.« (#e8);

»Po mome mišljenju ne treba eksperiment. Npr. na dinosaurima znanstvenici nisu mogli eksperimentirati kako bi otkrili jesu li postojali i kako su izgledali.« (#e20);

»Ne mora uvijek znanstveno znanje biti potkrijepljeno eksperimentom; ono se može potkrijepiti i logičkim mišljenjem.« (#e4)

*Subjektivnost i objektivnost znanosti.* U posljednjem aspektu od učenika se traži obrazloženje kako su moguća dva različita znanstvena zaključka kad svi znanstvenici koriste istu bazu podataka. Većina učenika na to pitanje nije odgovorila ili nije shvatila postavljeno pitanje. Tako su mnogi ponudili osobni osvrt na postavljene teze o razlozima nestanka jedne životinjske vrste, ne osvrćući se pritom na temeljni problem postojanja dvije jednako valjane znanstvene teorije u znanstvenoj zajednici. To nameće pitanje o primjerenosti ovog aspekta dobi ispitanika. Oni koji su ipak ponudili odgovor ističu da postoji više znanstvenih teorija jer znanstvenici imaju, kako kažu, »različita gledišta«, koja mogu stvoriti više znanstvenih teorija. Pritom izostavljaju objašnjenje *kako su i zašto su* moguće različite znanstvene teorije kad svi znanstvenici imaju pristup istim podacima. Oni koji to obrazlažu tvrde da su obje grupe znanstvenika u krivu ili u pravu, budući da raspolažu manje-više točnim podacima.

»Znanstvenici imaju različita gledišta i mišljenja prema tim problemima, stoga imaju i različite stavove. Možda nijedna teorija nije istinita.« (#e7)

Ovakvo obrazloženje neizbježno nameće pitanje zašto su znanstvenici onda čvrsti u pogledu svojih teza i publiciraju tekstove koji to ciljano podupiru. Druga grupa činjenicu o postojanju dvije jednako valjane teorije obrazlaže dobro poznatom tezom o nemogućnosti određivanja događaja ili pojave ukoliko se ne percipira osjetilima. Prema toj pretpostavci znanstvenici ne mogu odrediti pojavu (događaj) ukoliko je ne vide, pa su rasprave o postojanju dviju znanstvenih teorija u tom smislu suvišne.

»Znanstvenici ne mogu sa stopostotnom sigurnošću utvrditi što se dogodilo prije 65 mil. god., jer jednostavno nisu postojali, stoga ne mogu ni jedni ni drugi donositi ispravne zaključke.« (#e12)

S druge strane, skroman je postotak odgovora iz kojih se jasno vidi kako su znanstvena znanja, katkad kreirana prema sklonostima grupe znanstvenika, istovremeno verificirana od strane drugih znanstvenika. U pravilu se ponavlja opća teza prema kojoj znanstvenici imaju različita mišljenja pa su samim tim mogući različiti zaključci.

»Moguća su dva ili više zaključaka koje dobro opisuju podaci zato što znanstvenici imaju jednostavno različita mišljenja.« (#k9)

Odgovor koji je jedini prema procijeni autora svrstan u informirane je:

»Svaki znanstvenik ima pravo na svoje viđenje problema, a iz pristupnih dokaza se mogu izvesti mnogi zaključci između kojih se mogu eliminirati nemoguće opcije ili pristranosti znanstvenika.« (#e23)

