

DEMONSTRACIJSKI POKUS U NASTAVI FIZIKE

Antonio Svedružić

Osnovna škola Ljudevita Gaja, Zaprešić

Sažetak – Cilj rad je odgovoriti na pitanje postoji li razlika u razumijevanju osnovnih fizikalnih pojmova kad se primijenjuje suvremen i tradicionalan demonstracijski pokus. Istraživanje je provedeno na prigodnom uzorku ($N=82$) učenika 7. razreda osnovne škole, podijeljenih u dvije eksperimentalne; «promatračka», «pretpostavljачko-raspravljачka» i jednu kontrolnu grupu. Testiranje je provedeno testovima konstruiranim od autora, a čestice testa kombinacija su testa višestrukog izbora (odgovori) i testa obrazloženja.

Rezultati pokazuju da ne postoji statistički značajna razlika između «promatračke» i kontrolne grupe u odgovorima ($t=0.15$, $p>.01$) i obrazloženjima ($t=0.55$, $p>.01$). S druge strane, «pretpostavljачko-raspravljачka» grupa postiže statistički značajno bolje rezultate u odgovorima ($t=2.25$, $p<.03$) i obrazloženjima ($t=2.05$, $p<.05$) u usporedbi s kontrolnom grupom.

Ovo istraživanje je pokazalo da učinak demonstracijskog pokusa značajano pridonosi općem i konceptualnom razumijevanju fizikalnih pojmova onda kad učenici postavljaju hipoteze i raspravljaju o njima, kreiraju eksperiment, provjeravaju hipotezu i zaključuju.

Ključne riječi: demonstracijski pokus, hipoteza, rasprava.

UVOD

Pokus (eksperiment) danas većina autora (Mikuličić i sur., 2003; Crouch, 2004), smatra temeljnom nastavnom metodom u fizici i prirodoslovlju. Po formi razlikuju se dva oblika pokusa u nastavi fizike: demonstracijski pokus i učenički pokus (Mikuličić, i sur., 2003). Demonstracijski pokus izvodi nastavnik s ci-

ljem utvrđivanja problema, potvrđivanja (ili opovrgavanja) postavljenih hipoteza ili sakupljanja relevantnih fizikalnih podataka. U pravilu se izvodi kad je oprema za pokus složena ili skupa. Učenički pokus ima iste ciljeve, ali ga učenici izvode samostalno.

U nastavnoj praksi osnovnih škola u Hrvatskoj, didaktički materijalno determiniranih, demonstracijski pokus još uvijek dominira kao nastavna metoda u odnosu na učenički pokus. Zbog toga je način prezentacije demonstracijskog pokusa korisno sagledati u kontekstu podjele na tradicionalnu i suvremenu nastavu, kako bi se razumjela njegova fundamentalna uloga u nastavi fizike, ali i u prirodoslovlju uopće.

U filozofiji i metodici prirodnih znanosti kroz povijest sukcesivno se izmjenjuju četiri edukacijske paradigme (Park, 2004). U okviru tih paradigmi nastava fizike i pokus unutar nje različito se interpretira. Tako racionalisti metode znanosti temelje na matematičkoj dedukciji, prema kojoj se iz umom spoznajnih najopćenitijih istina pomoću valjene metode izvode nužne posljedice, koje nam kazuju što je zbilja, a što pričin. Prema toj paradigmi, u ljudskom duhu postoji skup privilegiranih ideja i metoda kojima se izvode ostale ideje. Dakle, za racionaliste su pokus ili iskustvo suvišani.

Suprotno racionalističkoj, empiristička paradigma u središte postavlja iskustvo temeljeno na motrenju i pokusu. Empiristi koriste metodu indukcije prema kojoj se iz pojedinačnih opažanja okoline napreduje preko niza općenitih uopćavanja do najopćenitijih aksioma. Pritom iskustva nije puko zapažanje, koje je podložno varkama osjetila, već je utemeljeno na sustavnom motrenju, uspoređivanju i provjeravanju (Lelas, Vukelja, 1996).

