

Učionica kao kreativna radionica pri obradi teme Slobodni pad

Luca Spetić¹, Marko Movre², Planinka Pećina³

¹*OŠ grofa Janka Draškovića, Zagreb*

²*XV. gimnazija, Zagreb*

³*Fizički odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu*

Sažetak. Jedan od ciljeva nastave fizike je razviti kod učenika dublje razumijevanje osnovnih fizikalnih koncepata i znanstvenih procesa, te pozitivan stav prema znanosti. Edukacijska istraživanja pokazuju da vođeno istraživanje u nastavi ima pri tome važnu ulogu. Interaktivna istraživački usmjerena nastava fizike predstavlja tip nastave u kojem se učenje odvija kroz istraživanje fizikalnih pojava i problema u razredu, a učenici samostalno ili u grupi prolaze kroz osnovne korake istraživanja: uočavanje problema, postavljanje pitanja, formiranje pretpostavki, osmišljavanje načina kako provjeriti pretpostavku, provođenje tih pokusa i zaključivanje, te izvješavanje o rezultatu istraživanja. U izlaganju ćemo diskutirati kako osmisliti nastavni sat „Slobodni pad“ u kojem učenicima dajemo priliku proći kroz cijeli proces istraživanja. Posebno će se raspraviti kako postići intelektualnu angažiranost za vrijeme nastave kod svih učenika, uključujući i one koji se školuju po posebnim odgojno-obrazovnim potrebama. Naša iskustva iz nastave potvrđuju rezultate istraživanja koja pokazuju da interaktivna istraživačka nastava potiče razvoj brojnih učeničkih sposobnosti, poput sposobnosti kritičkog i logičkog razmišljanja, znanstvenog zaključivanja, eksperimentalnih vještina i verbalnog izražavanja.

Cljučne riječi: fizikalni koncepti, istraživački usmjerena nastava, slobodni pad.

UVOD

Edukacijska istraživanja u fizici usmjerena su ka razvijanju novih nastavnih strategija kojima bi se prevladali učenički problemi u nastavi fizike. Jedna od strategija je i istraživački orijentirana nastava koja učenicima omogućuje preoblikovanje postojećih i izgradnju novih koncepata i daje uvid u znanstveni način rada i razmišljanja.

ISTRAŽIVAČKI USMJERENA NASTAVA

Istraživački usmjerena nastava je proces u kojem učenici postavljaju pitanja, traže i pronalaze odgovore, konstruiraju konceptualno razumijevanje. Pojam istraživanje odnosi se na različite načine kojima znanstvenici proučavaju prirodu i svijet, predlažu ideje i objašnjavaju i opravdavaju tvrdnje bazirane na znanstvenom radu. U nastavi pojam istraživanje odnosi se i na načine kojima učenici mogu istraživati svijet, slijediti put znanosti i u tom procesu osjetiti i iskusiti znanost [1,2]. U literaturi se učenička istraživanja dijele na jednostavna i autentična. Jednostavno istraživanje uključuje opažanje neke pojave i opisivanje, te razmatranje ovisnosti o varijablama, dok se autentičnim istraživanjem smatra istraživanje koje slijedi cijeli put od uočavanja problema, stvaranja pretpostavki, mjerenja, kontrole varijabli, rasprave o svim aspektima i donošenja zaključka na temelju tog istraživanja. [1-4].

Tijekom istraživačke nastave učenici ne usvajaju samo propisane nastavne sadržaje već i izgrađuju vlastite koncepte, razvijaju interes i motivaciju za razumijevanje znanstvenih koncepata, usvajaju praktične vještine znanstvenog pristupa i razvijaju sposobnosti rješavanja

problema. Važno je napomenuti da izgradnja koncepata pospješuje znanstveni način razmišljanja te razumijevanje prirode znanosti i njenih pravila.

Slobodni pad

Tijekom dugogodišnjega rada s učenicima uočili smo da se učeničke poteškoće (miskonceptije) kada je u pitanju padanje tijela, i ovisnost brzine padanja tijela o masi tijela, mogu već u 7. razredu pokušati otkloniti kod teme „Međudjelovanje“. Tema „Slobodni pad“ u osnovnoškolskom kurikulumu zastupljena je samo pod temom u Nacionalnom planu i programu (NPP) za osnovnu školu [5]:

„18. **Jednoliko ubrzano gibanje.**

Ključni pojmovi: jednoliko ubrzano gibanje, **slobodni pad.**

Obrazovna postignuća: opisati jednoliko ubrzano gibanje kao gibanje sa stalnom akceleracijom; **objasniti slobodni pad kao primjer jednoliko ubrzanoga gibanja;** nacrtati grafički prikaz ovisnosti brzine o vremenu.“

