

Poskus pri Kresnički: natega

dr. Barbara Rovšek

Pedagoška fakulteta Univerze v Ljubljani



Povzetek

V šolskem letu 2015/2016 so učenci 6. in 7. razreda pred tekmovanjem iz naravoslovja Kresnička opravljali tudi poskus z natego. Tekmovalne naloge, ki so se nanašale na ta poskus, so bile na tekmovanju rešene najslabše in zato sklepamo, da so bile najtežje. V prispevku bomo opisali poskus in eno tekmovalno nalogo. Opozorili bomo na tiste zakonitosti pretakanja z natego v predlaganem poskusu, ki bi jih učenci morali upoštevati, da bi naloge na tekmovanju rešili pravilno.

Isto nalogo smo preizkusili tudi na majhnem številu študentov 4. letnika pedagoške fizike. Nalogo so kot pretest reševali slabo. Ponovno so jo reševali takoj potem, ko so lahko opazovali poskus z natego. Svoje napačne odgovore iz pretesta so večinoma spremenili v pravilne.

Abstract

In the 2015/2016 school year, 6th and 7th grade students conducted a siphon experiment before attending the Kresnička science competition. The competitive tasks relating to this experiment had the worst success rate in the competition, which is why it is assumed that they were the most difficult ones. The paper will describe the experiment and one competitive task. It will point out the laws of siphon flow in the proposed experiment which the students should have taken into account in order to correctly solve the tasks in the competition.

The same task was tried out by a small number of 4th year students of physics education. The task was used as a pretest and they solved it poorly. They solved it again after observing a siphon experiment. They mostly changed the wrong answers on their pretest to the correct ones.

Uvod

V šolskem letu 2015/2016 je DMFA Slovenije organiziralo 2. tekmovanje iz znanja naravoslovja Kresnička za učence od 1. do 7. razreda osnovne šole. V prvi sezoni se je tekmovanja udeležilo več kot 9000 učencev, v drugi pa že nekaj čez 15.000 z 260 slovenskih osnovnih šol [1]. Tekmovanje poteka le na šolski ravni in je namenjeno zlasti popularizaciji naravoslovja – še posebej eksperimentiranja. V celoti temelji na nekaj naravoslovnih poskusih, ki jih predlagamo na začetku šolskega leta in ki jih učenci izvedejo do tekmovanja, ki je malo pred zimskimi počitnicami (sočasno s šolskim tekmovanjem iz fizike). Teme poskusov vsebinsko niso nujno neposredno vezane na vsebine učnih načrtov, se pa ob izvajanju teh poskusov lahko dosega mnogi procesni cilji iz učnih načrtov za naravoslovne predmete. Na tekmovanju večina nalog predstavlja zmeren izziv za učence, nekaj pa jih je tudi zelo težkih in lahko pričakujemo, da jih bo pravilno rešil le manjši delež učencev. To so tisti, ki so poskus izvedli, opazili pomembne lastnosti pojavov v poskusu in opažene zakonitosti pravilno upoštevali pri

reševanju nalog. Celotna navodila za vse naravoslovne poskuse za tekmovanje Kresnička iz preteklih in tekočega leta so na voljo na spletnih straneh [2], tam lahko najdete tudi tekmovalne naloge.

Poskus z natega

Eden od poskusov, ki so jih pri Kresnički v preteklem šolskem letu opravljali šesto- in sedmošolci, je bil poskus z natega. Navodila za eksperimentiranje so se pričela z napotki, kako cevko v celoti napolnimo z vodo, da v njej ni zračnih mehurčkov, ki bi onemogočali pretok vode skozi cevko. Merjenje, ki je bilo pomembno za to, da bi učenci na tekmovanju lahko pravilno rešili tekmovalne naloge, je opisano in prikazano s fotografijama in besedilnima opisoma korakov. Slika 1 prikazuje osnovno opazovanje, slika 2 pa različico opazovanja, kjer sta obe krajišči cevke potopljeni pod gladino vode v posodi in kozarcu.