Na osnovama metoda indukcije i dedukcije, indukcija u kontekstu motrenje i pokus, dedukcija pri kreiranju matematičkog formalizama, temelji se prirodoslovlje i edukacijska fizika 19. st. i prve polovice 20. stoljeća. U nastavnoj praksi, na razini elementarnog prirodoznanstvenog obrazovanja, to znači izvođenje demonstracijskih pokusa isključivo u svrhu promatranja i sakupljanja podataka, nakon čega u pravilu slijedi formalizacija znanja. Pritom je učenik koji promatra pokus pasivni motritelj i primatelj znanja, koji nakon viđenog pokusa formalizira znanja. Takav pokus, kojemu je jedini cilj promatranje i zapažanje neke prirodne pojave, mnogi autori danas nazivaju tradicionalni demonstracijski pokus.

Na temeljima empirističke paradigme 80-ih godina 20.st. CLISP¹ projektom, a na osnovama filozofije Khuna, Poopera i ostalih, oblikovana je suvremena paradigma u edukacijskoj fizici, nazvana konstruktivizam. U kontekstu konstruktivizma učenika se doživljava kao aktivnog učesnika i interpretatora nastavnog procesa. U okviru tog pristupa, metodički i filozofski, bitno se mijenja uloga demonstracijskog pokusa. U konstruktivistički orijentiranom demonstracijskom pokusu učenik je uključen u sve «znanstvene» postupke pokusa. Pojam «znanstve-

¹ CLISP – Children's Learning in Science Project (Park, 2004).

ni» odnosi se na postupke koji rabe učenici, a koji su imanentni stvarnim znanstvenim postupcima, kao što su: promatranje, zapažanje, postavljanje hipoteze, kreiranje eksperimenta, sakupljanje podataka, analiza podataka, model rješenja i verifikacija modela. Tako metodički oblikovan pokus, u kojem se ne preskače niti jedna sastavnica istraživanja, kao ni učenička intelektualna aktivnost, ukazuje na bolje rezultate kako u konceptualnom razumijevanju fizikalnih pojmova, tako u prepoznavanju i ispravljanju tipičnih učeničkih miskoncepcija (Halloun, Hestenes, 1985; Crouch, 2004).

Stoga je svrha ovog istraživanja egzaktno provjeriti razliku u općem i konceptualnom znanju kad se koristi tradicionalni odnosno suvremeni demonstracijski pokus.

CILJ RADA

Odrediti koliko suvremen pristup demonstracijskom pokusu, temeljen na pretpostavci (hipotezi) i raspravi, utječe na razumijevanje temeljnih fizikalnih pojmova, u usporedbi s tradicionalnim demonstracijskim pokusom temeljenom na promatranju.

HIPOTEZE

H_0 – ne postoje razlike između eksperimentalnih (PG² i PRG³) i kontrolne grupe (NDG⁴) u frekvenciji točnih «odgovora» i «obrazloženja» na testu iz fizike.

H_1 – promatračka grupa (PG) postiže statistički značajno bolje rezultate u frekvenciji točnih «odgovora» na testu iz fizike u odnosu na kontrolnu (NDG) grupu.

H_2 – promatračka grupa (PG) postiže statistički značajno bolje rezultate u frekvenciji točnih «obrazloženja» na testu iz fizike u odnosu na kontrolnu (NDG) grupu.

H_3 – pretpostavljačko-raspravljачka grupa (PRG) postiže statistički značajno bolje rezultate u frekvenciji točnih «odgovora» na testu iz fizike u odnosu na kontrolnu (NDG) grupu.

H_4 – pretpostavljačko-raspravljачka grupa (PRG) postiže statistički značajno bolje rezultate u frekvenciji točnih «obrazloženja» na testu iz fizike u odnosu na kontrolnu (NDG) grupu.

² PG – promatračka grupa (tradicionalna demonstracija).