U gimnazijskom planu i programu [6] nalaze se dvije inačice, odnosno dva različita pristupa temi „Slobodni pad“ (slika 1).

a) Inačica A

1.5. **Slobodni pad.** Djelovanje sile trenja na gibanje pod utjecajem sile teže.

b) Inačica B

1.6. SLOBODNI PAD

Povijesne predrasude u svezi sa slobodnim padom. Razlika u viđenju situacije između Galileia i prethodnika aristotelovske škole. Galilejevo rješavanje problema. Rješavanje problema u razredu: a) pokušom, b) Galilejevim misaonim pokusom, c) primjenom 2. Newtonova zakona. Sila teža. Težina tijela.

Napomene

Iako se danas slobodni pad može riješiti po kratkom postupku, jednostavnom primjenom 2. Newtonova zakona, taj problem ipak zaslužuje temeljitiji povijesni pristup, i to iz dva razloga: a) taj je problem kroz povijest uzburkao mnoge duhove i b) većina učenika nosi u sebi intuitivnu ideju o slobodnom padu, koja je bliža aristotelovskom, nego njutnovskom viđenju situacije.

SLIKA 1. Iz NPP-a za gimnazije Fizika [6]: a) Inačica A, b) Inačica B.

Iako sasvim različiti, oba se pristupa oslanjaju na gradivo osnovne škole i zato je važno dobro raspraviti i istražiti slobodni pad već u osnovnoj školi.

Pri obradi nastavne teme u 7. razredu „Međudjelovanje“, kod uvođenja sile teže, dobro je s učenicima diskutirati o padanju tijela jednakih oblika, a različitih masa te o padanju tijela jednakih masa, a različitih oblika.

Najprije pitamo učenike za njihova predviđanja, postavljanjem pitanja: Što mislite hoće li vrijeme padanja lista papira i kamenčića biti jednako? Hoće li u istom trenutku dotaknuti pod, ravni list papira, kamenčić i list papira koji zgužvamo, ako ih pustimo s iste visine i u istom trenutku? (Slika 2). Nakon saslušanih učeničkih ideja, učenicima demonstriramo pokus te vođenom raspravom, postavljajući učenicima pitanja, vodimo učenike do ispravnog zaključka.



SLIKA 2. Pokusi sa slobodnim padom. Preuzeto iz [7].

Pitanja koja je preporučljivo postavljati učenicima su:

1. Zašto kamenčić i papir padaju?
2. Koja su tijela u međudjelovanju pri padu papira i kamenčića?
3. Što sve utječe na gibanje kamenčića, lista zgužvanog papira i lista ravnog papira?
4. Možete li zamisliti što bi se dogodilo da nešto od toga prestane djelovati?
5. Bismo li mogli zanemariti utjecaj zraka na padanje tijela? Pod kojim uvjetima?
6. Kakav je utjecaj zraka na padanje kamenčića i na zgužvani papir, a kakav na list papira? Zašto?

Ovim pitanjima učenike suočavamo s njihovim idejama o padanju tijela pa u 8. razredu učenici u vrlo malom broju navode kako će „teža“ tijela pasti prije i dotaknuti tlo.

Stoga je izuzetno važno dobro planirati i pripremiti nastavnu temu te osmisliti nastavni sat (tablica 1).

TABLICA 1. Dio operativnog kurikularnog plana prema [8].

Nastavna cjelina	Vrijeme izvedbe	Tema (nastavni sadržaj)	Očekivana postignuća	Brosati	Vrednovanje ishoda učenja				
					Kognitivne razine				Postupci
					Z	R	P	K	
Gibanje i sila	vrijeme	Slobodni pad	1. Opisati utjecaj otpora zraka na padanje tijela	1	x				Aktivnost i samostalnost u izvođenju pokusa, preciznost pri mjerenju, bilježenju podataka i crtanju grafa, sudjelovanje u raspravi, samostalnost u rješavanju zadataka
			2. Iz snimljene vrpce opisati gibanje utega koji slobodno pada			x			
			3. Analizom vrpce zaključiti da je gibanje utega jednoliko ubrzano				x		
			4. Povezati 2. N. zakon s djelovanjem sile teže na tijela koja slobodno padaju				x		
			5. Primijeniti stečena znanja u rješavanju konceptualnih zadataka					x	

U istraživački usmjerenoj nastavi fizike nastavni sat obično strukturiramo tako da je uvodni dio otvaranje problema, središnji dio je istraživanje, a završni dio služi primjeni novog znanja.

