

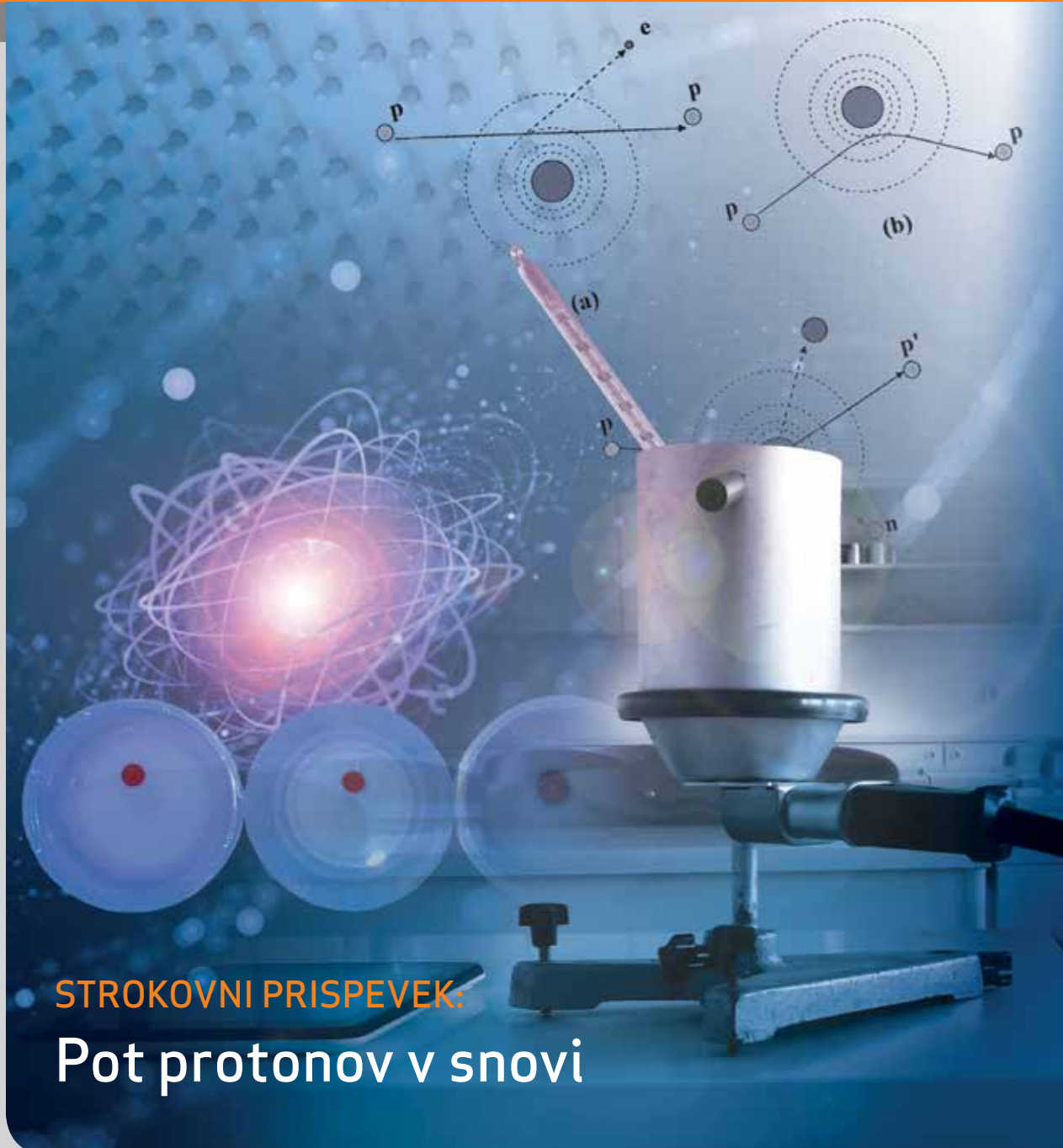
2

2019

Letnik 24

Fizika v šoli

Poštnina plačana pri pošti 1102 Ljubljana



STROKOVNI PRISPEVEK:

Pot protonov v snovi

DIDAKTIČNI PRISPEVKI:

Aktivni pouk: zakaj in kako

Sile na človeka pri prometni nesreči

Rekonstruiranje gibanja z zakoni mehanike



Zavod
Republike
Slovenije
za šolstvo



KAZALO

Jaka Banko

Učenje z raziskovanjem 1

STROKOVNI PRISPEVEK

Peter Jevšenak

Pot protonov v snovi 2

DIDAKTIČNI PRISPEVKI

Gorazd Planinšič

Aktivni pouk: zakaj in kako 13

Tatjana Hedžet

**Vključevanje nadarjenih učencev v interesno dejavnost
Naravoslovne urice** 19

Robert Buček

Dan dejavnosti: gibanje in energija 22

Jure Cvahte

Sile na človeka pri prometni nesreči 29

Damjan Kobale

Raziskovanje ozvezdij na tehniškem dnevu 34

Daniel Doz in Eleonora Doz

**Poučevanje fizike s simulacijami: primer poučevanja ohranitve
mehanske energije** 37

Jerneja Pavlin

Učenje ob raziskovanju hidrogelov 43

Marko Rožič

Rekonstruiranje gibanja z zakoni mehanike 48

Peter Gabrovec

Splošna matura iz fizike 2019 54

UPODOBITVE V FIZIKI

Mojca Čepič

Izraz ali formula 61

UČITELJEV POGLED

Béla Szomi Kralj

Nacionalno preverjanje znanja (NPZ) iz fizike 2019 64



PACS 01.40. –d, 01.50. –i, 01.55. +b

ISSN 1318-6388

FIZIKA V ŠOLI
letnik XXIV, številka 2, 2019

Izdajatelj in založnik:

Zavod RS za šolstvo

Predstavniki:

dr. Vinko Logaj

Odgovorni urednik:

Jaka Banko

Uredniški odbor:

dr. Vladimir Grubelnik, dr. Tomaž Kranjc,

dr. Marko Marhl, Milenko Stiplovšek,

dr. Barbara Šetina Batič, dr. Saša Zihler,

dr. Mojca Čepič, Goran Bezjak, Tatjana Gulič

Jezikovni pregled:

Andraž Polončič Ruparčič

Mnenja bralcev v rubriki *Učiteljev pogled*

ne recenziramo in ne lektoriramo.

Prevod povzetkov:

Ensitra prevajanje, Brigita Vogrinec, s. p.

Urednica založbe:

Andreja Nagode

Oblikovanje:

Simon Kajtna, akad. slik.

Fotografije:

avtorji člankov, Shutterstock

Računalniški prelom in tisk:

Design Demšar d. o. o., Present d. o. o.

Naklada: 400 izvodov

Prispevke pošljite na naslov: Zavod RS za šolstvo,

Uredništvo revije Fizika v šoli, Poljanska c. 28,

1000 Ljubljana, e-naslov: revija.fizika@zrss.si.

Naročila: Zavod RS za šolstvo – Založba,

Poljanska c. 28, 1000 Ljubljana, faks: 01/30 05 199,

e-naslov: zalozba@zrss.si

Letna naročnina (2 številki): 22,00 € za šole in ustanove,

16,50 € za fizične osebe, 8,50 € za študente, dijake

in upokojeince. Cena posamezne številke v prosti prodaji

je 13,00 €.

Revija je vpisana v razvid medijev, ki ga vodi

Ministrstvo za kulturo pod zaporedno številko 570.

© Zavod Republike Slovenije za šolstvo, 2019

Vse pravice pridržane. Brez založnikovega pisnega

dovoljenja ni dovoljeno nobenega dela te revije na

kakršenkoli način reproducirati, kopirati ali kako

drugače razširjati. Ta prepoved se nanaša tako na

mehanske oblike reprodukcije (fotokopiranje) kot

na elektronske (snemanje ali prepisovanje na

kakršenkoli pomnilniški medij).

Poština plačana pri pošti 1102 Ljubljana.

Učenje z raziskovanjem

Čas pospešenega tehnološkega razvoja, razvoja nevroznanosti, kognitivne znanosti, psihologije ... postavlja izobraževalni sistem in s tem učitelja pred zahtevno nalogo. Kako učence in učenke, dijake in dijakinje optimalno pripraviti na izzive prihodnosti, jih opremiti z znanjem, spretnostmi, veščinami in vrednotami, ki jim bodo v pomoč pri opravljanju poklicev, ki v tem trenutku niti ne obstajajo? Hkrati smo učitelji fizike pred velikim izzivom, kako predstaviti fiziko kot moderno, zanimivo, uporabno ter kljub zahtevnosti vsebin razburljivo znanost? Kako pri učencih in učenkah, dijakih in dijakinjah spodbujati pozitiven odnos do fizike, do »resnega« raziskovalnega dela, veselja do reševanja problemov ...? Zavedamo se, da imajo strategije dela v razredu (velik) vpliv tako na kakovost znanja kot tudi na odnos do dela in predmeta. Od kakovosti znanja ter odnosa do dela in predmeta ni odvisna le prihodnost učencev, učenk, dijakov in dijakinj, temveč tudi prihodnost družbe kot celote. S tem zavedanjem je košček, če že ne velik kos odgovornosti za boljši jutri vseh nas, tudi na ramenih učitelja. Glede na spoznanja stroke košček odgovornosti vključuje skrbno in premišljeno načrtovanje pouka z zavedanjem pomena aktivnih oblik in metod dela, ker »danes imamo neizpodbitne dokaze za to, da morajo ljudje, če se želijo česarkoli naučiti, biti aktivni udeleženci v učnem procesu, ne le pasivni opazovalci«. S temi pomenljivimi besedami prof. Gorazd Planinšič začne prispevek z naslovom »Aktivni pouk: zakaj in kako«. V članku si lahko preberete trdne argumente zakaj in slikovite primere kako. Logično nadaljevanje prispevka je vprašanje samemu sebi – kdaj?

Učitelji že vključujete in vključujemo aktivne oblike dela na različne načine. Nekaj pristopov je opisanih tudi v reviji, ki je pred vami. Objavljeni prispevki pričajo o zavzetosti in trudu učiteljev za izgradnjo zanimivega in aktivnega pouka, ob katerem so, verjamem, uživali skupaj z učenci.

Bralkam in bralcem revije želim čim bolj prijetno in prijazno leto 2020.

Jaka Banko

Spoštovane bralke in bralci,

tokrat smo vam poslali **revijo brez zaščitne folije**. Za to smo se odločili po premisleku zaradi škode, ki jo le-ta povzroča. Na leto namreč razpošljemo prek **14.000** izvodov revij, zavitih v folijo.



Zavedamo se, da se nezaščiten revija lahko pri dostavi poškoduje, pa vendar se nam to zdi sprejemljivo v primerjavi s škodo, ki jo 14.000 zaščitnih folij povzroča okolju.

Upamo, da boste našo odločitev sprejeli z razumevanjem.

Na e-naslovu zalozba@zrss.si bomo veseli vašega odziva.



Pot protonov v snovi

Peter Jevšenak

Šolski center Velenje, Gimnazija Velenje

Izvleček

Pri zdravljenju tumorjev se v svetu vedno bolj uveljavlja metoda, pri kateri tumor obsevamo s protoni. Takšno zdravljenje je veliko dražje od bolj poznanega zdravljenja z rentgenskimi žarki, a hkrati učinkovitejše. Njegova prednost je primernejša globinska dozna porazdelitev, ki manj poškoduje tkivo okrog tumorja. V tej raziskavi se je preučevala pot protonov v snovi, predvsem, kako globoko prodre in koliko se razprši snop izstreljenih protonov z enako začetno kinetično energijo. V ta namen je bil narejen računalniški program, ki simulira obnašanje protonov v izbrani snovi. Najprej se je ugotavljala odvisnost dosega protonov v snovi od njihove začetne energije, nato smo iskali snov, ki nas najbolje varuje pred protoni, za konec pa smo obravnavali še snovi, ki sestavljajo človeško telo: kosti, mišice in vodo.

Ključne besede: protonsko obsevanje, ustavljalna moč protonov, doseg snopa protonov, Braggov vrh, Gaussova porazdelitev

Path of Protons in Matter

Abstract

In the treatment of tumours throughout the world, the method of irradiating the tumour with protons is becoming increasingly widespread. Such treatment is much more expensive than the traditional treatment with x-rays, but is also more effective. Its advantage is a more suitable depth dose distribution, which causes less damage to the tissue surrounding the tumour. The present research study examined the path of protons in matter, especially how deeply the fired beam of protons having the same initial kinetic energy penetrates and how much it disperses. For this purpose, a computer program was designed that simulates the behaviour of protons in the selected matter. Firstly, it was determined how the range of protons in matter depends on their initial energy; then, we searched for matter that best protects us against protons; in the end, we discussed the matter that makes up the human body: bones, muscles and water.