³ PRG – pretpostavljačko-raspravljачka grupa.

⁴ NDG – ne-demonstracijska grupa (kontrolna grupa).

METODOLOGIJA

U istraživanje je uključen prigodni uzorak ($N=82$) učenika sedmog razreda osnovne škole u Zaprešiću. Prigodan uzorak čine tri sedma razreda koji su metodom slučajnog izbora formirali dvije eksperimentalne (PG, PRG) i jednu kontrolnu (NDG) grupu. Eksperimentalna i kontrolna grupa izjednačene su po svim bitnim obilježima: broju ($N_{NDG}=28$, $N_{PG}=27$, $N_{PRG}=27$), spolu ($N_Z=N_M$), dobi ($M=13$ god.) i obrazovanju (svi su učenici sedmog razreda osnovne škole koji posjeduju identično predznanje). Obje eksperimentalne i kontrolna grupa uključene su u eksperiment u vremenskom periodu od četiri nastavna tjedna (2 sata tjedno), u kojem su realizirane metodičke jedinice vezane uz fizikalne pojmove «unutarnja energija, toplina i temperatura».

Svaka grupa participirala je demonstracijski pokus koji se temeljio na različitim metodičkim pristupima. Tako je u promatračkoj (PG) grupi izvođen tradicionalni demonstracijski pokus temeljen na «promatračko-slušalačkom» pristupu, koji se bazira isključivo na promatranju pokusa i slušanju objašnjenja koje daje učitelj. Pritom je komunikacija učitelj-učenik jednosmjernan ireverzibilan proces u kojem je učenik pasivan promatač pokusa.

Kao metodički okvir u PRG grupi sukcesivno se slijedi metodološki kurikulum temeljen na fundamentalnim znanstvenim postupcima, a osobito na postavljanju pretpostavki i raspravi. Pretpostavljачko-raspravljачka grupa demonstracijski pokus izvodi kao element za provjeru (ne dokaz) pretpostavki koje su proizlašle iz rasprave.

Rezultati dobiveni za eksperimentalne grupe komparirani su s ne-demonstracijskom kontrolnom grupom koja nije participirala u demonstracijskom pokusu. Kontrolna (NDG) grupa pokus je nadopunjavala radom na tekstu koji opisuju i obrazlaže rezultate nekog zamišljenog pokusa.

Za provjeru postavljenih hipoteza korišten je test⁵ što ga je konstruirao autor. Test čini pet čestica preuzetih iz literature (Šindler, Mikuličić, 2005; Mikuličić, Krsnik, 2001) i dodatno prilagođenih od autora za potrebe ovog istraživanja. Čestice testa konstruirane su kao kombinacija elemenata višestrukog izbora i obrazloženja preuzetih tvrdnji. Pritom su uvažene sugestije autora (Hudson, Hudson, 1981; Aubrecht II., Aubrecht, 1983) za konstrukciju testova višestrukog izbora. Provjerene su metričke karakteristike testa, valjanost i pouzdanost. Kriterij za verifikaciju valjanosti testa je nastavni program, koji je u korelaciji sa sadržajem testa. Pouzdanost nije egzaktno provjerena, jer je riječ o vrlo kratkom testu koji je riješila većina ispitanika (težinski koeficijent >0.2 , diskriminacijski indeks >0.3).

Čestice testa sadržajno su predstavljale identične fizikalne probleme, ali izmijenjene forme, koje su realizirane demonstracijskim pokusom na

⁵ Primjer testa nalazi se u prilogu rada.

satu. Od ispitanika se zahtijevalo da zaokruže jedan od ponuđenih odgovora («odgovori»), a potom detaljno obrazlože njegovu fizikalnu ispravnost («obrazloženja»). Vrednovanje rezultata testa provedeno je odvojeno za odgovore i obrazloženja. Dobiveni rezultati mjereni su kao frekvencije, a svakom je odgovoru i obrazloženju pridodana numerirana dihotomna varijabla (0-netočno, 1-točno; odvojeno za odgovore i obrazloženja). Vrednovanje su provela dva neovisna procjenjivača čije je slaganje bilo potpuno ($W=1$). S obzirom na to da su rezultati testa prikazani kao frekvencijske jedinice, u istraživanju se statistika temeljila na proporcijama, a testiranje razlike između proporcija računato je za male nezavisne uzorke. Statistička i grafička obrada podataka načinjena je programom Origin 7.5.