Cilji eksperimentiranja so bili doseženi, če so učenci ugotovili, da:

- U1. za pretakanje vode po cevki med posodo in kozarcem v cevki ne sme biti vodnih mehurčkov,
- U2. lahko voda po cevki teče »čez hrib« (teče najprej navzgor in šele potem navzdol),



- U3. mora biti prvo krajišče cevke, v katerega voda vteka, pod gladino vode v tej posodi,
- U4. mora biti tudi drugo krajišče cevke, iz katere voda izteka, pod gladino vode v posodi, iz katere voda odteka,
- U5. se voda lahko pretaka med posodama le, če je gladina vode v posodi, iz katere voda izteka, na večji nadmorski višini kot gladina vode v posodi, v katero voda priteka,
- U6. vse zgornje ugotovitve veljajo ne glede na to, ali je drugo krajišče cevke nad ali pod gladino vode v kozarcu,
- U7. je hitrost, s katero se voda po cevki pretaka in iz cevke izteka, odvisna od razlike v nadmorski višini:
 - a) če je drugo krajišče cevke, iz katerega voda izteka, nad gladino vode v kozarcu, je pomembna razlika v nadmorski višini gladine vode v posodi in drugega krajišča cevke (ki je prikazana na sliki 3a),
 - b) če je drugo krajišče cevke, iz katerega voda izteka, pod gladino vode v kozarcu, je pomembna razlika v nadmorski višini gladine vode v posodi in gladine v kozarcu (prikazana na sliki 3b).

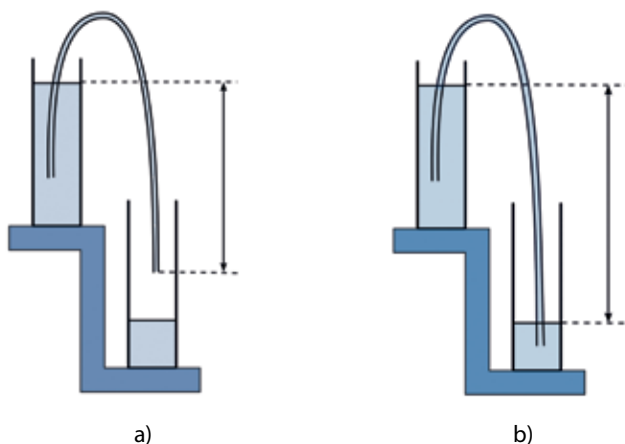
Na majhnem ozkem kozarcu z alkoholnim flomastrom označi višino, do katere ga boš po cevki polnil z vodo iz posode. Meri čas, v katerem se kozarec napolni do oznake, v odvisnosti od višine, na kateri je krajišče cevke, kjer voda izteka. Razmisli, glede na kaj boš meril višino krajišča cevke.

Slika 1: S fotografijo in besedami opisano najpomembnejše opazovanje pri poskusu z natega.



Krajišče cevke, iz katerega voda izteka, namesti v kozarec tako, da bo voda iztekala pri dnu kozarca, kot kaže slika. Opazuj, kako zdaj poteka pretakanje. Je kaj drugače kot prej? Meriš lahko tudi čas, v katerem se kozarec napolni do oznake – kot pri prejšnjem poskusu.

Slika 2: Na fotografiji je prikazana različica poskusa, kjer sta obe krajišči cevke potopljeni pod gladino vode v posodi in kozarcu.



Slika 3: Razlika v nadmorski višini, ki vpliva na tok, če je krajišče cevke, kjer voda izteka, a) nad gladino vode v kozarcu in b) pod njo.

Od naštetih ugotovitev je nekaj preprostih (posamezne, npr. U3, so tudi očitne). Res pomembne in ključne za uspeh pri reševanju naloge, kot bomo videli v nadaljevanju, pa so ugotovitve U4, U5 in U6. Te ugotovitve povzemajo pogoje, ki morajo biti izpolnjeni, da se voda lahko pretaka po cevki med posodama.