Keywords: proton irradiation, proton stopping power, range of proton beam, Bragg peak, Gaussian distribution

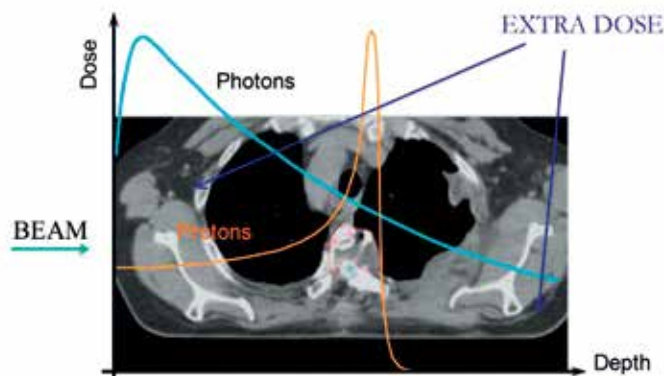
1 Uvod

Pri zdravljenju tumorjev se uporabljajo trije pristopi: sistemsko zdravljenje, kirurško zdravljenje in zdravljenje z obsevanjem. Slednje se izvaja s sevanjem visoko energijskih fotonov. Pri tem načinu zdravljenja so pomembne čim primernejše energijske izgube oz. dozna porazdelitev. Snopu fotonov energija po vstopu v snov eksponentno pada (glej sliko 1), zato fotoni vplivajo tudi na zdravo tkivo pred in za tumorjem. Zaradi tega se zdravniki odločajo za obsevanje z nižjimi energijami fotonov, a z več različnih strani s presekom sevalnih žarkov na tumorju. Tako vseeno zdravimo tumor, tkivo okrog njega pa je manj poškodovano (vir 8).

Ta način zdravljenja je bil prvič uporabljen ob koncu 19. stoletja (meni se, da je storil Američan Emil Grubbe leta 1896). Točno 50 let kasneje (leta 1946) je Robert R. Wilson, prvi direktor Fermilaba, objavil članek, kjer je predlagal zdravljenje tumorjev z obsevanjem s protoni, prvi praktični poskusi uporabe pa segajo v petdeseta leta 20. stoletja (Berkeley Hills (ZDA), leta 1954, in Uppsala (Švedska), leta 1957) (vira 3, 12).

Prednost takšnega načina zdravljenja je primernejša globinska dozna porazdelitev. Protonom se namreč dozna porazdelitev po vstopu v snov povečuje, dokler ne doseže maksimuma, tik preden se protoni ustavijo, nato pa pade na nič (glej sliko 1). Maksimum takšne dozne porazdelitve imenujemo Braggov vrh (vir 7).

Na ta način sevanje s protoni veliko manj poškoduje tkivo okrog tumorja kot obsevanje s fotoni. A po podatkih iz leta 2017 je v svetu v klinični rabi le 79 centrov za protonsko terapijo, od tega 27 v ZDA, 18 na Japonskem, preostali pa v Avstraliji in Zahodni Evropi (vir: Delo, 28. 2. 2019). Največji problem te metode zdravljenja je cena, saj so naprave za zdravljenje s protonskim obsevanjem približno stokrat dražje od rentgenskih cevi.



Slika 1: Primerjava dozne porazdelitve glede na globino med fotoni rentgenske svetlobe in protoni (foto: vir 7).

V tej raziskavi preučujemo obnašanje protonov v snovi, ki jo obsevamo s tankim, natančno usmerjenim protonskim snopom, kjer imajo na začetku vsi protoni enako kinetično energijo. Predvsem nas je zanimalo, kako izgubljajo energijo, kakšen je njihov doseg, kje je Braggov vrh, koliko se snop razprši ipd.

V Sloveniji (še) ni protonskega pospeševalnika, kjer bi lahko opravljali meritve, zato smo napisali računalniški program, ki simulira obnašanje protonov v izbrani snovi. Protoni namreč izgubljajo energijo zaradi množice elektromagnetnih in jedrskih interakcij z elektroni in atomskimi jedri v snovi. Zato lahko izgubo energije na enoto dolžine obravnavamo statistično in ni potrebno natančno fizikalno poznavanje vseh mehanizmov in interakcij.

Z ustvarjenim računalniškim programom smo nato iskali odgovore na naslednja vprašanja:

1. kako je doseg snopa protonov v snovi odvisen od začetne energije protonov,
2. ali nas pred protoni najbolje varuje svinec,
3. kako je z dosegom protonov v snoveh, ki tvorijo človeško telo – kosti, mišice in voda.

2 Matematični model

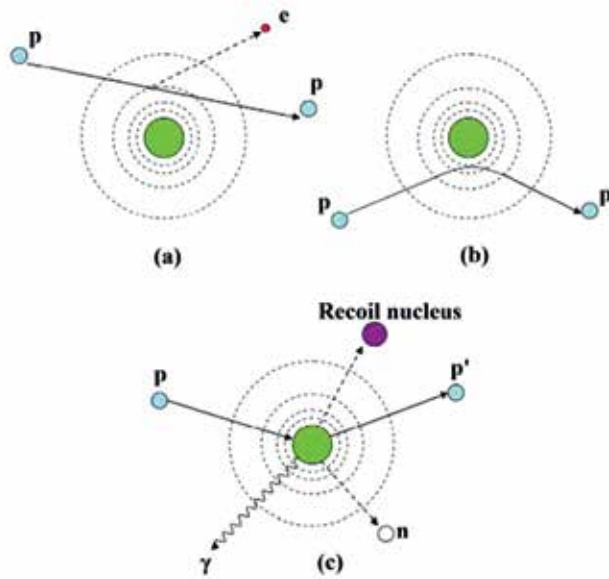
2.1 Interakcije protonov

Glavne interakcije protonov v snovi so: elektromagnetne (Coulombove) interakcije z elektroni, elektromagnetne interakcije z jedri ter jedrske interakcije. Protoni večino energije izgubijo v neelastičnih interakcijah z vezanimi elektroni v snovi. Pri tem protoni vzbujajo in ionizirajo atome snovi. Pri elastičnem sipanju na jedrih, večinoma preko elektromagnetne, lahko pa tudi preko močne interakcije, se protonom spremeni smer. Občasno pa lahko proton konča svojo pot z direktnim trkom v jedro, pri čemer se sprostijo sekundarni delci. Protoni lahko teoretično tudi zavorno sevajo, vendar je to sevanje, z dozimetričnega vidika, zanemarljivo (slika 2, vir 6).

Ker protoni v snovi izgubljajo energijo, je normalno pričakovati, da se enkrat ustavijo. Če bi protoni v snovi zvezno izgubljali energijo, bi bil doseg protonov z isto energijo v izbrani snovi enak. Vendar meritve kažejo, da ni tako. Interakcije protonov s snovjo so statistične narave tako po izgubi energije kot po smeri gibanja. Dva identična protona ne bosta doživela enakega števila trkov in ne enake izgube energije pri posameznem trku, zato se ne bosta ustavila na enaki globini. Protoni izgubijo energijo v zelo velikem, ampak končnem številu posameznih interakcij. Pri vsaki od teh interakcij energijske izgube variirajo. Tej statistični naravi energijskih izgub pravimo energijsko stresanje. Posledica energijskega stresanja je torej tudi stresanje po globini. Doseg je tako definiran kot globina snovi, do katere se ustavi polovica vpadnih

Prednost takšnega načina zdravljenja je primernejša globinska dozna porazdelitev. Protonom se namreč dozna porazdelitev po vstopu v snov povečuje, dokler ne doseže maksimuma, tik preden se protoni ustavijo, nato pa pade na nič.

Glavne interakcije protonov v snovi so: elektromagnetne (Coulombove) interakcije z elektroni, elektromagnetne interakcije z jedri ter jedrske interakcije.



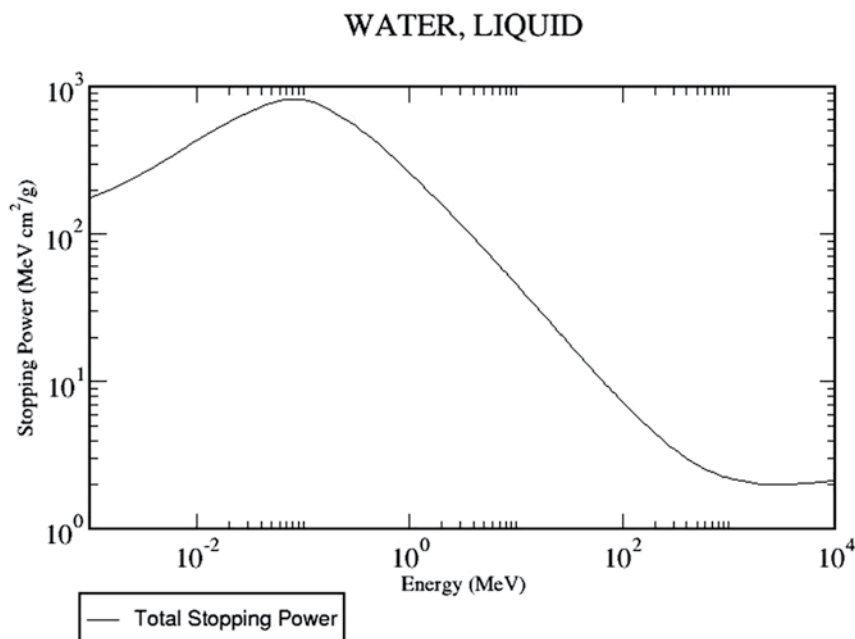
Dva identična protona ne bosta doživela enakega števila trkov in ne enake izgube energije pri posameznem trku, zato se ne bosta ustavila na enaki globini.

Slika 2: Shematska predstavitev glavnih interakcij protonov v snovi: (a) neelastične elektromagnetne interakcije z vezanimi elektroni, (b) elastično sipanje na jedru preko elektromagnetne ali močne interakcije, (c) neelastične jedrske interakcije, pri čemer nastanejo sekundarni delci (p: proton, e: elektron, n: nevtron, γ: gama žarek) (foto: vir 6).

protonov (vir 4). Energijske izgube protonov v vodi, v odvisnosti od njihove kinetične energije, so prikazane na sliki 3. S slike razberemo, da v vodi energijo najhitreje izgubljajo protoni s kinetično energijo okrog 100 keV. Treba pa se je zavedati, da krivulja na sliki 3 predstavlja samo povprečne vrednosti, dejanske izgube pa so razpršene okoli teh vrednosti zaradi energijskega stresanja po Gaussovi porazdelitvi, kjer kvadrat standardne deviacije podaja enačba

$$\sigma_0^2 = 0,1569 \rho \frac{Z}{A} x. \quad (1)$$

V enačbi (1) je ρ gostota snovi, Z vrstno število elementa, A atomska masa in x debelina obsevanega materiala.



Slika 3: Energijske izgube protonov v vodi v odvisnosti od njihove kinetične energije (vir 10).

Graf energijskih izgub protonov v odvisnosti od njihove kinetične energije, kot ga vidimo na sliki 3 za vodo, lahko določimo za vsako snov po Bethe-Blochovi formuli (vir 4). Energijske izgube na enoto dolžine z enoto MeV/cm so močno odvisne od gostote obsevane snovi, zato se pogosto podajajo vrednosti, deljene z gostoto: $(\text{MeV/cm}) / (\text{g/cm}^3) = \text{MeV cm}^2/\text{g}$, kar vidimo na sliki 3 kot enoto na ordinatni osi. Izračunane vrednosti za večino snovi so že tabelirane in podatke lahko najdemo v literaturi, ki navaja lastnosti snovi. Natančnost se ocenjuje na nekaj odstotkov.

Protoni pri potovanju skozi snov doživijo tudi veliko število sipanj na jedrih. Sipajo se večinoma prek elektromagnetne interakcije (večkratno Coulombovo sipanje), interakcije prek močne jedrske sile so redke. Če zanemarimo majhno verjetnost za sipanje pod velikim kotom pri posameznem sipanju, potem je porazdelitev približno Gaussova: v povprečju se protonom smer ne spremeni, razpršenost pa modeliramo po Gaussu, kjer se koren povprečnega kvadrata (RMS) sipalnega kota izračuna po Highlandovi formuli (vir 4):

$$\sqrt{\langle\theta^2\rangle} = z \frac{20 [\text{MeV}/c]}{p\beta} \sqrt{\frac{x}{L_{\text{rad}}}} \left(1 + \frac{1}{9} \log \frac{x}{L_{\text{rad}}}\right), \quad (2)$$

kjer je Z naboj delca, p gibalna količina delca, x debelina materiala, L_{rad} radiacijska dolžina materiala (tabelirana, vir 10) in $\beta = v/c$, kjer je v hitrost delca in c svetlobna hitrost. Highlandova formula je empirična in njena natančnost se ocenjuje na približno 5 %, v snovi s težkimi elementi pa je natančnost 10–20 %.

Če porazdelitev kotov v treh dimenzijah projiciramo na ravnino, v kateri leži osnovna trajektorija, dobimo tudi približno Gaussovo porazdelitev, kjer sta povprečna kvadrata sipalnih kotov povezana z enačbo

$$\langle\theta_x^2\rangle = \langle\theta^2\rangle : 2. \quad (3)$$

Učinke ionizirajočega sevanja na tkiva oz. učinkovitost zdravljenja ocenjujemo na podlagi absorbirane doze. Doza je definirana kot deponirana energija na enoto mase v določeni točki:

$$D = \frac{dW}{dm} \quad (4)$$

in po mednarodnem sistemu enot (SI) je osnovna enota za dozo Gray (1 Gy = 1 J/kg).