Struktura sata

U uvodnom dijelu, otvaranje problema i demonstriranje nove pojave učenicima daje orijentaciju što se od njih očekuje. Učenicima postavljamo uvodna pitanja:

Što će se dogoditi kada tijelo (dugme) koje držim na određenoj visini ispustim?

Zašto tijelo pada? Kakva je brzina tijelu koje pada? Koje gibanje tijelo izvodi? Kako možemo nazvati to gibanje?

Nakon saslušanih učeničkih ideja učenicima demonstriramo pokus s drvenom pločicom i krugom papira istog promjera, postavljajući nova pitanja:

Što mislite koje od ovih tijela će prije dotaknuti tlo?

Zašto drvena pločica pada na tlo prije papirnog kruga?

Što mislite kako će padati drvena pločica i papir ako krug od papira položim na pločicu?

Hoće li papir zaostati za pločicom?

Zatim učenicima demonstriramo pokus te raspravu vodimo pitanjima:

- Zašto je papir pao na pod istodobno kad i drvena pločica?
- Koja tijela su u međudjelovanju dok pada drvena pločica i papir na njoj?
- Koje sile djeluju na pločicu koja slobodno pada?
- Ima li tu nekakvu ulogu otpor zraka?
- Što bi se dogodilo kada bi papir i pločica padali u vakuumu?

Demonstracijom pokusa pomoću Newtonove cijevi, dokazujemo učenicima i uvjeravamo ih, da sva tijela u prostoru bez zraka padaju isto vrijeme bez obzira na njihovu težinu ili oblik. Time opisujemo slobodni pad kao gibanje isključivo pod djelovanjem sile teže. Ako nemamo Newtonovu cijev, a želimo eliminirati utjecaj otpora zraka, pokus možemo izvesti s dvije kutijice jednakog obujma (npr. kutijice od „kinder“ jaja ili stare kutijice za film, kutijice od lijekova itd.). Jednu kutijicu napunimo plastelinom tako da su mase kutijica osjetno različite i obje pustimo padati s iste visine. (Ako je naša kutijica kvadar tada možemo pokazati da vrijeme padanja ovisi o sili otpora zraka.)

U središnjem dijelu sata učenicima postavimo glavno istraživačko pitanje: **Kako se giba tijelo koje slobodno pada?**, te ih upućujemo da samostalno osmisle pokus.

Učenici izvode pokus puštanjem utega mase 1 kilogram i snimanjem vrpce elektromagnetskim tipkalom.

Nakon toga učenici u paru analiziraju gibanje snimljeno na traci te računaju akceleraciju. Važno je učenike podsjetiti na povezanost ubrzanja slobodnog pada s količnikom težine i mase koji su učili u 7. razredu.

U završnom dijelu sata vraćamo učenike na uvodni pokus pitanjem: Što mislite kako će padati dugme s malim padobranom u odnosu na dugme iz uvodnog pokusa? Učenici sada uglavnom dobro rješavaju i opisuju zadatak, te u raspravi daju i druge primjere iz svakodnevnog života. Tim pitanjem provjeravamo ostvarenost obrazovnog ishoda (1).

Sljedećim zadatkom koji se radi u timu, provjeravamo ostvarenost svih ishoda. Učenici sami planiraju kako riješiti zadatak te uporabom fizikalnih načela i primjenom zakonitosti samostalno dolaze do rješenja. Zatim izvještavaju o svom radu uz naglasak na probleme na koje nailaze pri rješavanju.

Zadatak 1. Padobranac koji zajedno s opremom ima masu 90 kg, iskoči iz aviona s visine 2000 metara.

- a) Kako se giba padobranac koji iskoči iz aviona s visine 2000 m dok njegov padobran nije otvoren?
- b) Koje sile djeluju na padobranca dok padobran nije otvoren? Opiši i skiciraj.
- c) Koliko iznosi sila otpora zraka tijekom jednolikog gibanja padobranca s otvorenim padobranom? Skiciraj i opiši.

PRISTUP UČENICIMA S POSEBNIM POTREBAMA

Važno je napomenuti da svakodnevno u svom radu imamo sve više učenika s posebnim potrebama, kako darovitih tako i učenika s teškoćama. Tako naša priprema za nastavni sat mora biti pripremljena na tri, a ponekad i na više „kolosijeka“. Za učenike s teškoćama uglavnom radimo nastavne listiće koji ih vode pitanjima u istraživanju onoga što oni mogu. Darovitim učenicima dajemo izraditi složenije projekte, koji sadržavaju:

- Uvod, u kojemu je iznesen prikaz teme i cilj projekta
- Postavljanje hipoteze
- Eksperimentalna procedura, opis izvođenja pokusa uz bilježenje podataka
- Analiza i obrada podataka, crtanje grafova
- Zaključak, uz osvrt na hipotezu. Je li ona točna ili nije? Ako je, potvrda iste, a ako nije, odbacivanje i donošenje ispravnog zaključka.