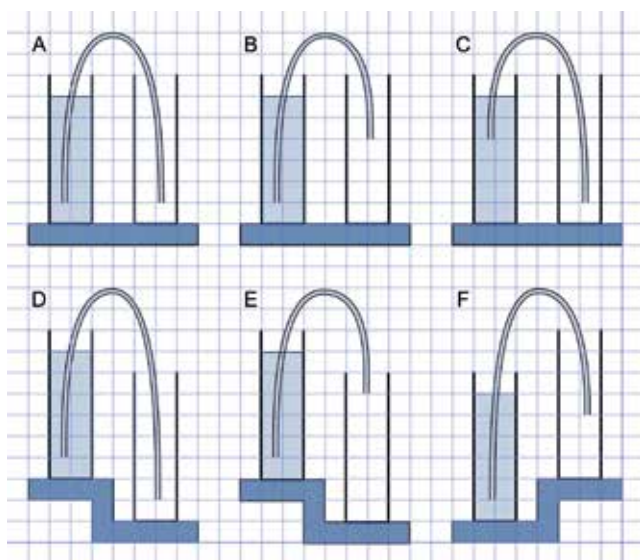
Spotoma so učenci lahko ugotovili tudi, katere okoliščine (parametri) na pretakanje vode ne vplivajo. Za zmožnost pretakanja ni pomembno, kolikšna je prostornina vode v posodah, na katerih nadmorskih višinah sta dni posod, kolikšni sta prostornini posod, kolikšna je dolžina cevke (dokler ni upor zaradi pretakanja po cevki prevelik) in kako visoko nad gladino in posodo se pne cevka (v zmernih mejah ...). Voda se lahko pretaka, če so le izpolnjeni vsi pogoji, zapisani pri ugotovitvah U1 in od U3 do U6.

Naloga

Vse tekmovalne naloge lahko najdete na spletni strani [2]. V tem prispevku se bomo posvetili eni nalogi (od štirih, ki so se navezovala na poskus z natega). Nalogo, ki

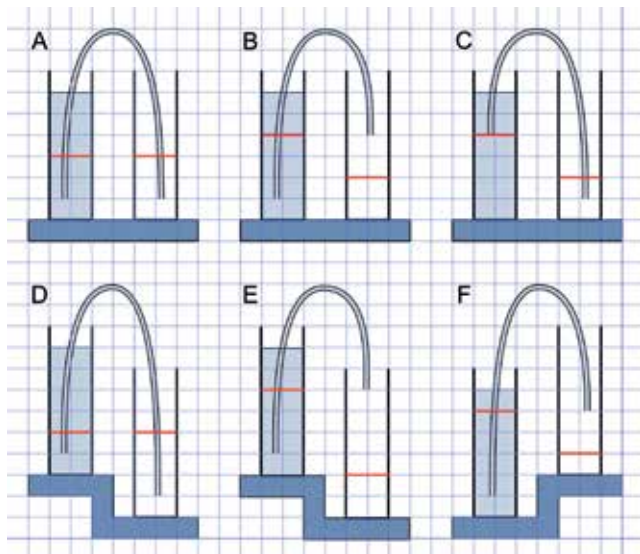
ima šest podvprašanj odprtega tipa, kaže slika 4, rešitve naloge pa slika 5. Za uspešno reševanje naloge so morali učenci upoštevati pogoje za pretakanje po cevki, zapisane pri ugotovitvah od U3 do U5, in dopustno okoliščino, opisano pri ugotovitvi U6. Pretakanje se pri posamezni postavitvi posod ustavi, ko katerikoli pogoj za pretakanje, zapisan pri ugotovitvah od U3 do U5, ni več izpolnjen.

Podvprašanje A je najlažje; gladina vode je na koncu v obeh posodah, ki sta postavljeni popolnoma simetrično, na isti višini. Pretakanje se tedaj ustavi, ker pogoj za pretakanje, zapisan pri ugotovitvi U5, ni več izpolnjen. Isti pogoj določa tudi končno stanje pri postavitvi D, kjer posodi nista postavljeni simetrično. V primeru C ni izpolnjen (najočitnejši) pogoj U3; pretakanje ni mogoče, če prvo krajišče cevke, v katerega voda vteka, ni potopljeno pod gladino vode v posodi. Ko se gladina vode v posodi, iz katere voda izteka, spusti do višine, na kateri je prvo krajišče cevke, je pretakanja konec. Končne višine gladin v preostalih treh postavitvah (B, E in F) pa so vse povezane s pogojem, zapisanim pri netrivialni ugotovitvi U4, da mora biti tudi drugo krajišče cevke, iz katerega voda izteka, pod gladino vode v prvi posodi. Morda se posameznik zaveda, da obstaja pravilo U4, a ne prepozna, da ima to pravilo pomen pri določanju končnih leg gladin v prikazanih primerih, ker spregleda ali ne upošteva, da se gladina vode v posodi, iz katere voda izteka, niža.