Ker se energijske izgube povečujejo, ko se protoni ustavljajo, se pri globinski dozni porazdelitvi snopa protonov (ali drugih težjih nabitih delcih) pojavi značilen vrh, imenovan Braggov vrh (slika 1: na grafu dozne porazdelitve protonov se lepo vidi tudi Braggov vrh).

2.2 Gaussova funkcija

V našem modelu se morajo nekatere energijske vrednosti in velikosti kotov malo spremeniti, tj. stresti po normalni (Gaussovi) porazdelitvi. Gaussova funkcija prikazuje normalno porazdelitev, ki je prikazana s t. i. Gaussovo krivuljo in ima značilno zvonasto obliko (slika 4). Funkcija je zapisana z enačbo

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad (5)$$

pri čemer je $f(x)$ relativna frekvenca količine x , μ povprečna vrednost, σ pa standardna deviacija. Krivulja je simetrična na premico $x = \mu$, kjer tudi doseže vrh.

Če predpostavimo, da je delež vseh opazovanih statističnih enot enak 1, potem je tudi ploščina območja med abscisno osjo in Gaussovo krivuljo enaka 1. Zato lahko vse normalne porazdelitve zapišemo kot standardizirano normalno porazdelitev z uvedbo spremenljivke z . Standardizirana normalna porazdelitev ima povprečno vrednost enako 0, standardno deviacijo enako 1, vsaka vrednost z (na abscisni osi) pa je podana v obliki

$$z = \frac{x-\mu}{\sigma}. \quad (6)$$

Iz Gaussove funkcije lahko tudi izračunamo frekvenco vrednosti (tj. kako pogosto se podatek pojavi), kar je zelo uporabno v statistiki (vir 1). Za računanje frekvence vrednosti uporabljamo razne računalniške programe, v tej raziskavi pa je bil uporabljen program GeoGebra (slika 4).

Protoni pri potovanju skozi snov doživijo tudi veliko število sipanj na jedrih. Sipajo se večinoma prek elektromagnetne interakcije (večkratno Coulombovo sipanje), interakcije prek močne jedrske sile so redke.

Učinke ionizirajočega sevanja na tkiva oz. učinkovitost zdravljenja ocenjujemo na podlagi absorbirane doze. Doza je definirana kot deponirana energija na enoto mase v določeni točki:

2.3 Relativistični protoni

Ko se hitrost protonov približa svetlobni hitrosti ($c = 299\,792\,458$ m/s), je treba za opis gibanja uporabiti relativistično mehaniko. Zanima nas predvsem zveza med kinetično energijo in hitrostjo protona. Klasična enačba

$$W_k = \frac{mv^2}{2} \text{ se transformira v enačbo } W_k = W_0(\gamma_0 - 1), \text{ kjer je } \gamma_0 = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}.$$

W_0 predstavlja lastno energijo protona (938.3 MeV), γ_0 pa je relativistični faktor (vir 5).

Za $v \ll c$ je relativistični faktor 1, pri velikih hitrostih pa začne naraščati in v primeru $v = c$ bi postal neskončen. Klinično zanimivi protoni imajo kinetične energije do 250 MeV (vir 8). V spodnji tabeli je prikazanih nekaj številčnih vrednosti glede na kinetično energijo protona.

Tabela 1: Vrednosti relativističnega faktorja (γ_0) ter razmerje hitrosti protona in svetlobne hitrosti (β) v odvisnosti od kinetične energije protonov (W_k).

W_k [MeV]	γ_0	$\beta = v/c$
20	1.02	0.20
100	1.10	0.43
250	1.27	0.61

3 Metode dela

V raziskavi smo se omejili na protone do kinetične energije 100 MeV, ki jih v približku še lahko štejemo za nerelativistične. Vpliv relativističnih popravkov na uporabljene formule do te energijske meje je še v okviru same nenatančnosti (empiričnih) formul. Pot protonov v snovi je tridimenzionalna, lahko pa problem nekoliko poenostavimo, če poti projiciramo na ravnino, v kateri leži osnovna trajektorija. Tako se v računalniškem programu določa projicirana pot v dveh dimenzijah (2D).

3.1 Računalniški program

Programirali smo v okolju Visual Studio v programskem jeziku C++ z dodanimi knjižnicami SFML za grafiko.

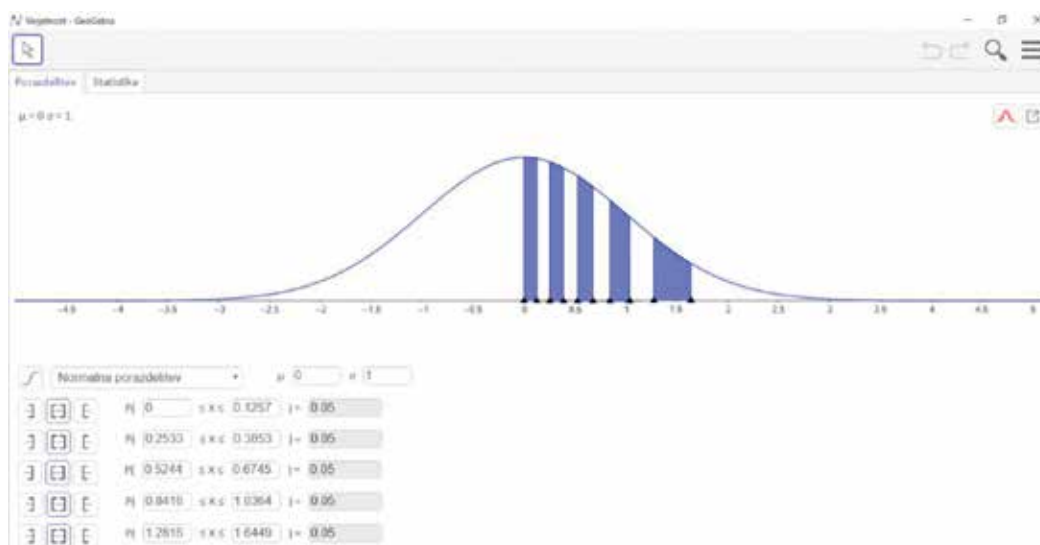
Poti protonov smo določali v šestih različnih snoveh: voda, svinec, platina, volfram, kosti in mišice. Podatki, ki smo jih morali poiskati za vsako snov, so: razmerje Z/A in radiacijska dolžina (L_{rad}) za enačbo (1), gostota snovi ρ za enačbo (2) ter izgube energije protona pri njegovi trenutni energiji na enoto dolžine (t. i. ustavljalna moč protonov oz. »proton stopping power«). Vir za ustavljalno moč protonov je bila spletna stran NIST (vir 10), druge potrebne podatke pa smo pridobili na spletni strani PDG (vir 11).

Pri preverjanju dosega protonov v snovi so bile energije protonov od 30 MeV do 100 MeV, pri drugih simulacijah pa 100 MeV. V sredino izbrane snovi smo usmerili snop protonov širine 2 mm. Velikostni red dosega protonov z začetno energijo do 100 MeV v trdnih snoveh in kapljevinah je nekaj centimetrov. Vzeli smo 2D-snov dolžine 10 cm in širine 2,5 cm in to razbili na mrežo kvadratkov (400 x 100) s stranico 0,025 cm. Prečkanje kvadrata pomeni en korak pri računanju izgube energije protona. Računalniški program v vsakem koraku najprej poišče ustavljalno moč protonov za trenutno energijo protona. To vrednost nato naključno spremenimo – stresemo po Gaussovi porazdelitvi. Pri tem si pomagamo z gostoto izbire. Standardizirano Gaussovo porazdelitev smo razdelili na stolpce z enako ploščino. Meje teh stolpcev so zato gosteje posejane blizu ordinatne osi, kjer ima funkcija vrh, bolj oddaljene pa so bolj narazen (slika 4). Meje stolpcev predstavljajo števila, med katerimi program naključno izbira.

Ko se hitrost protonov približa svetlobni hitrosti ($c = 299\,792\,458$ m/s), je treba za opis gibanja uporabiti relativistično mehaniko.

V raziskavi smo se omejili na protone do kinetične energije 100 MeV, ki jih v približku še lahko štejemo za nerelativistične.

Poti protonov smo določali v šestih različnih snoveh: voda, svinec, platina, volfram, kosti in mišice.



Slika 4: Vrednosti, med katerimi izbira program. Vsi stolpci imajo enake ploščine (0,05), tudi neobarvani stolpci med njimi imajo enake ploščine. Meje teh stolpcev (0, 0'1257, 0'2533 ... 1'6449) so bile zaokrožene, med temi vrednostmi je izbiral program. Slika je vzeta iz programa GeoGebra.

V enačbi (6) naključno izbrano število predstavlja z , standardno deviacijo σ dobimo po enačbi (1), μ je (povprečna) ustavljalna moč protonov, x pa njena stresena vrednost. Ker je standardna deviacija neodvisna od energije oziroma hitrosti protona, pride pri nižjih energijah relativno gledano do večjega stresa. Podobno določimo tudi stresa po kotu, le da tam standardno deviacijo predstavlja koren povprečnega kvadrata sipalnega kota, ki ga določimo po enačbi (2), srednja vrednost pa je enaka nič. Tukaj x v enačbi (6) predstavlja kot, ki ga prištejemo kotu, ki predstavlja trenutno smer protona. Iz enačbe (2) je razvidno, da je standardna deviacija večja, čim manjša je hitrost protona. To pomeni, da se sprva smer protona pri vstopu v nov kvadrant minimalno spreminja, proti koncu poti pa so odkloni večji in snop se močneje razprši. Iz znane smeri se izračuna dolžina poti protona v trenutnem kvadrantu in nato še izguba energije v njem. Vsakemu kvadrantu ustreza številčna vrednost v tabeli simulacije, kjer se seštevajo energije. Postopek se za vsak proton ponavlja, dokler ne izgubi na poti vse energije. Na koncu simulacije, po tem, ko smo izstrelili veliko število protonov, lahko iz tabele ugotovimo, kje so protoni izgubljali največ energije in kje so se zaustavili.

Število protonov v simulaciji smo postavili na 100.000. Pri rezultatih z večjim številom protonov skoraj ni bilo opaznih razlik v dosegu. Ker se relativna napaka v statistiki meri s korenem števila ponovitev, deljenim s številom ponovitev, smo relativno napako simulacije ocenili na 0,3 %. Pri tem številu protonov simulacija za vse izračune potrebuje približno dve minuti.

4 Rezultati in diskusija

4.1 Doseg protonov v odvisnosti od kinetične energije

Izbrana snov je bila voda, začetno energijo protonov pa smo povečevali po 10 MeV od 30 MeV do 100 MeV. Po pričakovanjih je bil doseg daljši pri večji začetni energiji. Na slikah 5, 6, in 7 so prikazani rezultati simulacij pri začetnih energijah 40, 70 in 100 MeV.

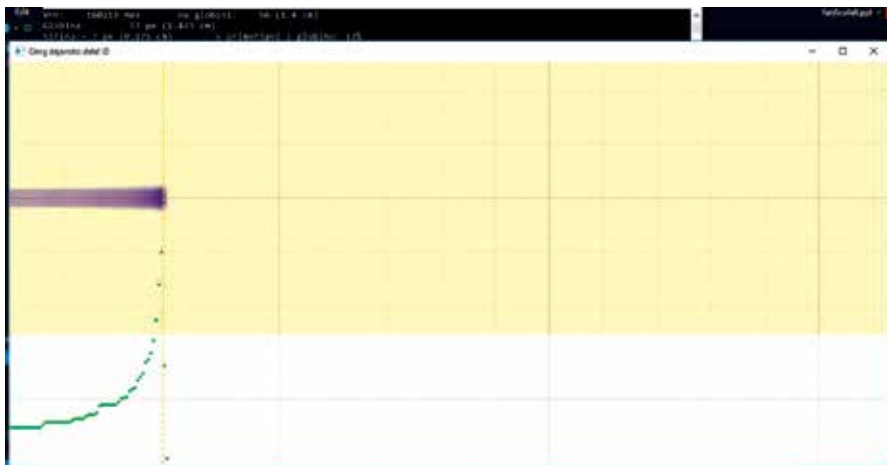
Grafično okno je razdeljeno na zgornji in spodnji del. V zgornjem delu je prikazana snov v obliki svetlo rumenega pravokotnika, z ostenki modre barve pa količina absorbirane energije v njej (kolikor temnejše je, toliko več energije je snov tam absorbirala). S črtkano oranžno črto je prikazan tudi doseg snopa protonov. Za lažjo vizualno oceno dosega so šibkejše pomožne črte postavljene na vsakih 0,5 cm, debelejšje pa na vsakih 2,5 cm. Na spodnjem delu je graf absorbirane energije v odvisnosti od globine. Ena točka na grafu predstavlja energijo, ki se absorbira v pravokotniku snovi z dolžino 1 korak (0,25 mm) in širino 4 korake (1,0 mm). Ti pravokotniki s površino $0,25 \text{ mm}^2$ predstavljajo snov v osrednjem milimetru protonskega snopa.