### *Posttest*

Analiza rezultata posttesta nakon provedene statističke obrade podataka pokazuje pozitivan trend razumijevanja gotovo svih aspekata prirode znanosti u svim eksperimentalnim grupama. Pritom je stupanj poznavanja načina na koji su znanstvena znanja kreirana u svim aspektima prirode znanosti izraženiji u eksperimentalnoj grupi. Značajnost razlika između grupa nije računata, kako je naglašeno više puta u radu, zbog izostanka apsolutno objektivnog vrednovanja učeničkih obrazloženja zbog manjka nezavisnih procjenitelja. Umjesto toga, računat je faktor napretka ili *g*-faktor za eksperimentalne grupe, a njegove vrijednosti za pojedinog učenika prikazane su na Slici 1. Faktor napretka prema Hakeu (1998, 65) je količnik apsolutnog napretka rezultata na testu i ukupnog mogućeg napretka s obzirom na rezultate predtesta. Iz grafa je vidljiv veći napredak učenika eksperimentalne grupe što pokazuje veća koncentracija računatih *g*-faktora za svakog pojedinog učenika između i iznad vrijednosti srednjeg *g*-faktora, dok je napredak učenika kontrolne grupe koncentriran većinom u području niskog i srednjeg *g*-faktora, i značajnije u području negativnih vrijednosti faktora napretka. Negativne vrijednosti ukazuju na činjenicu da neki učenici nakon eksperimenta postižu slabije rezultate u razumijevanju prirode znanosti nego prije provođenja istraživanja. Takav trend je izraženiji kod kontrolne grupe. Dakle, konstruktivistički orijentirana nastava s elementima prirode znanosti polučuje blago značajniji napredak u spoznaji aspekata prirode znanosti nego tradicionalna nastava.

Sagledaju li se rezultati s interpretativnog stajališta, pokazuje se značajniji napredak eksperimentalne u odnosu na kontrolnu grupu. Konkretno, s obzirom na pojedini aspekt prirode znanosti, napredak i zrelost u spoznaji načina rada znanosti očituje se posebno u aspektu:

(a) promjenjivost znanstvenih znanja:

»Znanstvena znanja će se u budućnosti mijenjati. Možda se ne će u potpunosti promijeniti, iako je i to moguće, ali će se sigurno nadopuniti. Na primjeru periodnog sustava elemenata to možemo objasniti. Mendeljev je poredao atome prema protonskom broju, ali ne smijemo zaboraviti da ih je bilo manje nego danas. S vremenom se periodni sustav elemenata nadopunio.« (#e13);

(b) opažanje i zaključivanje:

»Znanstvenici kad određuju izgled atoma koriste znanje i maštu. Pretpostave kakav je izgled atoma moguć i zatim koriste logičko mišljenje i kreativnost. Svojim znanjem i uz pomoć moderne tehnologije utvrđuju istinitost. Pritom nisu 100% sigurni, ali pomoću znanja mogu biti sigurni do neke granice u

opisanu građu atoma. Danas to možemo provjeriti modernom tehnologijom, ali i bez nje mogu se stvoriti dobri modeli.« (#e13);

(c) društvena i kulturna ukorijenjenost:

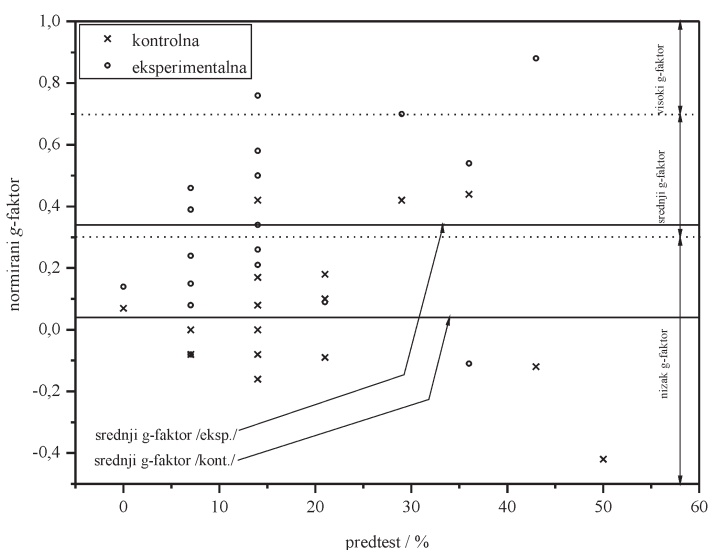
»Vjerujem da društvo potiče znanost na istraživanja (npr. kod liječenja teških bolesti) ili sprječava istraživanja ako misli da to nije ispravno istraživati i podupirati (npr. korištenje nuklearnih elektrana ili kloniranje).« (#e14);

(d) znanstvena metoda:

»Znanstvenici prije samog istraživanja utvrđuju što je problem. Potom iznose svoje pretpostavke na problem, a zatim se raznim metodama (matematičkim, pokusom i promatranjem) pokušava dokazati pretpostavka. Kad se to napravi, uspoređuju se rezultati, a ono najtočnije to je znanstveno znanje koje se u budućnosti može promijeniti, npr. zbog napretka tehnologije i sl. Pokus je vrlo važan jer se njime najtočnije može provjeriti istinitost, ali se nešto može dokazati i bez eksperimenta.« (#e1);

(e) kreativnost u znanstvenom radu:

»Znanstvenici koriste kreativnost i maštu za stvaranje izgleda nepoznatog tijela ili pojave, a logiku, činjenice i kreativnost da povežu podatke koje imaju, te ih pokušaju povezati s zamišljenim modelom ili ga promijene odnosno oblikuju.« (#e14)



**Slika 1.** Normirane vrijednosti g-faktora u ovisnosti o rezultatima postignutim na predtestu.

## Zaključak

Zaključci koji proizlaze iz istraživanja grupirani su u tri grupe. Prvu grupu čine zaključci koji proizlaze iz kvalitativnih rezultata o razumijevanju prirode znanosti dobiveni na predtestu; drugu, zaključci dobiveni iz rezultata o poznavanju elemenata prirode znanosti nakon izlaganja suvremenim i tradicionalnim strategijama poučavanja; i treću, zaključci o specifičnostima mjernog instrumenta i načinu vrednovanja spoznaja o prirodi znanosti.

Dobiveni rezultati o poznavanju aspekata prirode znanosti prije uključivanja u nastavu pokazuju kako većina ispitanika posjeduje krivu koncepciju prirode znanosti i načina na koji znanost istražuje. To se očituje u svim aspektima prirode znanosti, a na njihovu postojanost ukazuju neka prethodna istraživanja (Khishife i Abd-El-Khalick, 2002; Kang i sur., 2004). Učestalost epistemoloških miskoncepcija o znanosti na učeničkoj populaciji nije iznenađujuća uzme li se u obzir formalno obrazovanje koja je još uvijek dominantno tradicionalno i koje ne pridaje dovoljno pažnje pitanjima što je znanje i kako se razvija, nego značaj stavlja isključivo na »čisti« znanstveni sadržaj. Problem miskoncepcija o prirodi znanosti nije činjenica što egzistiraju, nego njihova postojanost i tvrdokornost, što je uostalom karakteristika svih miskoncepcija kojima obiluje prirodoslovlje, a osobito fizika (Krsnik, 2008). Njihovu postojanost potkrjepljuju istraživanja koja pokazuju da čak i budući učitelji prirodnih predmeta i nakon formalnog obrazovanja nemaju jasnu i cjelovitu epistemološku sliku znanosti (Akerson i sur., 2000; Thye i Kwen, 2004).

Rezultati postignuti na posttestu s obzirom na strategije poučavanja znanstvenih sadržaja pokazuju da konstruktivistički obojena nastava s eksplicitno ugrađenim elementima prirode znanosti u usporedbi s tradicionalnom nastavom s elementima istraživačke nastave, polučuje bolje rezultate u pogledu razumijevanja prirode znanosti. S obzirom da je težište istraživanja interpretativna paradigma, razlike između grupa kao i statistička značajnost razlika između njih nije računata, čime je istraživač pokušao izbjeći pretencioznost rezultata. Međutim, eksperimentalna grupa je i na opisnoj razini nedvojbeno napredovala u svim mjerenim aspektima prirode znanosti blago značajnije od kontrolne grupe, osim u aspektu 'subjektivnost i objektivnost u znanstvenom poduhvatu', koji je čini se ipak intelektualno prezahtjevan za obje grupe ispitanika. Postoji nekoliko razloga zbog kojih je izostao značajniji napredak u razumijevanju prirode znanosti u eksperimentalnoj grupi.

Prvo, relativno kratko vrijeme intervencije u nastavu znanosti, u usporedbi s ukupnim vremenom koje su učenici proveli u dotadašnjem, manje-više tradicionalnom znanstvenom obrazovanju. U takvim okolnostima teško je očekivati da učenici u kratkom vremenskom intervalu promijene svoj epistemološki pogled na znanost. Isto tako, aspekti prirode znanosti nisu isključivo i jedino vezani uz fiziku, oni su jednako svojstveni i primjenjivi u ostalim prirodnim predmetima i nužno je, ukoliko se želi značajnije povećati razumijevanje, njihovo sinergično djelovanje.