REZULTATI I RASPRAVA

U tablici 1. prikazani su statistički rezultati testa za eksperimentalne (PG i PRG) i kontrolnu (NDG) grupu.

Tablica 1. Rezultati postignuti na testu iz fizike (odgovori i obrazloženja) za PG, PRG i kontrolnu (NDG) grupu

Grupa	Odgovori				Obrazloženja		
	N	p	t	P	p	t	P
NDG (k)	28	0.63 ± 0.09	-	-	0.25 ± 0.08	-	-
PG	27	0.65 ± 0.09	0.15	$> .01$	0.31 ± 0.09	0.55	$> .01$
PRG	27	$0.90 \pm 0.06^+$	2.25	$< .03^*$	0.52 ± 0.09	2.07	$< .05^*$

⁺standardna pogreška računata za normalnu raspodjelu proporcija; ^{*}statistički značajno (min. razina $P < .05$)

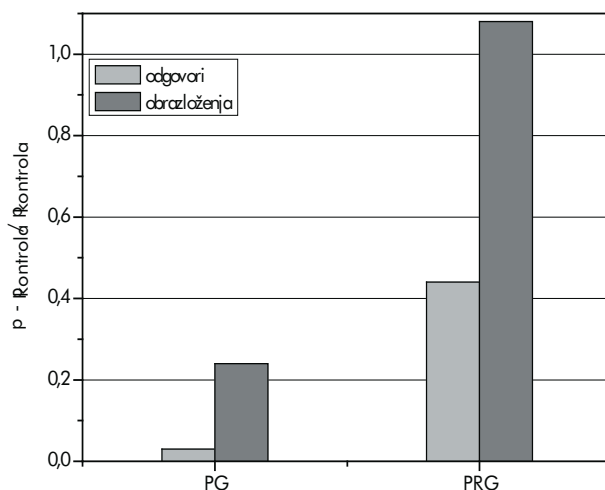
Za testiranje hipoteze H_1 i H_3 računata je proporcija pojave. Rezultati pokazuju identične proporcije za promatračku (PG) i kontrolnu (NDG) grupu. Izračunata standardna pogreška proporcije za PG grupu relativno je velika i ukazuje na veće raspršenje oko centralne srednje vrijednosti (PG raspon; 0.63 ± 0.27), što upućuje na značajnu nekonzistentnost rezultata postignutih iz odgovora na testu. Veliki raspon dobivenih rezultata je na razini koja se obično postiže na testovima znanja u tradicionalnoj nastavi.

Testiranje postavljene hipoteze H_1 nezavisnim dvosmjernim t-testom pokazalo je da ne postoji statistički značajna razlika ($t=0.15$, $P > .01$) između PG i NDG kontrolne grupe u rezultatima iz odgovora, čime je odbačena hipoteza H_1 . Time je potkrijepljena činjenica, na koji ukazuju i drugi autori (Crouch i sur., 2004), kako tradicionalni demonstracijski pokus kao nastavna metoda nema metodičku vrijednost ako se izvodi isključivo zbog zapažanja određene fizikalne pojave, izostavljajući ostale prirodnoznanstvene postupke. S druge strane, PRG grupa postiže izni-