Ker je standardna deviacija neodvisna od energije oziroma hitrosti protona, pride pri nižjih energijah relativno gledano do večjega stresa.

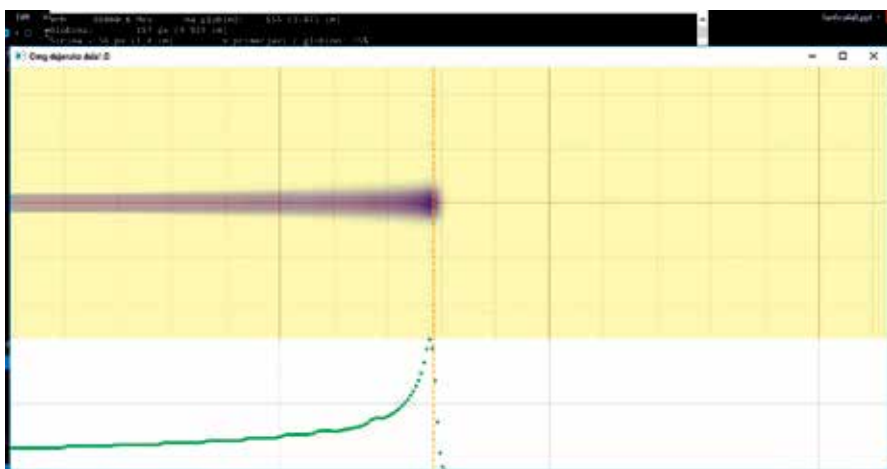
Na koncu simulacije, po tem, ko smo izstrelili veliko število protonov, lahko iz tabele ugotovimo, kje so protoni izgubljali največ energije in kje so se zaustavili.

Braggov vrh je tam, kjer se nahaja pravokotnik z največ absorbirane energije znotraj njegove površine, zato je enota na ordinatni osi MeV / 0,25 mm². Doseg snopa, vrednost energije v vrhu in globina, pri kateri vrh nastane, se izpišejo tudi v črnem okvirju nad grafičnim oknom.

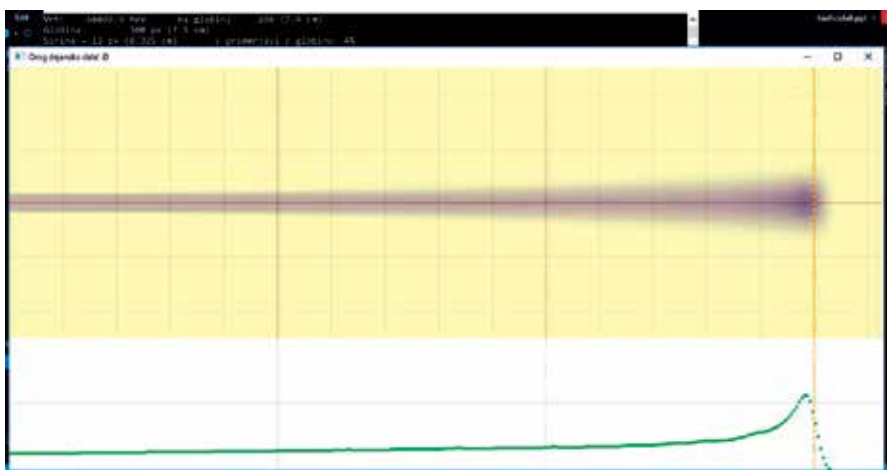
Braggov vrh je tam, kjer se nahaja pravokotnik z največ absorbirane energije znotraj njegove površine, zato je enota na ordinatni osi MeV / 0,25 mm².



Slika 5: Snop protonov z začetno energijo 40 MeV. Doseg je 1,43 cm, Braggov vrh je na globini 1,40 cm pri absorbirani energiji 160.200 MeV / 0,25 mm².

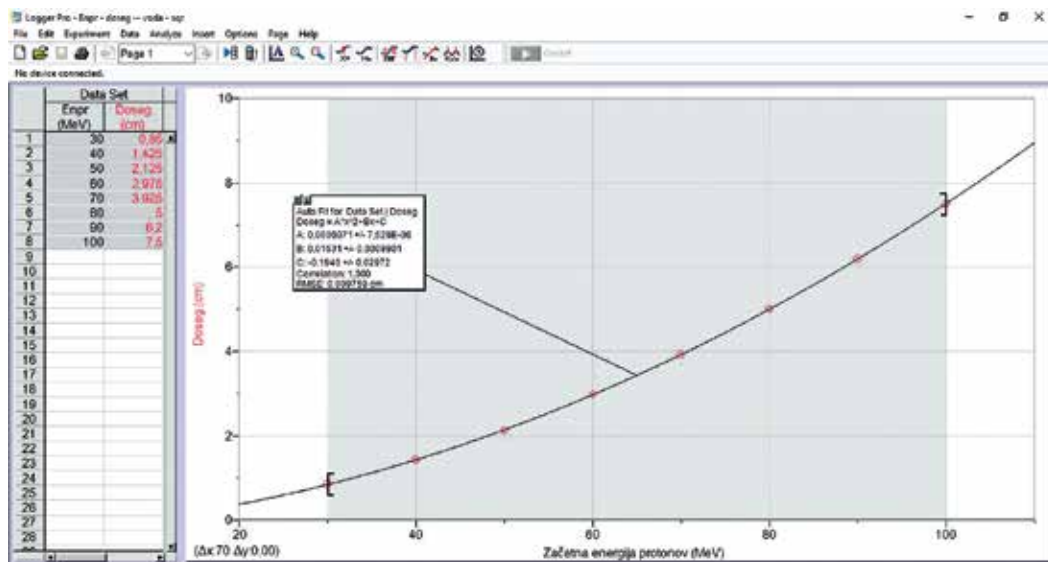


Slika 6: Snop protonov z začetno energijo 70 MeV. Doseg je 3,93 cm, Braggov vrh je na globini 3,88 cm pri absorbirani energiji 98.900 MeV / 0,25 mm².



Slika 7: Snop protonov z začetno energijo 100 MeV. Doseg je 7,5 cm, Braggov vrh je na globini 7,4 cm pri absorbirani energiji 56.700 MeV / 0,25 mm².

Iz posameznih simulacij smo razbrali podatek o dosegu snopa. Te podatke smo nato vstavili v tabelo v programu LoggerPro, kjer se je izrisal graf globine (cm) v odvisnosti od začetne energije (MeV). Ta program omogoča prilagajanje funkcij točkam na grafu. Na sliki 8 je prilagoditvena funkcija kvadratna.



Slika 8: Kvadratna funkcija, ki se najboljše prilega podatkom.

Doseg protonskega snopa kinetične energije 100 MeV po podatkih v literaturi znaša 7,7 cm (vir 2), rezultat naše simulacije pa je 7,5 cm. Natančnost uporabljene metode tako lahko ocenimo z relativno napako približno 3 %.

Pri grafih absorbirane energije na enoto plosčine v centru snopa (spodnji deli slik od 5 do 7) prva odebeljena vodoravna črta predstavlja vrednost $50.000 \text{ MeV} / 0,25 \text{ mm}^2$. S teh grafih je razvidno, da protoni takoj po vstopu v snov počasi izgubljajo energijo (absorpcija energije je v snovi tam majhna), ko jim kinetična energija pada, pa je absorbirane energije v snovi vse več. Pri kinetični energiji pod 1 MeV sledi Braggov vrh in na kratki razdalji, ki se meri v milimetrih, se zaustavijo vsi protoni. Kolikor večja je kinetična energija protonov, toliko počasneje izgubljajo energijo in posledično nesorazmerno dalj časa potujejo z večjo hitrostjo. Zato se pot in s tem doseg povečuje bolj, kot to določa linearna funkcija. Presenetljivo dobro se z našimi rezultati za vodo ujema kvadratna funkcija.

Kolikor večji je doseg, toliko širši in manj izrazit je Braggov vrh. To lahko razložimo z razpršitvijo snopa, ki se z dosegom povečuje. Pri 40 MeV je največ sproščene energije v krogu premera 1,75 mm, pri 100 MeV pa v krogu premera 3,25 mm. To je skoraj 3,5-krat večja površina, skupna energija pa je večja le za faktor 2,5. Poleg tega se več energije izgubi že pred vrhom, in sicer zaradi daljše poti protonov v snovi.

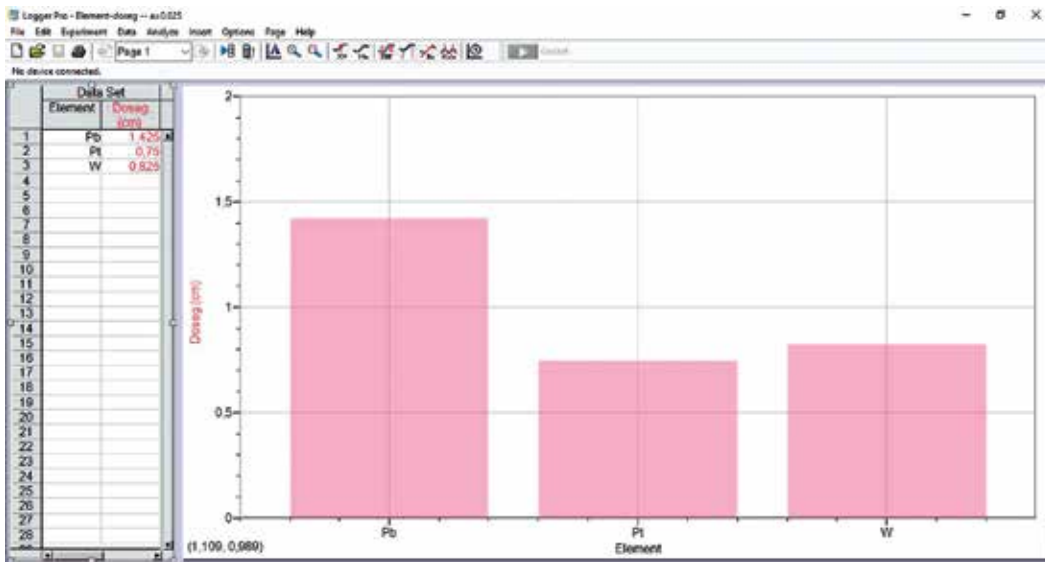
4.2 Svinec kot najboljša zaščita pred protoni

Ker se pri rentgenskem slikanju kot zaščitni material uporablja svinec, smo preverili, ali je ta material najučinkovitejši tudi pri zaščiti pred protoni. Za primerjavo smo izbrali volfram in platino, ker imata tako kot svinec veliko vrstno število, hkrati pa imata večjo gostoto od njega. Rezultati na sliki 9 kažejo, da imajo protoni z začetno kinetično energijo 100 MeV v svincu doseg samo 1,425 cm, to je petkrat manj kot v vodi, ampak doseg v platini je še dvakrat krajši, samo 0,75 cm. Tudi volfram učinkovito zaustavlja protone, doseg je le 0,825 cm.

Protoni večino energije izgubijo v reakcijah z elektroni. Če je gostota elektronov v snovi velika, potem protoni hitreje izgubljajo energijo, saj pride do več interakcij na enoto dolžine. Gostota elektronov v snovi je odvisna od vrstnega števila atomov, ki snov sestavljajo, ter od gostote snovi (kolikor višja je gostota, toliko bolj so atomi nagnjeni drug ob drugem). Svinec ima vrstno število 82 in gostoto $11,35 \text{ kg/dm}^3$, platina pa ima vrstno število 78 in gostoto $21,45 \text{ kg/dm}^3$. Pri podobnem vrstnem številu ima platina skoraj dvakrat večjo gostoto, zato je doseg protonov skoraj dvakrat krajši.

S teh grafih je razvidno, da protoni takoj po vstopu v snov počasi izgubljajo energijo (absorpcija energije je v snovi tam majhna), ko jim kinetična energija pada, pa je absorbirane energije v snovi vse več.

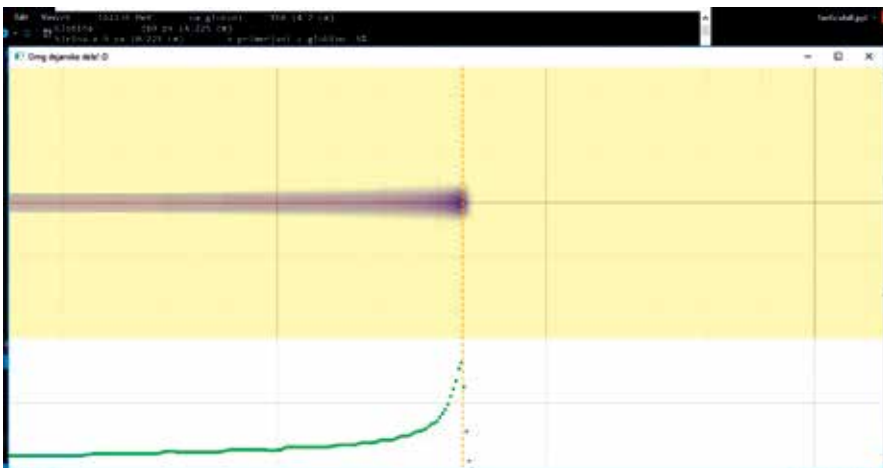
Protoni večino energije izgubijo v reakcijah z elektroni. Če je gostota elektronov v snovi velika, potem protoni hitreje izgubljajo energijo, saj pride do več interakcij na enoto dolžine.