Drugo, problem kognitivne zrelosti ispitanika, više puta istaknut u radu, ovog puta se postavlja kao temeljno pitanje: mogu li učenici te dobi stvoriti adekvatni pogled na prirodu znanosti i osobitosti znanstvenog istraživanja? U literaturi se dva oprečna diskursa vežu uz to pitanje. Lederman i O'Malley (1990) i Montgomery (1992) ukazuju da je produktivnije ukazati na aspekte prirode znanosti što ranije kad su učenici u prvom doticaju sa znanostima i kad se stvara temelj ispravnog razumijevanja znanosti i načina na koji radi. Štoviše, Montgomery zastupa teoriju prema kojoj razvoj epistemoloških ideja postoji u predškolskoj fazi i moguće je značajniji napredak kroz primarno obrazovanje. Prema Montgomeryju, i predškolska djeca znanstvena znanja ne doživljavaju kao skup nepovezanih znanstvenih činjenica već promišljaju njihovo stvaranje. Nasuprot tom pristupu, Piaget zastupa teoriju prema kojoj su osnovnoškolci do trinaeste godine u pravilu konkretni mislioci. Prema Piagetu, nakon trinaeste godine učenici nadilaze konkretnost i postaju formalni mislioci kad je moguće raditi na apstraktnijim problemima, prema tome na temama i spoznajama o prirodi znanosti. U skladu s recentnim teorijama i rezultatima ovog istraživanja, može se zaključiti da je većina aspekata prirode znanosti primjenjiva na elementarnoj razini, izuzevši aspekt 'subjektivnost i objektivnost', te aspekt 'znanstvene teorije i zakoni' čiji su rezultati i nakon posttestiranja nisko izraženi, te ih je potrebno uvoditi u kasnijim fazama znanstvenog obrazovanja.

Treće, niže izraženi rezultati na posttestu mogu biti posljedica znanstvenog konteksta unutar kojeg su distribuirani sadržaji iz prirode znanosti. Na temelju istraživanja čini se da učenički pogled na prirodu znanosti ovisi o sadržaju, ali i kontekstu unutar kojeg su sadržaji prezentirani. S obzirom da u postojećem elementarnom kurikulumu iz fizike nema sadržaja iz prirode znanosti ili se podrazumijeva da se stječu uključenošću u istraživački rad, na autoru je bio teret pronalaska adekvatnih sadržaja i njihova kontekstualizacija. Pritom se ne može eg-

zaktno utvrditi koji je sadržaj ili kontekst doprinio većoj motiviranosti i angažiranosti učenika te kojim bi se povećao rezultat testiranja, no sadržaj i kontekst zasigurno doprinosi boljem razumijevanju prirode znanosti. Buduća istraživanja bi svakako trebala kreirati sadržaje i kontekst iz kojeg i unutar kojeg bi se proučavali aspekti prirode znanosti, a pritom povećala motiviranost i interes za znanost. O kojim je konkretno sadržajima riječ i u kojem kontekstu se mogu poučavati, ostavljeno je budućim istraživanjima.

Vrednovanje rezultata prilagođenom verzijom POSE upitnika ukazalo je na neke nedostatke. Instrument kojim je provedeno istraživanje je kombinacija dvaju metrijski standardiziranih upitnika čija je valjanost nesporna. Međutim, klasifikacija obrazloženja s obzirom na postavljeni kriterij ukazala je na problematiku vrednovanja odgovora s obzirom na pojedini aspekt prirode znanosti. Dvosmislenost, nedorečenost i nejasnoća odgovora čine vrednovanje teškim za procjenjivače, a time i neegzaktnim. Zbog toga bi buduća istraživanja ovim instrumentom i njihovo vrednovanje trebalo provesti u kombinaciji s intervjuom ili uključivanjem većeg broja nezavisnih procjenjivača. Računanjem korelacije rangiranja s obzirom na postavljeni kriterij i na broj procjenjivača, povećala bi se dosljednost rezultata, a time njihova kvantitativna vrijednost.