Primjer učeničkog projekta (za darovite učenike i sve one koji žele istražiti)

Izradite tri padobrana, različitih površina te istražite kako vrijeme padanja ovisi o putu (visini) s koje padobran ispuštate i usporedite s vremenom padanja tijela bez padobrana. Grafički prikažite ovisnost puta o vremenu za tijela koja ispuštate s padobranom i bez padobrana.

Primjer listića u redovnoj nastavi za učenike s teškoćama¹

Uvodni dio:

Što će se dogoditi s gumbićem kojeg pustiš iz ruke s neke visine?

Zašto gumbić pada?

Koja tijela su u međudjelovanju?

Koje sile djeluju na gumbić dok on pada?

Strelicom (vektorom) prikaži djelovanje tih sila.

Glavni dio: (Učenik/ca radi u paru i pokušava analizirati trakicu, a ukoliko ne uspijeva sam/a, učitelj mu/joj pomaže.)

- Pogledaj trakicu s intervalima gibanja koji su označeni točkama. Razmaci između susjednih točaka odgovaraju jednakim vremenskim intervalima.
- Što nam zapisi na traci kazuju o gibanju utega? Kakvi su razmaci između susjednih točkica?
- Mijenja li se put s povećavanjem vremena? Kako? (Jesu li razmaci između točkica veći, manji ili jednaki)?
- Izmjeri put za svaki interval i rezultate unesi u tablicu 2. Izračunaj brzinu u naznačenim intervalima.

TABLICA 2. Primjer tablice iz učeničkog radnog listića

Interval gibanja	Vrijeme <i>t/s</i>	Put <i>s/cm</i>	Brzina <i>v/(cm/s)</i>
I.	0,02	0,6	$0,6 : 0,02 = 30$
II.	0,02		
III.	0,02		
IV.	0,02		
V.	0,02		

¹ Listić je namijenjen učenicima s poremećajima u ponašanju (koji su uvjetovani organskim faktorima kao što su impulzivnost, hiperaktivnost, hipoaktivnost, anksioznost, povučenost te psihosomatske smetnje). Učenici s disgrafijom, disleksijom, diskalkulijom, te učenici koji imaju istovremeno više različitih teškoća, dobivaju radni listić koji je u pojedinim dijelovima potpuno individualno prilagođen.

5. Što nam brzine kazuju o gibanju utega? (Kakve su brzine u pojedinom intervalu?)
6. Izračunaj promjenu brzine između I. i II. intervala, zatim između II. i III., te između III. i IV. intervala.
 promjena brzine između I. i II. $\Delta v = v_2 - v_1$
 promjena brzine između II. i III. $\Delta v = v_3 - v_2$
 promjena brzine između III. i IV. $\Delta v = v_4 - v_3$
7. Izračunaj akceleraciju između I. i II. intervala zatim između II. i III., a zatim između III. i IV. intervala.
 akceleracija između I. i II. Intervala $a = (v_2 - v_1) : 0,02s$
 akceleracija između II. i III. intervala $a = (v_3 - v_2) : 0,02s$
 akceleracija između III. i IV. Intervala $a = (v_4 - v_3) : 0,02s$
8. Kakva je akceleracija? Kolika je akceleracija izražena u m/s^2 ?
9. Kakvo je onda gibanje slobodni pad?
10. Što je uzrokovalo ovo jednoliko ubrzano gibanje?

Primjer listića za izradu projekta za učenike s teškoćama

Projekt: Slobodni pad

Prouči u udžbeniku, potraži na internetu ili nekoj drugoj literaturi što je sila teža, što uzrokuje padanje tijela. Odgovore zapiši na listić pod naslovom Uvod.

Uvod:

Kroz naredni zadatak ispitaj ovisi li vrijeme slobodnog padanja tijela o masi tijela.

Zadatak:

Ako s iste visine ispustiš kuglicu (pikulu) i komad zgužvanog papira, **što** misliš, što će prije pasti na pod? Opiši zašto tako misliš.

Pretpostavka: _____

Eksperimentalni postupak: _____

Pokus 1.