Slika 9: Primerjava globlin snopov protonov z začetno energijo 100 MeV v svincu, platini in volframu.

4.3 Doseg protonov v snoveh, ki tvorijo človeško telo

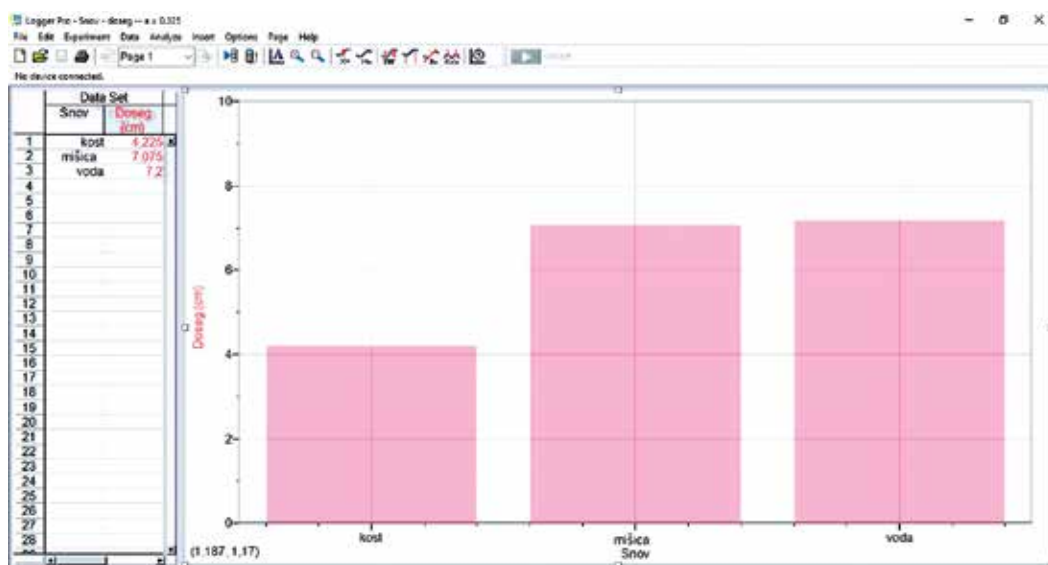
Raziskali smo še, kako je z dosegom protonskih snopov v bioloških materialih (kost, mišica, voda). Rezultati simulacije za kost in mišico so na slikah 10 in 11, za vodo pa na sliki 7.



Slika 10: Doseg snopa protonov z začetno energijo 100 MeV v kosti (na grafu za absorbirano energijo je prva odeljena črta pri vrednosti 100.000 MeV / 0,25 mm²).



Slika 11: Doseg snopa protonov z začetno energijo 100 MeV v mišici (na grafu za absorbirano energijo je prva odeljena črta pri vrednosti 200.000 MeV / 0,25 mm²).



Slika 12: Primerjava dosegov snopov protonov z začetno energijo 100 MeV v kosti, mišici in vodi.

Že na prvi pogled je vidno, da ima snop protonov v kosti najkrajši doseg. Dosega snopov protonov v mišici in vodi pa sta precej podobna. Podatki so pokazali, da ima snop protonov v mišicah vseeno krajši doseg kot snop protonov v vodi (razlika med dosegega je 1,25 mm). Najpogostejša elementa v kosteh sta kisik in ogljik, v znatnem deležu pa najdemo tudi kalcij in fosfor z višjima vrstnima številoma. Poleg tega je gostota kosti $1,85 \text{ kg/dm}^3$, kar je precej več od gostote mišic ($1,04 \text{ kg/dm}^3$) in vode ($1,0 \text{ kg/dm}^3$). Zato je kratek doseg protonov v kosti pričakovan. Mišice so večinoma sestavljene iz naslednjih elementov: kisik, ogljik in vodik, vsi so z začetka periodnega sistema. Zato med mišico in vodo, ki je iz kisika in vodika, ni posebne razlike. Ker sta tudi gostoti mišice in vode skoraj enaki, sta posledično tudi dosega protonskih snopov skoraj identična.

5 Zaključek

Protonom se v izbrani snovi pri naraščajočih začetnih energijah doseg povečuje. Ta v odvisnosti od začetne energije ne narašča linearno, ampak s kvadratno funkcijo.

Med preučevanimi kovinami za zaščito se je kot najboljša izkazala platina, takoj za njo pa je bil volfram z razliko le 0,75 mm pri začetni energiji 100 MeV. Še nekoliko bolje od platine bi se lahko izkazal osmij z vrstnim številom 76 in največjo gostoto $22,57 \text{ kg/dm}^3$. Vendar pa svinec tu primerjamo z zelo redkimi in dragocenimi kovinami. Svinec je dostopen tako po količini kot po ceni in je zato še vedno uporaben kot zaščita pred protoni.

Pri preučevanju snovi, ki jih najdemo v človeškem telesu, je presenetil skoraj identičen doseg protonov v mišici in vodi. »Protonsko slikanje« bi tako dalo podoben kontrast kot rentgensko slikanje: kosti bi se ločile od vseh drugih tkiv in tekočin v telesu.

Uporabljeni model izračunavanja dosega protonov v snovi ima seveda svoje pomanjkljivosti, a je precej enostaven in ne zahteva natančnega poznavanja interakcij med kvantnimi delci. Če nas zanima natančnejša obravnava gibanja posameznega protona skozi snov, se je treba zateči k metodam Monte Carlo (kratko MC). Z metodami MC pridemo do numeričnih rešitev fizikalnih problemov, ko je preverjanje z merjenji nemogoče (kot je nemogoče izmeriti hitrost protona po vsakem trku v snovi). Na trgu je več paketov MC, ki obravnavajo transport radiacije v snovi in omogočajo spremljanje vseh pomembnih fizikalnih količin v realni geometriji. A potrebujemo dobre računalniške zmogljivosti, saj simulacije že v enostavnih geometrijah, kot je vodni cilindri, v povprečju trajajo tisoč minut (vir 2).

Podobno kot protoni se v snovi obnašajo tudi drugi težji ioni, ki bi lahko imeli še bolj uničevalen učinek na tumorje. Raziskave z ioni helija in ogljika kažejo, da predvsem slednji tako

Že na prvi pogled je vidno, da ima snop protonov v kosti najkrajši doseg. Dosega snopov protonov v mišici in vodi pa sta precej podobna.

Raziskave z ioni helija in ogljika kažejo, da predvsem slednji tako poškodujejo rakaste celice, da se te ne morejo več obnoviti in propadejo.

poškodujejo rakaste celice, da se te ne morejo več obnoviti in propadejo. Terapija z ioni ogljika bi v prihodnosti lahko bila optimalna izbira za zdravljenje nekaterih vrst tumorjev (vir 3).

Ta članek je povzetek raziskovalne naloge z naslovom »Pot protonov v snovi« (vir 9), ki je bila izdelana na Gimnaziji Velenje in predstavljena v okviru gibanja Mladi raziskovalci v šolskem letu 2018/19. Avtorica se je pogumno odločila za raziskavo, za katero je bilo treba izdelati računalniško simulacijo. Želja, da se nauči osnov programiranja v C++, je bila dodatna motivacija za uspešen zaključek.

Viri in literatura

- [1] Bon Klanjšček, M., Felda D. (2012). Matematika 4: učbenik za gimnazije. Ljubljana: DZS.
- [2] Bozkurt, A. (2017). Monte Carlo calculation of proton stopping power and ranges in water for therapeutic energies, EPJ Web of Conferences **154**, 01007.
- [3] Cirilli, M. (2018). From particle physics to medtech and biomedical research. EPN 49/5&6.
- [4] Leo, W. R. (1987). Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments: A How to Approach. Springer Verlag Berlin, Heidelberg.
- [5] Mohorič, A. (2014). Fizika 3: učbenik za fiziko v 3. letniku gimnazij in štiriletnih strokovnih šol. Ljubljana: Mladinska knjiga.
- [6] Newhauser, W. D., Zhang, R. (2015). The Physics of Proton Therapy. IoP Publishing, Philadelphia.
- [7] Paganetti, H. (2017). Proton Beam Therapy. IoP Publishing, Philadelphia.
- [8] Razdevšek, G. (2018). Simulacija doze pri protonski terapiji v dinamični geometriji. FMF – Fakulteta za matematiko in fiziko, Ljubljana.
- [9] Vipavc, N. (2019). Pot protonov v snovi. Šolski center Velenje – Gimnazija, Velenje.
- [10] NIST (National Institute of Standards and Technology). www.physics.nist.gov/PhysRefData/Star/Text/PSTAR.html (23. 12. 2018).
- [11] PDG (Particle Data Group). <http://pdg.lbl.gov/2019/AtomicNuclearProperties/index.html> (5. 1. 2019).
- [12] Proton Therapy, Wikipedia. www.en.wikipedia.org/wiki/Proton_therapy (18. 1. 2019).

Aktivni pouk: zakaj in kako

dr. Gorazd Planinšič

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko

Izvelek

V članku so predstavljeni glavni razlogi in motivi za izvajanje aktivnega pouka ter predlagani kriteriji, po katerih lahko učitelji presojujejo različne aktivne pristope. Kot primer aktivnega učenja je opisano učno zaporedje, ki dijakom pomaga konstruirati pojem superpozicije valov.

Ključne besede: aktivni pouk, aktivni pristopi, konstruiranje novega znanja, aktivno testiranje idej, opazovalni poskus, testni poskus, aplikativni poskusi, *Znanstvenoraziskovalno učno okolje (Investigative Science Learning Environment, ISLE)*

Active Lessons: Why and How

Abstract

The article presents the main reasons and motives for implementing active lessons and suggests criteria which teachers can use to assess various active approaches. As an example of active learning, it describes a learning sequence that helps secondary school students to build the concept of the superposition of waves.

Keywords: active lessons, active approaches, building new knowledge, actively testing ideas, observational experiment, test experiment, applied experiments, *Znanstvenoraziskovalno učno okolje (Investigative Science Learning Environment, ISLE)*

Uvod

Danes imamo neizpodbitne dokaze za to, da morajo ljudje, če se želijo česarkoli naučiti, biti aktivni udeleženci v učnem procesu, ne le pasivni opazovalci. Dokazi prihajajo z več področij in se med seboj dopolnjujejo. Številne raziskave s področja izobraževalne fizike (na primer [1–4]) kažejo, da se študenti, ki poslušajo tradicionalna predavanja, kjer učitelji razlagajo snov, študenti pa so pasivni »sprejemniki« podanega znanja, naučijo znatno manj kot študenti, ki so isto snov doživeli pri pouku, ki študente načrtno vključuje v konstruiranje novega znanja (t. i. pouk z interaktivno udeležbo, ali krajše, aktivni pouk). Študije, ki so bile narejene na več deset tisoč študentih, so pokazale, da so rezultati neodvisni od velikosti razredov, od vrste in ugleda institucije pa tudi od karizmatičnosti učitelja oziroma njenega/njegovega slovesa. Mitchell Waldrop gre v članku, ki ga je objavil v reviji *Science*, tako daleč, da zapiše, da je danes neetično poučevati drugače kot s pristopi, ki temeljijo na aktivnem pouku [5]. Drugi dokazi prihajajo iz proučevanja, kako delujejo človeški možgani in kako se ljudje učimo. Zahvaljujoč se metodam, kot sta funkcionalno slikanje z magnetno resonanco (fMRI) in pozitronska emisijska

tomografija (PET), se je naše razumevanje tega, kako se ljudje učimo, v zadnjih desetletjih znatno izboljšalo [6, 7]. Naj povzamem le tri spoznanja, ki so za našo razpravo še posebej pomembna (kogar zanima več, toplo priporočam branje knjižice [7], ki je napisana prav za učitelje):

1. Ko se učimo, se naši možgani fizično spreminjajo, ustvarjajo se nove nevrnske povezave. To pomeni, da učenje ni nek nezaznaven proces, temveč proces, ki ga lahko opazujemo in raziskujemo.
2. Nevronskih povezav ne moremo izbrisati, lahko pa jih na novo ustvarjamo in krepimo. To pomeni, da znanja, izkušenj, predstav ... s katerimi pridejo dijaki v šolo, ne moremo izbrisati. Stare povezave (nekateri jim pravijo naivne ali napačne predstave) za vselej ostanejo in se sprožijo v situacijah, ko ni spodbud za proženje novonastalih povezav. Ta ugotovitev velja za vse ljudi, ne glede na starost in izobrazbo. S stališča poučevanja je zato dosti bolj produktivno razmišljati, kako graditi na obstoječem znanju in ga povezovati z novim, kot pa kako »izbrisati« neustrezno znanje (stare nevrnske povezave) in ga nadomestiti z no-

vim. Zato izraze, kot so naivne ali napačne razlage (angleško *misconceptions*), v strokovni pedagoški literaturi vse pogosteje nadomeščajo z izrazi dijaške ideje ali (dijaške) težave.