Na kraju naglasimo: većina recentnih svjetskih obrazovnih reformi i projekta u svojim programima prezentira standarde poučavanja prirodnih znanosti u koje ugrađuju elemente prirode znanosti i znanstvenog istraživanja. Načela koja se ističu su univerzalna i suvremena, utemeljena na znanjima edukacijskih autoriteta današnjice, a svoje poruke temelje na filozofiji prirodnih znanosti i postignućima suvremenih edukacijskih istraživanja. Zbog toga bi okvir za izradu svakog prirodnoznanstvenog kurikuluma, bez obzira na karakteristike, osobitosti i nasljeđa školskog sustava na koji se zastupnici tradicionalnih načela u pravilu pozivaju kad su u pitanju reforme, trebao uključivati univerzalne aspekte prirode znanosti kao jedan od temeljnih preduvjeta za razvoj ukupne znanstvene pismenosti.

## Literatura

- Abd-El-Khalick, Fouad (2002), »The Development of Conceptions of the Nature of Scientific Knowledge and Knowing in the Middle and High School Years: A Crosssectional Study«, Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, New Orleans.
- Akerson, Valarie, L.; Abd-El-Khalick, Fouad; Lederman, Norman G. (2000), »Influence of a Reflective Explicit Activity Based Approach on Elementary Teachers' Conceptions of Nature of Science«, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 37(4), str. 295–317.
- American Association for the Advancement of Science (1993), *Benchmarks for Science Literacy*, New York: Oxford University Press.
- Hake, Richard, R. (1998), »Interactive–engagement versus traditional methods: A six-thousand student survey of mechanics test data for introductory physics courses«, *American Journal of Physics*, Vol. 66(1), str. 64–74.
- Holton, Gerald (1970), *The project physics course*, New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Kang, Sukjin; Scharmann, Lawrence; Noh, Taehee (2004), »Examining Students' Views on the Nature of Science: Results from Korean 6th, 8th, and 10th Graders«, *Science Education*, Vol. 89, str. 314–334.
- Khishfe, Rola i Abd-El-Khalick, Fouad (2002), »Influence of Explicit and Reflective versus Implicit Inquiry Oriented Instruction on Sixth Graders' Views of Nature of Science«, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 39(7), str. 551–578.
- Krsnik, Rudolf (2007), »Prirodoznanstvena pismenost – što, zašto, kako?«, Zbornik radova *Nastava fizike za prirodoznanstvenu pismenost*, Zagreb: Hrvatsko fizikalno društvo, str. 7–15.
- Krsnik, Rudolf (2008), *Suvremene ideje u metodici nastave fizike*, Zagreb: Školska knjiga.
- Lederman, Norman G. i O'Malley, M. (1990), »Student's perceptions of tentativeness in science: Development, use, and sources of change«, *Science Education*, Vol. 74(2), str. 225–239.
- Lederman, Norman G. (1992), »Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research«, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 29(4), str. 331–359.
- Lederman, Norman G.; Abd-El-Khalick, Fouad; Bell, Randy L.; Schwartz, Reneé S. (2002), »Views of Nature of Science Questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of Nature of Science«, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 39, str. 497–521.



- McComas, William F. (1993), »The effects of an intensive summer laboratory internship on secondary students' understanding of the NOS as measured by the test on understanding of science«, Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Atlanta.
- McComas, William F.; Clough, Michale P.; Almazroa, Hiya (1998), »The Nature of Science in Science Education: An Introduction«, *Science & Education*, Vol. 7(6), str. 511–532.
- Meichtry, Y.J. (1992), »Influencing student understanding of the nature of science: Data from a case curriculum development«, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 29, str. 389–407.
- Montgomery, D.E. (1992), »Young children's theory of knowing: The development of a folk epistemology«, *Developmental Review*, Vol. 12, str. 410–430.
- National Academy of Science (1996), *National science education standards*, Washington: National Academy Press.
- Pećina, P., Planinka i Sliško, J. (2007), »Torricellijevo pismo Ricciju i njegove moguće primjene u nastavi«, Zbornik radova *Nastava fizike za prirodnoznanstvenu pismenost*, Zagreb: Hrvatsko fizikalno društvo, str. 180–186.
- Sliško, Josip (2007), »Filozofija i povijest fizike: zašto je neophodno njihovo prisustvo u nastavi i učenju?«, Zbornik radova *Nastava fizike za prirodnoznanstvenu pismenost*, Zagreb: Hrvatsko fizikalno društvo, str. 42–47.
- Svedružić, Antonio (2007), »Razumijevanje prirode znanosti i znanstvenog istraživanja«, Zbornik radova *Nastava fizike za prirodnoznanstvenu pismenost*, Zagreb: Hrvatsko fizikalno društvo, str. 26–31.
- Thye, Tan, L. i Kwen, Boo, H. (2004), »Assessing the Nature of Science Views of Singaporean Per Service Teachers«, *Australian Journal of Teacher Education*, Vol. 29(2) str. 1–10.