mno visoke rezultate iz odgovora, zbog čega je računata proporcija pojave visoko izražena. Kako je proporcija pojave za PRG grupu velika, a broj ispitanika mali, radi ispravnog računanja standardne pogreške proporcije, 95-postotna granica pouzdanosti proporcije očitana je iz nomograma i iznosi ($0.75 \leq p \leq 0.95$). Iznimno visok rezultat koji postiže PRG grupa u frekvenciji točnih odgovora i statistički se značajno razlikuje ($t=2.25$, $P<.03$) u usporedbi s kontrolnom grupom. Time je potvrđena hipoteza H_3 o većoj frekvenciji točnih odgovora PRG grupe iz odgovora na testu višestrukog izbora. Iz toga slijedi nedvojben zaključak o metodičkoj nužnosti pretpostavke i hipoteze kao esencijalnih prirodnoznastvenih postupaka kojima se postiže značajno bolji učinak u pogledu pamćenja i reprodukcije fizikalnog sadržaja. Ovakav rezultat je još paradoksalniji ako se zna da tradicionalni demonstracijski pokus i tardicionalna nastava inzistiraju, dakako nenamjerno, upravo na misaonim procesima pamćenja i reprodukcije.

U drugom stupcu tablice 1. prikazani su rezultati koje učenici postižu iz obrazloženja na testu iz fizike. Rezultati proporcija za obrazloženja u svim grupama nižih su kvantitativnih vrijednosti u usporedbi s rezultatima za odgovore. To se može objasniti dvjema činjenicama. Prvo, za učenike koji prelaze iz faze konkretnih mislilaca i počinju stjecati sposobnosti formalnih mislilaca teško je apstrahirati značajno i prevesti u valjano fizikalno obrazloženje. Drugo, procjenjivači inzistiraju na potpuno točnim obrazloženjima te jedino takva obrazloženja uzimaju kao ispravna. Međutim, testiranjem razlika između aritmetičkih sredina pokazalo se postojanje statistički značajne razlike ($t=2.07$, $P<.05$) u broju točnih obrazloženja između PRG i NDG grupe. Time je potvrđena hipoteza H_4 . Dobivena je mala t -vrijednost na razini rizika od 5%, što je posljedica testiranja razlika na relativno malom broju ispitanika. Ipak, na tako malom uzorku ispitanika evidentna je dvostruko veća proporcija točnih obrazloženja u populaciji NDG, što je respektabilan rezultat. Pritom se širina distribucije rezultata za pojedine grupe neznatno mijenja ($s_p \approx 0.09$). Pozivajući se na rezultate sličnih istraživanja (Crouch i sur., 2004) s većim uzorkom testiranih ispitanika ($N>150$), mogu se uočiti slične tendencije. Tako Crouch i suradnici na populaciji studenata detektiraju proporciju pojave od $p=0.3$ za pretpostavljачku grupu, s statističkom značajnošću na razini $P<.04$, te $p=0.32$ za raspravljачku skupinu na razini $P<.02$ (kontrolna $p=0.22$). Iako skupine nisu u potpunosti identične, kao niti metodologija istraživanja, evidentna je korelacija izračunate razlike između aritmetičkih sredina i njihove statističke značajnosti koja nije visoka, ali je ipak značajna. Ova je usporedba još jednom potvrdila činjenicu o važnosti elemenata pretpostavke i rasprave kad se kao nastavna metoda participira demonstracijski pokus.

Kako bi se zornije ilustrirali rezultati ovog istraživanja, dobiveni rezultati analizirani su grafički. Slika 1. prikazuje grafički prikaz u formi stupčastog dijagrama, koji prikazuje normirane vrijednosti rezultata ispitanika postignutih na testu iz odgovora i njihovog obrazloženja. Iz grafa je jasno vidljivo koliko je promatračko-raspravljачka grupa superiornija u odnosu na promatračku grupu, posebno u aspektu obrazlaganja fizikalnih problema.