Vodo pretakamo z natega med dvema enakima valjastima kozarcema. Na začetku je v prvem kozarcu voda, drugi kozarec je prazen. Za vsako postavitev kozarcev nariši na obeh kozarcih vodoravno črto, ki označuje višino gladine vode v kozarcu, ko se pretakanje ustavi. Med pretakanjem ne spreminjamo postavitev.

Slika 4: Ena od štirih nalog, ki so se navezovala na poskus z natego.



Slika 5: Rešitve naloge: z rdečimi črtami so označene višine gladin vode v posodah, ko se pretakanje med posodama ustavi.

Rezultati

Tekmovanja se je udeležilo 1426 učencev 6. in 1352 učencev 7. razreda. V tabeli 1 so zapisani deleži učencev, ki so na posamezno podvprašanje odgovorili pravilno. Največ učencev je pravilno napovedalo končne višine gladin v najlažjih primerih A in C in najmanj (v 6. razredu le eden od približno desetih učencev, v 7. razredu pa eden od približno sedmih učencev) v primerih B, E in F, kjer končno stanje po pretakanju določa pogoj U4. V tabeli 2 pa so zapisani deleži učencev z različnimi skupnimi točkami, doseženimi pri opisani nalogi. Pravilno prikazano končno stanje je za vsako postavitev posod prineslo po eno točko. Skupaj jih je bilo pri tej nalogi možnih največ šest za vse pravilno označene gladine. Nekoliko bolje so nalogo opravili sedmošolci. Eden od 40 sedmošolcev je pravilno rešil celotno nalogo, še eden od 40 pa se je zmotil le pri eni postavitvi posod. Dopuščamo, da je nizek delež pravilnih rešitev delno posledica pozabljanja. Če je med eksperimentiranjem z natega in tekmovanjem preteklo preveč časa, so zbledeli tudi spomini na opažanja ...

Nekaj dodatnih informacij o težavnosti opisane naloge nam da graf na sliki 6. Tekmovalce smo razvrstili v devet enakomerno širokih kategorij po skupnih doseženih točkah (za vse naloge na tekmovanju), kot je zapisano v tabeli 3. Vseh možnih točk je bilo 47. Graf na sliki 6 kaže, kolikšni so bili deleži pravilnih odgovorov pri različnih postavitvah posod v različnih kategorijah po skupnih točkah [3]. Pri podvprašanjih B, E in F opazimo veliko povečanje deležev pravilnih odgovorov med kategorijama 7 in 8, kar pomeni, da so ta tri podvprašanja dobro ločevala najuspešnejše tekmovalce prav na vrhu. Podvprašanje D najizraziteje ločuje med kategorijama 6 in 7 in bi ga lahko označili kot srednje težko. Najlažji (a očitno ne lahki) sta bili podvprašanji A in C, ki so ju v več kot 50 % deležu pravilno rešili tekmovalci v kategorijah od vključno 6 navzgor.

Tabela 1: Deleži pravilnih odgovorov pri različnih postavitvah posod.