## ASPECTS OF NATURE OF SCIENCE IN MODERN TEACHING OF PHYSICS

Antonio Svedružić

*Primary goal of modern science education is achievement of scientific literacy. Educational standards of science worldwide (AAAS, 1993; NRC, 1996) are emphasizing understanding of nature of science (NOS) as necessary factor for development of scientific literacy. Nevertheless educational researches often reveal lack of adequate epistemological notion of science and scientific inquire (SI) among both students and future science teachers. This paper presents an alternative to functional understanding of nature of scientific knowledge – an educational*

*constructivism with elements of nature of science which are explicitly introduced in research-oriented teaching of physics. That kind of approach is compared with a traditional paradigm of teaching and learning of science. Understanding of basic aspects of nature of science is measured: variability of scientific knowledge, difference between first reception and final conclusion, social and culture impact, myth of scientific method, creativity and imagination in science undertaking, science theory and science principle, subjectivity and objectivity in science, before and after submission to different approaches to teaching of physics.*

*Results of a pretest show existence of misconceptions in all aspects of nature of science ( $\geq 66\%$ ). Positive effect on understanding of nature of science according to constructive and explicit assessment on posttest in experimental group is expressed more than in traditional (control) group. This research has shown: (a) existence of a typical epistemological misconceptions of science, (b) slightly considerable efficiency of modern constructive-oriented teaching on understanding of nature of science, and (c) some methodological features of aspects of nature of science measurement.*

**Key words:** *constructive-oriented teaching, nature of science, traditional teaching, scientific research*

## PRILOG A

### OPISUJEMO ONO ŠTO NE VIDIMO

Vidjeti znači vjerovati? Samo zbog toga što ne možemo vidjeti događaj, ne znači da to i ne postoji. Mnogo toga se može naučiti o nečemu što ne vidimo, a da to pritom ne gledamo. Često znanstvenici istražuju nešto što ne mogu vidjeti.

U takvim okolnostima oni nastoje zaključiti o nevidljivom na osnovu pojava koje vide. Često sami *izazivaju pojave* koje im pomažu da stvore *zamišljenu sliku* (model) onoga što ne vide.

U kratkom pokusu sami otkrijte kako nastaje **model**.

Pred vama je zatvorena kutija (tzv. »crna kutija« ili »black box«). Istražite što je u njoj, ali je ne otvarajte!

Kako biste saznali što je u njoj:

- zapišite pitanja iz kojih želite saznati nešto o objektu(ima) unutar kutije;
- kreirajte test kojim biste odgovorili na postavljena pitanja;
- zapišite činjenice (ono što ste saznali) koje ste dobili iz vaše provjere.

Odgovore na pitanja (a), (b), (c) zapišite u tablicu:

(a) PITANJA KOJA ŽELITE PROVJERITI	(b) VRSTA TESTA	(c) ČINJENICE DOBIVENE PROVJEROM

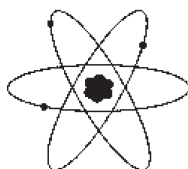
- Što zaključujete o sadržaju kutije? Ispišite što ste saznali o sadržaju kutije i koje činjenice potvrđuju vaše pretpostavke o sadržaju.
- Crtežom prikažite vašu zamisao, vaš model sadržaja kutije?
- Koliko ste sigurni u izgled vašeg modela? Objasnite!
- Što mislite koliko su znanstvenici sigurni u svoje modele kad opisuju npr. građu tvari?

Baš kao i vi u ovoj kratkoj vježbi, znanstvenici stvaraju zamišljene slike ili modele koji dovoljno pouzdano, ne i potpuno, mogu predvidjeti i opisati ono što znanstvenici ne mogu vidjeti.