3. Aktivno testiranje idej je sestavni del naravnega procesa učenja. Aktivno testiranje moramo izvesti sami in takrat, ko se ideje pojavijo, ne pa »naslednji torek pri laboratorijskem delu«. V zelo poenostavljeni sliki se učenje začne s sprejemanjem informacij iz okolice prek čutov (gledamo, poslušamo, vohamo, tipamo ...). Temu sledi korak, v katerem damo sprejetim informacijam pomen in ga primerjamo, razvrščamo, povezujemo z obstoječim znanjem. Nato sledi najustvarjalnejši in najrazburljivejši korak: porajajo se nam nove ideje, načrti, ugibanja, sklepi, sodbe ... (kot kombinacija sprejetih informacij in že usvojene znanja), ki jih želimo takoj testirati, preveriti, ali imamo prav. Ta težnja, želja po testiranju lastnih idej, je del naravnega procesa učenja, ki ga lahko opazimo že pri najmlajših otrocih. Tradicionalni način poučevanja načrtno vključuje in nadzira prva dva koraka (sprejemanje informacij in razvrščanje/primerjava informacij z že usvojenim znanjem), ne pa aktivnega testiranja.

Aktivni učni pristopi

Poleg novih znanstvenih spoznanj o procesu učenja pa na izobraževanje in posledično na načine poučevanja vplivajo tudi družbenoekonomski dejavniki. Med najvplivnejšimi so potrebe trga dela, ki so v veliki meri posledica vse hitrejšega razvoja znanosti in tehnologije (glej na primer [8, 9]). Katera znanja, kompetence in vrednote bodo potrebovale današnje generacije dijakov in študentov za uspešno življenje, je jasno izraženo v stališčih Organizacije za ekonomsko sodelovanje in razvoj – OECD, ki so bila objavljena lani in pod katera je podpisana tudi predstavnica slovenskega Ministrstva za izobraževanje, znanost in šport [10]. V dokumentu piše, da bodo današnje generacije za uspešno življenje potrebovale ne le *normativna znanja* določene discipline (v našem primeru je to znanje fizike), pač pa tudi *praktična znanja*, povezana z disciplino (kako nekaj naredimo/izdelamo ... in kateri koraki so potrebni za uspešno izvedbo tega), in *epistemološka znanja* o disciplini, to je, kako razmišljati kot fizičarka/fizik (biologinja, zgodovinarica, matematičarka ...), kako prepoznati, ali je neka izjava, sodba, napoved ... znanstvena, npr. kako ločiti med astronomijo in astrologijo.

Naj strnem. Dva izmed največjih izzivov današnjega izobraževanja sta:

- 1) kako doseči, da bodo dijaki aktivno vključeni v vse faze pouka (učinkovit aktivni pouk), in

- 2) kako pomagati dijaku, da bodo razvili epistemološka znanja o disciplini (kako razmišljati kot fizik/fizičarka).

Vprašanji sta v resnici povezani, saj nam spoznanja o delovanju možganov in učenju povedo, da drugega ne moremo doseči brez prvega. Enako pomembno je tudi vprašanje, kako v okviru naravoslovnih predmetov razvijati inženirske/tehnične kompetence, tako da bo to skladno z reševanjem prvih dveh izzivov, toda v tem članku se bom osredotočil le na prva omenjena izziva.

Logična posledica prej omenjenih izsledkov raziskav in pričakovanj trga dela je razvoj številni učnih pristopov po vsem svetu. Verjetno najobširnejši pregled različnih aktivnih pristopov za poučevanje fizike najdemo na ameriški spletni strani Physport, kjer je predstavljenih skoraj 60 različnih pristopov (<https://www.physport.org>). Kako presojati različne aktivne pristope? Čeprav je zbranim pristopom skupno to, da poskušajo doseči aktivno vključenost dijakov pri konstruiranju njihovega znanja, so med pristopi velike razlike. Iz podatkov na spletni strani lahko na primer razberemo velikost skupin in stopnjo zahtevnosti, za katere je posamezni pristop primeren, poglavja fizike, za katera so na voljo gradiva, do kolikšne mere je pristop testiran v praksi ter ali je pristop razvit na podlagi raziskovanj. Žal pa iz podanih opisov ni neposredno razvidna najpomembnejša razlika med pristopi. Številni navedeni pristopi sodijo med metode ali tehnike, ki so sicer lahko koristne pri različnih oblikah pouka (vključno s tradicionalnim načinom poučevanja), ne predstavljajo pa skladnega, celostnega pogleda na poučevanje in učenje, nimajo jasnega teoretičnega ozadja in so pogosto testirani le v omejenem obsegu ali pa sploh ne. Čeprav se na prvi pogled morda komu zdi, da teoretično ozadje nekega pristopa za praksa ni pomembno, pa se pomanjkljivosti takšnih pristopov pokažejo prav tedaj, ko jih želimo prenesti v prakso. Ker pričujoči članek ni namenjen poglobljanju v teoretične razprave, naj dodam le misel Postmana in Weingartnerja [11]. Avtorja opozarjata na nevarnost umetnega ločevanja med *znanjem* in *procesom konstruiranja tega znanja*. Opozarjata: »Medij je sporočilo,« in dodajata:

»Medij je sporočilo« pomeni, da je iznajdba dihotomije¹ med vsebino in metodo tako naivna kot nevarna. To pomeni, da je kritična vsebina vsake učne izkušnje metoda ali postopek, skozi katerega se učenje izvaja. (Str. 19)«

Preprosto povedano, pristop, ki ga uporabljamo pri pouku, je prav tako sporočilo dijaku in igra ključno vlogo pri pouku. Če pristop temelji na podajanju znanja kot dokončne resnice s strani avtoritete (npr. pri tradicionalnem poučevanju je avtoriteta učitelj, pri »obrnjenem učenju« (angleško *flipped classroom*) je to knjiga ali spletna stran), potem s takšnim načinom poučevanja dijaku

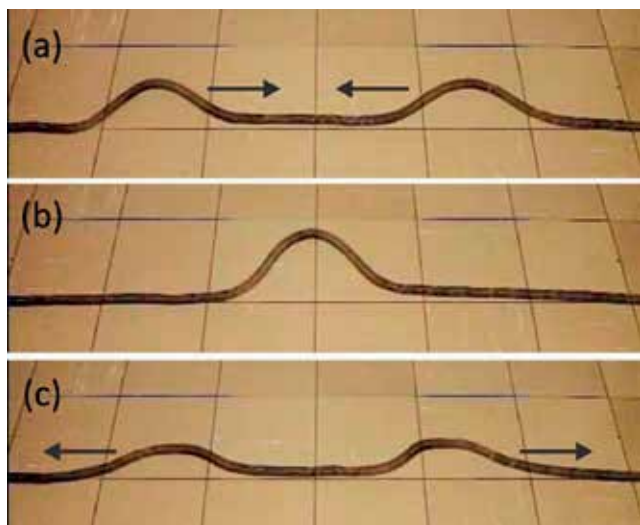
¹ Dihotomija pomeni ločevanje na dva med seboj nasprotna dela.

sporočamo tudi, kako nastaja novo znanje v disciplini, ki jo predstavlja predmet. Očitno je, da novo znanje pri tradicionalnem pouku ali obrnjenem učenju ne nastaja tako kot v znanosti in zato takšen način poučevanja ne razvija epistemološkega znanja o disciplini. Zdaj ko smo spoznali osnovne elemente, na katerih sloni aktivni pouk, in kriterije, po katerih lahko presojamo pristope, pogledjmo konkreten primer aktivnega pouka vsebine, ki sodi v gimnazijski učni načrt.

Primer aktivnega pouka

Predstavljajte si, da smo začeli poglavje o mehanskem valovanju. Dijaki že vedo, da je val potovanje motnje in ne potovanje snovi. Naslednji cilj je, da dijaki sami (ob primerni podpori učitelja) odkrijejo/konstruirajo pojem superpozicije valov. Začnemo z motivacijskim uvodom: »Kako delujejo protihrupne slušalke? Na koncu tega poglavja boste znali odgovoriti na to vprašanje.«

Za odgovor na motivacijsko vprašanje moramo najprej podrobneje raziskati, kaj se dogaja, ko se dva valova srečata. Dijaki delajo v majhnih skupinah. Začnemo z *opazovalnim poskusom*. To je čim preprostejši poskus, ki dijakom omogoča, da opazijo želeni pojav, ki je osrednja tema pouka. Opazovalni poskus za naš primer je takle: Vsaki skupini damo dolgo, mehko vzmet in jim naročimo, naj naredijo dve *enaki* motnji na nasprotnih koncih dolge vzmeti, tako da hitro sunejo vzmet levo-desno v prečni smeri glede na vzmet. Naročimo jim, naj opazujejo in opišejo, kaj se zgodi z motnjama. Dijaki povedo, da se motnji najprej približujeta druga drugi, se srečata, nato pa se oddaljujeta druga od druge (slika 1). Potem ko vidijo izvedbo poskusa, si lahko ogledajo še upočasnjeni video posnetek istega poskusa (https://youtu.be/KOT_AAE9NLA) ali celo sami posnamejo video. Nato spodbudimo skupine dijakov, da predlagajo mogoče razlage za opaženo obnašanje motenj.







Slika 1: Opazovalni poskus: dve enaki motnji se približujeta druga drugi (a), se srečata (b) in se oddaljujeta druga od druge (c).

Dijaki običajno predlagajo dve razlagi [12]. Nekateri razlagajo interakcijo motenj podobno kot trk dveh teles in pravijo, da se motnji »odbijeta« (Razlaga 1). Druga razlaga, ki jo dijaki pogosto predlagajo, je, da motnji »preideta skozi«, ne da bi vplivali druga na drugo (Razlaga 2).

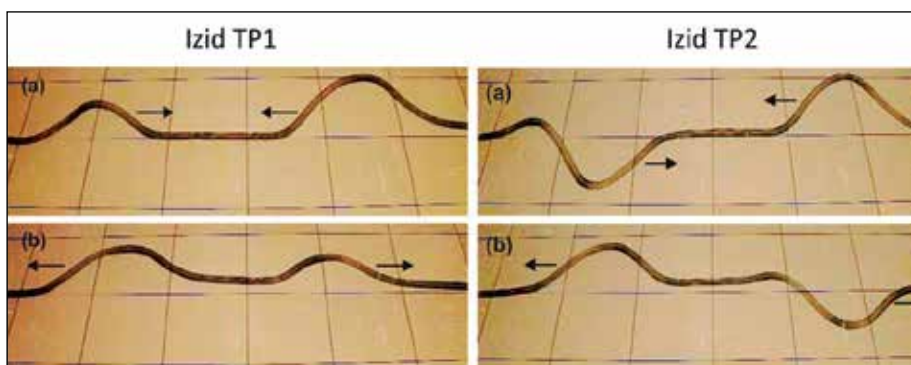
To je pravi trenutek, da se z dijaki pogovorimo o tem, kako ravnajo znanstveniki, kadar imajo več različnih razlag za nek pojav (če nismo tega storili že prej). V takšnem primeru predlagajo nove poskuse, imenovali jih bomo *testni poskusi*, katerih izide lahko napovejo na podlagi razlag, ki jih testirajo. Tudi mi bomo ravnali enako, da ugotovimo, katera od predlaganih razlag je boljša. Izkušnje kažejo, da dijaki predlagajo enega ali oba od naslednjih testnih poskusov: 1) naredimo dve motnji z različnima amplitudama v isti smeri, 2) naredimo dve motnji z enakima amplitudama, toda s sunkom rok v nasprotnih smereh. Na tem mestu večino učiteljev, ki se prvič srečajo s tem pristopom (vključno z avtorjem članka), premami skušnjava, da naročijo dijakom, naj kar izvedejo testna poskusa, ali pa jih celo demonstrirajo sami in ponosno zaključijo, da smo ovrgli Razlago 1 (izida poskusov kaže slika 3). Mnogo bolje je, če počakamo z izvedbo testnih poskusov in najprej naročimo dijakom, da *napovejo* izide testnih poskusov *na podlagi razlag*, ki jih testiramo. Ko dijaki oblikujejo napovedi na podlagi razlag, uporabljajo predhodno usvojeno znanje v novi situaciji, povezujejo staro znanje z novim znanjem in tako gradijo povezano, koherentno znanje. Dijake spodbujamo, da predstavijo svoje napovedi in da pri tem uporabljajo različne upodobitve. Slika 2 kaže napovedi v obliki grafičnih upodobitev za naš primer.

Zdaj šele naročimo dijakom, naj izvedejo testne poskuse (slika 3), opišejo izide poskusov, jih primerjajo z napovedmi in podajo sodbe o razlagah, ki jih testiramo (počasna posnetka izidov testnih poskusov sta dostopna na <https://youtu.be/etOKogR1y6o> in <https://youtu.be/N9PSegmtDMI>). Dijaki ugotovijo, da se izidi poskusov ujemajo z napovedmi na podlagi Razlage 2 in da se ne ujemajo z napovedmi na podlagi Razlage 1. Na podlagi tega dijaki zaključijo, da smo ovrgli Razlago 1, Razlage 2 pa na podlagi teh poskusov ne moremo ovreči in jo zato sprejmemo kot pravilno.