Slika 1. Vrijednosti postignutih rezultata iz testa odgovora i obrazloženja za PG i PRG grupu

Kako su eksperimentalne grupe participirale različite metodičke pristupe pri izvođenju demonstracijskog pokusa, za potrebe ovog istraživanja mjereno je «utrošeno» vrijeme za svaku od aktivnosti (pisanje pretpostavki, rasprava i sl.). Mjereno vrijeme dobiveno je kao vremenski zaostatak u nastavnom planu PG i PRG za kontrolnom grupom. Tako je približno, PG grupa zaostala 1, a PRG grupa za 3 školska sata. Izraženo u mjernim jednicama vremena, PG grupa za izvođenje demonstracijskog pokusa «utroši» $\bar{t} = 6$ min, a PRG grupa $\bar{t} = 18$ min. Izmjereno vrijeme nije tako dugo, ako se uzmu u obzir dvije činjenice. Prvo, aktivnost učenika, brzina pisanja pretpostavki i kvalitetna rasprava determinirani su učenikovom kognitivnom zrelošću (Šindler, 1990), što zahtijeva više vremena. Drugo su pozitivni rezultati koji se postižu metodom pretpostavke i rasprave što potkrepljuju i ostala istraživanja (Crouch, 2004; Hake, 1998).

ZAKLJUČAK

Iz provedenog istraživanja proizlaze dva osnovna zaključaka. Demonstracijski pokus u nastavi fizike kao nastavna metoda daje značajno bolje rezultate, u pogledu općeg i konceptualnog razumijevanja temeljnih fizikalnih pojmova i veličina, kad slijedi znanstvene postupke: postavljanje hipoteza, rasprava o hipotezi, pokus i zaključak. S druge strane, kad se demonstracijski pokus prezentira na tradicionalan način, u kojem je učenik pasivan motritelj i primatelj znanja, a pokus ima isključivo funkciju percepcije neke prirodne pojave, tada su rezultati općeg znanja i konceptualnog razumijevanja nisko izraženi. Zbog toga bi

demonstracijski pokus u nastavi fizike trebao imati svrhu: (a) potvrđivača ili osporavatelja učeničkih hipoteza, (b) prikupljanja relevantnih podataka (c) donošenja zaključaka, a ne svojevrсну zabavnu komponentu koja prekida potencijalno dosadne teme (Di Stefano, 1996). Ovo istraživanje pokazalo je veću učinkovitost suvremenog u odnosu na tradicionalni demonstracijski pokus, koji uz minimalan gubitak vremena daje respektabilne rezultate.

PRILOG

Čestice test korištene za potrebe istraživanja

1. Tanku metalnu pločicu udarite nekoliko puta čekićem. Kinetička energija čekića prelazi u:

- (a) toplinu
- (b) kemijsku energiju pločice
- (c) unutarnju energiju pločice
- (d) temperaturu

Objasni detaljnije odgovor?

2. Prstom čvrsto zatvorite otvor na gumenom nastavku pumpe za bicikl. Na prstu osjećate:

- (a) pritisak pumpe
- (b) pritisak čestica zraka
- (c) kinetičku energiju
- (d) ništa od navedenog

Kako to objašnjavate?

3. Živin termometar nekoliko puta protrljamo. Temperatura koju pokazuje termometar je:

- (a) veća nakon trljanja
- (b) jednaka kao i prije trljanja
- (c) manja nakon trljanja
- (d) ništa od navedenog nije točno

Kako to objašnjavate?

4. Na plamenu zagrijemo željeznu kuglicu. Kuglicu smo prije zagrijavanja mogli provući kroz metalni prsten. Nakon zagrijavanja kuglica:

- (a) može proći kroz metalni prsten
- (b) ne može proći kroz metalni prsten
- (c) ništa od navedenog nije točno

Objasni detaljnije odgovor detaljnije čestičnim modelom!

5. Kad zagrijavamo čvrsto tijelo (npr. željeznu kuglu), njegov obujam se povećava. To se događa jer:

- (a) se povećava broj čestica
- (b) čestice jače titraju pa se njihova međusobna udaljenost povećava
- (c) čestice povećavaju svoj obujam
- (d) između čestica ulazi zrak

Objasni detaljnije zašto odbacuješ ili prihvaćaš ponuđene odgovore?