Aspekti prirode znanosti koji se razmatraju: opažanje i zaključivanje, promjenjivost znanstvenih znanja te kreativnost i mašta u znanosti.

## PRILOG B

1. Sva tvar je građena od atoma. Atomi su izrazito mali (jedna stanica građena od milijuna i milijuna atoma). Atom se prikazuje kao jezgra u centru oko koje se kreću elektroni. Slika.



Znanstvenici imaju različite poglede na takav prikaz atoma. Neki znanstvenici vjeruju da je gore navedeni opis atoma istinit i stvaran (točan).

Drugi znanstvenici pak vjeruju da je takav prikaz atoma samo model, budući da ne možemo znati koji je prikaz atoma istinit i točan.

- (a) Kako znanstvenici određuju izgled atoma kakav je opisan u tekstu i prikazan na slici?
- (b) Jesu li znanstvenici sigurni i koliko u gore opisanu građu atoma? Objasni!

2. Misliš li da će se znanstvena znanja i spoznaje koje možeš naći u svojem udžbeniku iz znanosti (fizike, kemije, biologije) mijenjati u budućnosti?

Zaokruži jedan od odgovora:

DA [Ako si zaokružio/la DA odgovori na (a)]

NE [Ako si zaokružio/la NE odgovori na (b)]

- (a) Objasni zašto misliš da će se znanstvena znanja i spoznaje u budućnosti mijenjati. Svoje stajalište potkrijepi primjerom.
- (b) Objasni zašto misliš da se znanstvena znanja i spoznaje u budućnosti ne će mijenjati. Svoje stajalište potkrijepi primjerom.

3. Ima li razlike između znanstvene teorije i znanstvenog zakona? Objasni i opiši svoj odgovor na primjeru.

4. Neki tvrde da je znanost uključena i povezana s društvom i kulturom. Drugi pak tvrde da je znanost opća (univerzalna) i da je neovisna o društvu i kulturi.

- Ako vjeruješ da je znanost odraz društvenih i kulturnih vrijednosti, objasni zašto. Potkrijepi svoj odgovor na nekom primjeru.
- Ako vjeruješ da je znanost univerzalna i neovisna o društvu i kulturi, objasni zašto. Potkrijepi svoj odgovor na primjeru.

5. Misliš li da znanstvenici koriste kreativnost i maštu u znanstvenim istraživanjima?

Zaokruži jedan od odgovora:

DA [Ako si zaokružio/la DA odgovori na (a)]

NE [Ako si zaokružio/la NE odgovori na (b)]

- a) Ako misliš da znanstvenici koriste kreativnost i maštu objasni na primjeru *kako* i *kada* ih koriste.
- b) Ako misliš da znanstvenici ne koriste kreativnost i maštu objasni na primjeru *zašto* ih ne koriste.

6. Znanstvenici stvaraju znanstveno znanje (činjenice, zakone i teorije). Neka od tih znanja su i u vašim udžbenicima iz fizike, kemije i biologije.

- a) Kako znanstvenici stvaraju znanstveno znanje? Opiši na nekom primjeru!
- b) Zahtijeva li razvoj i napredak znanstvenih znanja eksperiment?
  - Ako da, objasni zašto. Navedi primjer kako bi potkrijepio svoje mišljenje.
  - Ako ne, objasni zašto. Navedi primjer kako bi potkrijepio svoje mišljenje.

7. Vjeruje se da su prije 65 milijuna godina izumrli dinosauri. Znanstvenici su kreirali dvije hipoteze kako bi objasnili izumiranje dinosaura.

**Prvu** daje grupa znanstvenika, koja ukazuje da je Zemlju pogodio golemi meteorit prije 65 milijuna godina što je uzrokovalo niz događaja koji su pak uzrokovali izumiranje dinosaura.

**Drugu** formulira druga grupa znanstvenika koja ukazuje na golemu vulkansku erupciju koja je odgovorna za izumiranje dinosaura.

Kako su moguća dva različita znanstvena zaključka, ako znanstvenici u obje grupe imaju pristup istim podacima i koriste iste podatke iz kojih potom donose zaključke?