Nato dijake spodbujamo, da poskusijo izboljšati Razlago 2, ki smo jo sprejeli kot pravilno. Naročimo jim, da ponovno pogledajo začetni opazovalni poskus in pozorno opazujejo največje odmike od ravnovesne lege (amplitude). Dijaki bodo opazili, da je amplituda, ko se motnji povsem prekrivata, približno dvakrat večja od amplitud motenj, preden se srečata (glej sliko 1). Na podlagi tega opažanja oblikujejo izboljšano razlago: »Ko se motnji srečata, je odmik vzmeti enak vsoti odmikov posameznih motenj.« Zdaj naročimo dijakom, da uporabijo izboljšano razlago in napovejo, kaj se zgodi, ko se prekrivata motnji z enakima amplitudama v nasprotnih smereh (testni poskus 2). Dijaki napovejo, da bo odmik

Testni poskusi:	Napoved za izid TP na podlagi ...	
TP1. Naredi dve različno veliki motnji	R1: "Se odbijeta" 	R2: "Gresta skozi" 
TP2. Naredi dve enaki in nasprotni motnji		

Slika 2: Napovedi za izide dveh testnih poskusov na podlagi dveh razlag, ki jih testiramo.



Slika 3: Izida testnih poskusov. Dve različno veliki motnji (levo) in dve enaki in nasprotni motnji (desno). Sliki (a) kažeta situacijo pred srečanjem motenj, sliki (b) pa po tem.

vzmeti povsod enak nič, vzmet bo videti ravna. Poskus smo izvedli že pri prvem testiranju, toda tokrat ga podrobneje analiziramo s pregledom počasnega posnetka (<https://youtu.be/N9PSegmtDMI>). Dijaki opazijo, da je v trenutku, ko se motnji prekrivata, vzmet videti skoraj ravna, toda ne povsem ravna, kot so napovedali (slika 4).

To je priložnost, da se z dijaki pogovorimo o vlogi *predpostavke*.² Pri oblikovanju napovedi smo predpostavili, da sta obliki motenj povsem enaki. Če ponovno pogledamo počasni posnetek, res opazimo podobni, toda ne povsem enaki obliki (s tem smo preverili veljavnost predpostavke, ne pa testirali razlage), kar pojasni, zakaj odmiki vzmeti, ko se motnji prekrivata, niso natanko nič. Čim

bolj enaka je oblika nasprotnih motenj, tem bolj se motnji »izničita«, ko se prekrivata. Ali nam to spoznanje lahko koristi v vsakdanjem življenju? Vrnimo se na vprašanje z začetka ure: kako delujejo protihrupne slušalke? Privzemimo, da je zvok valovanje (lahko povemo, da bomo zvok podrobneje raziskovali v naslednjih urah). Hrup lahko »izničimo« tako, da na bobnič usmerimo dodaten zvok – enako valovanje, kot prihaja iz okolice, toda z nasprotnimi odmiki. Protihrupne slušalke imajo vgrajen mikrofoni, ki sprejema zvok iz okolice, mu zamenja predznak odmikov, ga še primerno ojači in usmeri na bobnič v našem ušesu, kjer se ta zvok izniči z zvokom, ki prihaja iz okolice. Zdaj je pravi čas, da učitelj poimenuje novo odkriti model za obnašanje valov: *superpozicija*.



Slika 4: Podrobno opazovanje srečanja dveh enakih nasprotnih motenj. V trenutku (c), ko se motnji prekrivata, je vzmet skoraj ravna.

² Predpostavke so ključni del vsakega znanstvenega razmišljanja, ki pa jih pri tradicionalnem načinu poučevanja dijaki skorajda ne srečajo. Razlog je preprost. Tradicionalni pouk podaja že predelano, prečiščeno znanje, končno »resnico«, predpostavke pa so ključne pri nastajanju, konstruiranju znanja.

Aktivnost o superpoziciji je povzeta po zbirki *Active Learning Guide* [13], ki je spremno gradivo učbenika za osnovno fiziko [14]. Učbenik in zbirka v celoti sledita učnemu sistemu *Investigative Science Learning Environment* (s kratico ISLE, izgovorimo »ajl«) ali po slovensko *Znanstvenoraziskovalno učno okolje*. ISLE je zasnovala Eugenia Etkina z Univerze Rutgers, ZDA, pomembne izboljšave pa je prispeval Alan Van Heuvelen [15, 16]. Avtor tega članka se je priključil razvijalcem ISLE pri raziskavah in pri pisanju druge izdaje učbenika in zbirke aktivnosti. Kot je omenjeno v uvodu, obstaja množica različnih aktivnih načinov poučevanja, ki jim je skupno to, da poskušajo doseči aktivno vključenost dijakov pri usvajanju novega znanja. Opisani zgled aktivnega pouka sem izbral ne le zato, ker ISLE najbolj poznam, temveč tudi zato, ker je ISLE celosten učni pristop, združuje različne teoretične okvirje, je preizkušen z različnimi ciljnim skupinami v različnih državah in je, kolikor je meni znano, edini učni pristop, ki posnema način razmišljanja znanstvenikov (fizikov), ko konstruirajo novo znanje ali uporabljajo obstoječe znanje. Kot smo omenili uvodoma, je prav to ena izmed ključnih nalog prihodnjega izobraževanja (razvijanje epistemoloških znanj). To so tudi glavni razlogi, da smo v zadnjih letih učni sistem ISLE integrirali tudi v študijski program Pedagoška fizika na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani, kjer izobražujemo bodoče srednješolske učitelje in učiteljice fizike.

Zgled s superpozicijo valov sem izbral, ker je preprost, a obenem dovolj bogat, da smo lahko ob njem spoznali glavne značilnosti aktivnega pouka in značilnosti ISLE kot vzorčnega aktivnega pristopa. Toda pri tem obstaja nevarnost, da zgled vzamemo preveč dobesedno ali pa ga preveč posplošimo. Zato se vrnimo k aktivnosti o superpoziciji in dodajmo nekatere komentarje in opozorila.

1. Če primerjamo vlogo, ki jo imajo poskusi v tradicionalnem poučevanju, z vlogami, ki jih imajo v aktivnosti o superpoziciji, opazimo pomembno razliko. V tradicionalnem poučevanju pravimo poskusom *demonstracijski poskusi*, njihove vloge pa so naslednje: omogočajo učitelju, da bodisi pokaže pojave, o katerih predava, bodisi verificira teorijo (ki jo pred tem predstavi) ali pa pokaže uporabo novih fizikalnih spoznanj. V vseh treh primerih je glavni igralec učitelj, na kar kaže in k čemur spodbuja tudi izraz »demonstracijski«. V prej opisani aktivnosti (kot tudi v celotnem pristopu ISLE) pa poskuse ločimo na *opazovalne, testne in aplikativne poskuse*. Opazovalni poskusi omogočajo dijaku, da opazijo ključne vzorce/značilnosti. Testni poskusi jim omogočajo, da testirajo različne ideje. Aplikativni poskusi pa dijaku omogočajo, da poglobljajo usvojeno znanje in ga povezujejo v koherentno celoto. V vseh treh primerih je glavni igralec dijak/dijakinja.

2. Opisana aktivnost lahko vzbudi napačen vtis, da so za aktivno učenje (in še posebej za ISLE) poskusi nujni. To ni res. Besedo »poskus« je treba razumeti širše. Pri številnih poglavjih nimamo na voljo ustreznih poskusov, bodisi zato, ker so časovno potratni za izvedbo v razredu, predragi, prenevarni, se zgodijo prehitro itd. V takšnih primerih lahko poskuse (v vseh treh prej omenjenih vlogah) nadomestimo s simulacijami, z že izmerjeni ali vnaprej pripravljenimi podatki. To še posebej velja za konstruiranje kvantitativnega opisa pojavov (enačb), ki sledi kvalitativnemu odkrivanju. Spomnimo se – medij je sporočilo; velika razlika je, ali učitelj na tablo napiše enačbo in pove, kaj opisuje (na primer Coulombov zakon), ali pa dijaki najprej na podlagi preišljeno pripravljenih meritev v tabeli sami ugotovijo, da je električna sila sorazmerna produktu nabojev opazovanih teles in obratno sorazmerna s kvadratom razdalje med telesoma, nato pa učitelj napiše enačbo.

3. Če pozorno berete opis aktivnosti, opazite, da dijake sprašujemo po napovedih šele, ko jih lahko podajo na podlagi *razlag, ki jih testirajo*, ne pa na primer pred izvedbo opazovalnih poskusov, ko sploh še nimajo osnovnega znanja o novi snovi in ko lahko podajo napovedi kvečjemu na podlagi intuicije, kar na mnoge (pogosto dekleta) deluje zastrašujoče. To je posebna značilnost pristopa ISLE in se je dosledno držimo. Na ta način ravnamo podobno, kot je to v znanosti, obenem pa ustvarjamo okolje, ki daje možnost vsem dijakom, da se počutijo vključeni v pouk.

Namesto zaključka

Bralci te revije vedo, da je ideja o aktivnem pouku že dalj časa prisotna v našem prostoru. V veljavnem učnem načrtu za fiziko za gimnazije [17], ki je nastal leta 2008, smo snovalci učnega načrta zapisali, da »mora učitelj poskrbeti, da v frontalni pouk vpelje nove oblike in pristope, ki spodbudijo aktivno sodelovanje **vseh** učencev« (poudarek je v originalu). Res je, da je navedeni stavek zapisan v didaktičnih priporočilih, ki niso zavezujoča in jih zato malokdo bere, toda vseeno se lahko vprašamo: Kako to, da se, kljub tako jasnim priporočilom, po enajstih letih aktivni pouk izvaja komaj kje v naših šolah? Odgovornost za to ni na strani učiteljev, pač pa na strani snovalcev učnega načrta. Vedeli smo, da je aktivni pouk znatno boljši od tradicionalnega načina poučevanja in da ga moramo začeti uvajati v naše šole, toda nismo imeli dovolj znanja o tem, kako ga zares izvajati. Poznali smo nekatere metode in tehnike, ki smo jih preizkusili na izbranih temah, nismo pa imeli celostnega pogleda, ki je potreben (na pa zadosten) pogoj za usklajeno transformacijo učenja in poučevanja. Danes vemo mnogo več o tem, kako izvajati aktivni pouk,³ na voljo so testirani

³ Danes bi na primer namesto »frontalni pouk« zapisali »delo v majhnih skupinah«.

celostni pristopi, razvita so preizkušena gradiva, o aktivnem pouku se pogovarjamo in o njem pišemo – edino, kar še moramo spremeniti, je miselnost, pa bo aktivni pouk lahko zares zaživel v šolah.

Zahvala

Avtor se zahvaljuje Alešu Mohoriču in Sergeju Faletiču za koristne nasvete pri pisanju članka.

Literatura

- [1] Hake, R. R. (1998). Interactive-engagementversustraditionalmethods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *Am. J. Phys.*, **66**(1), 64–74.
- [2] Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., in Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **111**(23), 8410–8415.
- [3] Michael, J. (2006). Where's the evidence that active learning works? *Advances in Physiology Education*, **30**(4), 159–167.
- [4] Von Korff, J., Archibeque, B., Gomez, K. A., Heckendorf, T., McKagan, S. B., Sayre, E. C., ...Sorell, L. (2016). Secondary analysis of teaching methods in introductory physics: A 50k-student study. *Am. J. Phys.*, **84**(12), 969–974.
- [5] Waldrop, M. M. (2015). The science of teaching science. *Nature*, 523(7560), 272–274.
- [6] D. A. Sousa (ur.) idr. (2010). *Mind, brain and education*, Solution Tree Press, Bloomington, IN.
- [7] Zull, J. E. (2002). *The art of changing the brain: enriching teaching by exploring the biology of learning* (1st ed.). Virginia: Stylus Publishing.
- [8] Wilson, H. J., Daugherty P. R. (2018). Collaborative Intelligence: Humans and AI Are Joining Forces, *Harvard Business Review*, Jul-Aug, 2–11.
- [9] Ivanitskii, G. R. (2018). The robot and the human. Where's their similarity limit? *Phys.Usp.* **61**, 871–895.
- [10] OECD. (2018). The future of education and skills Education 2030 – The future we want. OECD [https://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20\(05.04.2018\).pdf](https://www.oecd.org/education/2030/E2030%20Position%20Paper%20(05.04.2018).pdf) (preneseno 12. 10. 2019)
- [11] N. Postman and C. Weingartner (1969). *Teaching as a subversive activity*, Delacorte Press, New York.
- [12] M. C. Wittmann, R. N. Steinberg, and E. F. Redish (1999). *Phys. Teach.* **37**, 15–21.
- [13] E. Etkina, D. Brookes, G. Planinsic, and A. Van Heuvelen (2019), *Active Learning Guide for College Physics: Explore and Apply*, 2nd Edition, Pearson, San Francisco, CA.
- [14] Etkina, E., Planinsic, G., in Van Heuvelen, A. (2019). *College Physics: Explore and Apply* (2nd ed.). San Francisco, CA: Pearson.
- [15] Etkina, E. (2015). Millikan award lecture: Students of physics - Listeners, observers, or collaborative participants in physics scientific practices? *Am. J. Phys.*, **83**(8), 669–679.
- [16] E. Etkina and A. Van Heuvelen (2007), in *Research-Based Reform of University Physics*, edited by E. F. Redish and P. J. Cooney, vol. 1, URL www.compadre.org/per/per_reviews/media/volume1/isle-2007.pdf. (preneseno 12. 10. 2019)
- [17] http://eportal.mss.edus.si/msswww/programi2018/programi/media/pdf/un_gimnazija/2015/UN-FIZIKA-gimn-12.pdf (preneseno 12. 10. 2019)