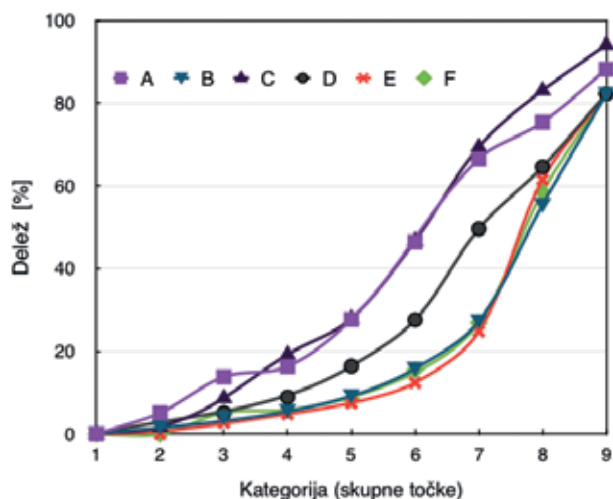
Postavitev	6. razred	7. razred
A	31,7 %	33,3 %
B	11,2 %	13,5 %
C	28,9 %	37,7 %
D	19,2 %	21,6 %
E	8,6 %	12,7 %
F	10,4 %	14,1 %

Tabela 2: Uspeh pri reševanju naloge.

Skupne točke	6. razred	7. razred
0	50,5 %	44,4 %
1	18,0 %	17,6 %
2	13,9 %	15,1 %
3	10,5 %	13,8 %
4	4,5 %	4,4 %
5	1,2 %	2,3 %
6	1,5 %	2,4 %

Tabela 3: Število učencev (N) v posameznih kategorijah skupnih točk.

Skupne točke	Kategorija	N
0–5	1	5
6–10	2	46
11–15	3	240
16–20	4	608
21–25	5	856
26–30	6	628
31–35	7	241
36–40	8	65
41–47	9	17
0–47	vse	2778



Slika 6: Deleži učencev iz različnih kategorij po skupnih točkah, ki so pravilno rešili primere pri posameznih podvprašanjih.

Pred-test in po-test

Zanimalo nas je, kako bi opisano nalogo rešili študentje pedagoške fizike, ki so v teoretičnem znanju daleč pred šesto- in sedmošolci, ki pouka fizike do tekmovanja sploh še niso izkusili. Vzorec študentov je bil (skoraj zanemarljivo) majhen; vsega skupaj je pri dejavnosti sodelovalo le 19 študentov 4. letnika na dvopredmetnih vezavah s fiziko na Pedagoški fakulteti v Ljubljani, zato dokončnih sklepov ne bomo postavljali. Tega odstavka ne bi niti pisali, če rezultati ne bi bili zelo zanimivi.

Študenti so nalogo reševali v dveh skupinah. Študenti v prvi skupini (12 študentov) so samo reševali nalogo, poskusa pred reševanjem niso opazovali. Študenti v drugi skupini (sedem študentov) so najprej reševali nalogo, potem so opazovali poskus in po njem so lahko svoje začetne odgovore spremenili.

V tabeli 4 je zapisano, koliko študentov (od vseh) je posamezno podvprašanje rešilo pravilno pred opazovanjem poskusa. Ne glede na to, da so se vsi v preteklosti (v srednji

šoli in med študijem) učili tudi osnov hidrodinamike (in opravili izpite), so tri težke primere (B, E in F) reševali zelo slabo. Domnevamo, da bi se delež pravilnih odgovorov nekoliko povečal, če bi študentje imeli čas za 'teoretično' reševanje naloge, pri čemer bi se problema lotili z Bernoullijevo enačbo in s premislekom o robnih pogojih.

V tabeli 5 je zapisano, kako so naloge reševali v manjši skupini pred opazovanjem poskusa in po njem. Poskus je bil demonstracijski in ni bil pospremljen s komentarjem. Voda je po cevki iztekala iz velike posode v manjšo (kot je prikazano na sliki 1). Približno eno minuto so lahko opazovali, kako na tok vode iz cevke vpliva lega (nadmorska višina) krajišča cevke, iz katerega voda izteka. Zanesljivo so vsi opazili, da mora biti izpolnjen pogoj U4, da lahko voda izteka iz posode po cevki. Rezultati testa po poskusu so bili bistveno boljši, večina študentov je svoje napačne ali manjkajoče odgovore nadomestila s pravilnimi. To pomeni, da so med zbranim opazovanjem preprostega in kratkega poskusa prepoznali pravilo pri opazovanem pojavu, ga razumeli in pravilno uporabili v novi situaciji, pri čemer niso zanemarili niti sočasnega spuščanja gladine vode v prvi posodi.