1. Ispusti s visine 2 metra lopticu napravljenu od glinamola i mjeri vrijeme padanja loptice do trenutka njenog udaranja o pod. Pokus ponovi nekoliko puta i rezultate svoga mjerenja unesi u priloženu tablicu.
2. Zatim uzmi komad papira, zgužvaj ga i napravi lopticu iste veličine. Papirnatu lopticu ispusti s iste visine i mjeri vrijeme njenog padanja. Svoja mjerenja upiši u tablicu 3.

TABLICA 3. Primjer tablice iz učeničkog radnog listića

mjerjenje	Vrijeme padanja t/s					Srednja vrijednost t_s/s
	1	2	3	4	5	
Loptica od glinamola						
Loptica od papira						
a) Što se događa s lopticama kada loptice ispustiš?						
b) Zbog čega loptice padaju na pod kada ih ispustimo?						
c) Što uočavaš? Kakvo je vrijeme padanja loptica?						

- d) Kakve su mase loptica (od papira i glinamola)?
- e) Koja tijela su u međudjelovanju dok loptice padaju?
- f) Koje sile djeluju na loptice dok one padaju na pod?
- g) Što možeš zaključiti na temelju izvedenog pokusa: padaju li teža tijela prije na Zemlju?

Pokus 2.

Sada isti postupak ponovi za predmete iste težine, ali različitog oblika. To možeš izvesti tako uzmeš dva jednaka lista papira, puštaš ih s iste visine, te usporediš vrijeme padanja ravnog papira i zgužvanog papira.

- a) Što pretpostavljaš, koje tijelo će prije pasti na pod? Opiši zašto tako misliš? Privlači li Zemlja lopticu od papira i ravni papir jednakom silom?
- b) Skiciraj lopticu od papira i ravni papir u padu te prikaži strelicama sile koje djeluju na njih.
- c) Obrazloži što si uočila/o? Zašto ravni papir pada sporije iako ima istu masu? Pokušaj objasniti.

Učenici koji rade projekt vođen radnim listićem, ovisno o vlastitim mogućnostima, prolaze kroz etape istraživanja i grade svoje koncepte.

ZAKLJUČAK

Istraživanjem slobodnog pada na satu fizike učitelj dobiva informaciju o učeničkim intuitivnim idejama, i kroz raspravu i pokuse zajedno s učenicima provodi konceptualnu rekonstrukciju i izgradnju [3]. Postavljanje istraživačkog pitanja i provođenje istraživanja o tom pitanju je vještina koja se uči [5]. Postavljanje istraživačkog pitanja i zatim redefiniranje, pojašnjavanje i preciziranje tog pitanja, planiranje i provođenje istraživanja, te analiziranje i komuniciranje rezultata važni su u svakom znanstvenom istraživanju. Stoga na taj način radimo pri obradi teme „Slobodni pad“, ali i na nastavi općenito bez obzira je li riječ o osnovnoj ili srednjoj školi. Projekti koje učenici rade kod kuće imaju istu strukturu.

Istraživačka nastava omogućuje da otkrivanje i spoznavanje novoga postane izvorom zadovoljstva i entuzijazma. Razumijevanje nastaje kroz vlastito uočavanje pojava i razmišljanje o problemu, a učionica postane kreativna radionica gdje svaki učenik može raditi fiziku ovisno o svojim sposobnostima.

LITERATURA

1. A. Hofstein ,V. N. Lunetta; The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century, Science education 88.1 (2004): 28-54.
2. J. R. Saveryhe, Overview of Problem-based Learning: Definitions and Distinctions Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning • volume 1, no. 1 (Spring 2006)
3. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/ccaf/5b96e849f85544876cfda698c3dad845dd57.pdf> (15.1.2017)
4. D.C.Edelson N.Gordin,RoyD.Pea; Addressing the Challenges of Inquiry-Based Learning Through Technology and Curriculum Design THE JOURNAL OF THE LEARNING SCIENCES, 8(3&4), 391450
5. Planinić, M. Conceptual change requires insight and intervention in students' reasoning, *Physics Education*, 42(2), 222 – 223, (2007).
6. URL: <http://public.mzos.hr/fgs.axd?id=20542> (20.2.2017.)
7. URL: <https://www.ncvvo.hr/nastavni-planovi-i-programi-za-gimnazije-i-strukovne-skole/> (1.2.2017)
8. Fizika 8.udžbenik za OŠ , Beštak – Kadić , Brković , Pećina , izdanje Alfa – Element Zagreb, 2013.
9. Ž.Jakopović, Kurikulum i nastava fizike, Školska knjiga, Zagreb, 2015