Tabela 4: Število študentov, ki so pravilno rešili posamezno podvprašanje, ne da bi pred reševanjem opazovali poskus.

Postavitev	N = 19
A	17
B	3
C	13
D	16
E	0
F	1

Domnevamo, da bi se delež pravilnih odgovorov nekoliko povečal, če bi študentje imeli čas za 'teoretično' reševanje naloge, pri čemer bi se problema lotili z Bernoullijevo enačbo in s premislekom o robnih pogojih.

Tabela 5: Število študentov v manjši skupini, ki so pravilno rešili posamezno podvprašanje pred in po opazovanju poskusa.

Postavitev	N = 7, pred	N = 7, po
A	6	7
B	1	7
C	3	6
D	5	5
E	0	6
F	1	6

Sklep

Če primerjamo uspešnost osnovnošolcev pri napovedovanju končne lege gladine vode pri težjih postavitvah posod z uspešnostjo študentov (tistih, ki pred reševanjem naloge niso opravili poskusa) pri reševanju istih nalog, ugotovimo, da so se osnovnošolci v povprečju bolje odrezali od študentov. Sklenemo lahko, da so bili cilji eksperimentiranja doseženi. Za večino učencev pa je bila naloga težka. Morda je od opravljanja poskusov preteklo preveč časa ali pa jih niso opravljali dovolj skrbno in pri opazovanjih

pretakanja niso prepoznali pomembnih pravil ali jih niso uspeli pravilno uporabiti v novih in netrivialnih situacijah, uporabljenih v nalogi.

Kresnička je sicer tekmovanje, a želimo, da bi bila več kot le to. Poskusi in izzivalne naloge, s katerimi dajemo znanju, doseženemu pri eksperimentiranju, smisel (in ga tudi preverjamo), so učiteljem na voljo tudi po tekmovanju, in sicer na spletnih straneh [2]. Menimo, da lahko uporaba gradiv popestri kakšno šolsko uro tudi pri pouku fizike v višjih razredih osnovne šole ali v srednji šoli.

Viri

- [1] Podatki o številu udeležencev tekmovanja so na spletni strani <https://www.dmfa.si/Tekmovanja/Statistika.aspx>. (september 2016).
- [2] Dodatne spletne strani Kresničke, kjer je arhiv poskusov in nalog <http://www.kresnickadmfa.si>. (september 2016).
- [3] Morris, G. A., Branum-Martin, L., Harshman, N., Baker, S. D., Mazur, E., Dutta, S., Mzoughi, T., McCauley, V. (2006). Testing the test: Item response curves and test quality. *American Journal of Physics*, št. 74, str. 449.

Tekmovanje iz znanja naravoslovja Kresnička

V šolskem letu 2016/2017 bo DMFA Slovenije že 3. leto zapored organiziralo tekmovanje iz naravoslovja Kresnička. Namenjeno je učencem od 1. do 7. razreda. Najpomembnejši del tekmovanja se odvija pred tekmovanjem: učenci imajo približno pol leta časa, da izvedejo nekaj naravoslovnih poskusov, ki so objavljeni na spletni strani DMFA¹, na posebnih spletnih straneh Kresničke² in v Naravoslovni solnici. Vse naloge na tekmovanju so povezane s poskusi iz razpisa.

Prvo leto je tekmovalo več kot 9000 učencev iz 220 osnovnih šol, drugo leto več kot 15000 učencev iz 260 šol, koliko jih bo tekmovalo v tretje? Ker je med našimi najpomembnejšimi cilji tudi odprava strahu pred naravoslovjem in popularizacija eksperimentiranja, si ustvarjalci Kresničke, vsi po vrsti naravoslovci, želimo, da bi tekmovali vsi.

Vabimo vas k ogledu - in seveda preizkusu - letošnjih razpisanih poskusov, ki bodo objavljeni konec julija na spletu. Med čakanjem na sredino poletja lahko pokukate v naš arhiv. Tam² imamo spravljene poskuse in tekmovalne naloge iz preteklih dveh let.

¹ <http://www.dmfa.si>

² <http://www.kresnickadmfa.si>