Vključevanje nadarjenih učencev v interesno dejavnost Naravoslovne urice

Tatjana Hedžet

Osnovna šola Vojnik

Izvleček

Nadarjeni učenci imajo posebno sposobnost oziroma talent, s katerim lahko veliko prispevajo k družbi. Učiteljeva naloga je, da jim te sposobnosti pomaga razvijati, zlasti sposobnost iskanja novih odgovorov na vprašanja. Na šoli se vsako leto srečujemo s problemom, kako nadarjene učence čim aktivneje vključiti, jim ponuditi nove izzive ter jih povezati, da bodo svoje znanje prenašali na druge. S pomočjo nadarjenih učencev iz višjih razredov smo oblikovali interesno dejavnost s področja naravoslovja in jim omogočili, da pripravijo eksperimente in vodijo dejavnost za mlajše učence. S tem so spoznali nov način dela, kjer so lahko pokazali svoje voditeljske sposobnosti in svoj talent, svoje znanje pa prenašali na učence iz nižjih razredov ter pri njih spodbujali opazovanje, radovednost, vedoželjnost, razmišljanje, sklepanje ... Taka oblika dela je prinesla same pozitivne odzive učencev, staršev pa tudi drugih delavcev šole. Vemo, da so nadpovprečno sposobni učenci naše največje bogastvo, zato jih ne smemo zanemariti, ampak čim bolj izkoristiti njihove sposobnosti.

Ključne besede: nadarjeni učenci, Naravoslovne urice, eksperimentiranje

The Inclusion of Gifted Pupils at the Implementation of the Interest Activity of the Science Class

Abstract

Gifted pupils have a special ability or talent, with which they can greatly contribute to society. The teacher's task is to help develop these skills in learners and to develop the ability to find new answers to questions. At school we encounter the problem of how to involve talented students as actively as possible and to offer them new challenges and connect them in order to transfer their knowledge to others. With the help of gifted pupils from higher grades, we have created an interest activity in the field of science and enabled them to prepare experiments and lead activities for younger school children. Thus they have learned a new way of working, where they could show their leadership skills and their talent. They transferred their knowledge to younger students from lower grades, and encouraged their observation, curiosity, thinking, reasoning ... This kind of work was positively accepted by the parents and other school workers. We know that gifted pupils are our greatest assets and should not be neglected, but to make the most of their abilities.

Keywords: gifted pupils, science classes, experimentation

Na začetku

V zadnjem času se je število tekmovanj v osnovni šoli zelo povečalo. Nekateri učitelji pripravljajo učence tudi na več tekmovanj in so s tekmovanji močno obremenjeni, kajti učence je treba zelo dobro pripraviti. Več tekmovanj je v zadnji, tretji triadi osnovne šole.

Kresnička je tekmovanje iz znanja naravoslovja, ki se je začelo pred tremi leti, v šolskem letu 2014/15. Tekmova-

nje organizira Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije (DMFA), ki je želelo spodbuditi zanimanje za naravoslovje pri mlajših učencih. Tekmovanje je namenjeno učencem od 1. do 7. razreda osnovne šole. Pomemben del tekmovanja so poskusi, ki jih učenci lahko naredijo tudi doma, bolj zaželeno pa je, da jih izvedejo v šoli. Naloge na tekmovanju so vezane na opazovanje poskusov ter na določene pojave, ki jih spremljajo.

Poskusi se večinoma navezujejo na vsebine v veljavnih učnih načrtih pri naravoslovnih predmetih.

Tudi na naši šoli smo se odločili, da k tekmovanju povabimo čim več učencev in s tem pri njih širimo naravoslovno znanje. Vendar se je pojavila težava, kako izvesti vse te poskuse, da bodo imeli vsi učenci enake pogoje pri tekmovanju.

Potek dejavnosti

Zato smo učencem na šoli ponudili interesno dejavnost Naravoslovne urice, kjer se lahko seznanijo s poskusi, se pripravijo na tekmovanje in razvijajo eksperimentalne veščine. Mentorstvo interesne dejavnosti je bilo dodeljeno meni kot vodji tekmovanja iz naravoslovja Kresnička. Razmišljati sem začela, kako bi v Naravoslovne urice vključila nadarjene učence iz 8. in 9. razreda, da bi skupaj z mlajšimi učenci razvijali naravoslovne spretnosti in opazovali, merili, razvrščali, domnevali, ugotavljali, grafično prikazovali podatke, brali tabele in grafe, beležili, sklepali, vrednotili ...

Zato sem se dokončno odločila, da v interesno dejavnost Naravoslovne urice vključim nadarjene učence, ki bi svoje znanje prenašali na mlajše učence, seveda z dogovorom z vodstvom in s svetovalno službo šole.

Za izvajanje interesne dejavnosti sem se dogovorila s skupino 12 nadarjenih učencev, ki bo pomagala pri Naravoslovnih uricah.

Skupaj smo poiskali ustrezen termin dejavnosti in se temeljito pripravljali na njeno vodenje. Vsak nadarjeni učenec si je izbral eksperiment za določen razred iz razpisa tekmovanja, si pripravil eksperiment in poiskal vse pripomočke v šolskem kabinetu, nekaj pa tudi doma.

S skupino učencev smo se dobili skoraj vsak dan po pouku. Učenci so postavljali mnoga vprašanja: zakaj, kako, koliko ... Vsak dan so me presenetili s svojim razmišljanjem, vedoželjnostjo, pripravljenostjo in rešitvami poskusa. Naravoslovne urice so se hitro bližale in vodje delavnic (učenci) so bili dobro pripravljene na izvajanje eksperimentov pred mlajšimi učenci šole.

Mlajši učenci so bili zelo navdušeni, da jih učijo »ta večji«. Nadarjeni učenci pa tudi zato, ker so lahko prenašali svoje znanje na mlajše učence.

Ob koncu interesne dejavnosti Naravoslovne urice smo bili zelo zadovoljni, najbolj veseli so bili nadarjeni učenci, ki so pripravili vse potrebno za izvajanje poskusov in vodenje dejavnosti. Prav lepo je bilo opazovati njihovo vodenje, kritično mišljenje in seveda motiviranost ter pripravljenost, da dodajo vrednost samemu učnemu procesu.



Slika 1: Naravoslovne urice za učence 2. razreda (foto: T. Hedžet).



Slika 2: Naravoslovne urice za učence 1. razreda (foto: T. Hedžet).

Zanimivo je bilo opazovati udeležence naravoslovnih uric, kako so bili motivirani in aktivno sodelovali. Naravoslovne urice smo z njihovo pomočjo popestrili in dokazali, kaj vse zmorejo naši učenci. Želimo si, da bi Naravoslovne urice zaživele na naši šoli. Nadarjenim učencem moramo omogočiti, da se na svojih močnih področjih potrjujejo, in jim velikokrat zaupati, da zmorejo veliko, potrebno je le malo spodbude, da si upajo in se dokažejo, ter verjeti, da to zmorejo.

Največje darilo zanje so bili nasmejani in zadovoljni udeleženci, prav s ponosom so jih opazovali in si ustvarili delovno disciplino.

Takšno izvajanje interesne dejavnosti je bilo velik izziv zame, še bolj pa za mojo skupino nadarjenih učencev. Upam, da bom s takim izvajanjem interesne dejavnosti s pomočjo nadarjenih učencev navdušila tudi svoje sodelavce.

Sklepne misli

Program za nadarjene učence je za vsako šolo velik izziv in vsi, ki delamo z njimi, si želimo, da bi vsak od njih našel svoje področje, ki bi ga izpopolnjeval, nadgrajeval in pri tem aktivno sodeloval.

Program dela z nadarjenimi učenci omogoča, da se učenci prostovoljno odločajo in uresničujejo svoje skrite zmožnosti ter da si sami izbirajo cilje na posameznem področju, dejavnosti, ki so jim najbližje, ter mentorja za uresničitev svojih ciljev.

Mentorstvo nadarjenim učencem je za vsakega učitelja odgovornost in prav je, da poiščemo nove izzive in tem učencem odpiramo nove poti.

Interesna dejavnost s pomočjo nadarjenih učencev pomaga prenašati znanje na mlajše učence in je dokaz dobre prakse, ki spodbuja vedoželjnost. S tem se nadarjeni učenci krepijo, rastejo in pridobivajo življenjske izkušnje, pozneje pa se hitreje vključijo v civilno družbo.

Menim, da je prav, da zanje poiščemo različne oblike dela in jih vključujemo v vzgojno-izobraževalni sistem, kjer bi lahko bili učiteljevi asistenti.

Zavedati se moramo, da so nadarjeni učenci skupina otrok, ki z nami odkrivajo vedoželjnost, zadovoljstvo in so nam v izziv, saj z nami delijo svoje odraščanje. Če bi zapravili svoje talente, bi bila to velika izguba za družbo, državo, še posebej pa za samega otroka.



Slika 3: Zadovoljstvo po uspešnem delu (foto: T. Hedžet).

Viri in literatura

- [1] Juriševič, M. (2012). *Nadarjeni učenci v slovenski šoli*. Ljubljana: Pedagoška fakulteta.
- [2] George, D. (1997). *Nadarjeni otrok kot izziv*. Ljubljana: Zavod Republike Slovenije za šolstvo.
- [3] http://www.mizs.gov.si/fileadmin/mizs.gov.si/pageuploads/podrocje/os/devetletka/program_drugo/Odkrivanje_in_delo_z_nadarjenimi_ucenci.pdf

Dan dejavnosti: gibanje in energija

Robert Buček

Osnovna šola Litija

Izvleček

Pri pouku fizike v 9. razredu spoznamo različne oblike gibanja in energije. Pri tem izvemo tudi veliko enačb. Ker pri pouku pogosto zmanjka časa za uporabo teh enačb na praktičnih primerih, so te vsebine uporabne za izvedbo dneva dejavnosti, lahko pa tudi drugje, npr. pri dodatnem pouku. Dan dejavnosti je zasnovan iz petih dejavnosti, ki jih učenci opravijo v petih šolskih urah. Te dejavnosti so povezane z električno energijo, toploto, energijo v hrani, energijo pri športu in z gibanjem ter so zasnovane tako, da je v ospredju samostojno delo učencev oz. manjše skupine učencev.

Gljučne besede: električna energija, toplota, hrana, energija in šport, enakomerno pospešeno gibanje, drugi Newtonov zakon

Activity Day – Motion and Energy

Abstract

During Physics lessons in the 9th grade we learn about different forms of motion and energy. In the process, we get to know many equations. As there is often not enough time during a lesson to use these equations on practical examples, it would be useful to hold an activity day, or to teach this subject matter elsewhere, e.g. during additional lessons. The activity day consists of five activities that the pupils perform during five periods. These activities are connected with electricity, heat, food energy, energy in sport and of motion, and have been designed to focus on pupils working independently or in smaller groups.

Keywords: electricity, heat, food, energy and sport, uniformly accelerated motion, Newton's second law

Uvod

V devetem razredu spoznamo gibanje in energijo v različnih oblikah. Pri pouku povemo pri teh poglavjih kar nekaj formul. Za popestritev lahko del ur ali ure namenimo uporabi formul v praktičnih primerih. Te teme so primerne tudi za izvedbo dneva dejavnosti. Opisan je primer takega dneva, sestavljenega iz različnih dejavnosti, ki so povezane z električno energijo, s toploto, z energijo, shranjeno v hrani, z dnevnimi potrebami po energiji ter z energijo pri športni dejavnosti. Zadnji del pa vključuje naloge, povezane z gibanjem. Vse dejavnosti so zastavljene tako, da je v ospredju samostojno delo učencev. Navodila za naloge so predstavljena tako, da jih lahko preuredimo v učne liste. Pri nekaterih nalogah lahko uporabimo program za delo s preglednicami.

S temi dejavnosti sledimo naslednjim splošnim učnim ciljem.

Učenci:

- načrtujejo in izvajajo preproste poskuse in raziskave, obdelujejo podatke, analizirajo rezultate poskusov in oblikujejo sklepe,

- preverjajo izide preprostih napovedi,
- predstavijo odvisnost količin z enačbami, berejo enačbe in izračunajo neznane količine v enačbi,
- uporabijo fizikalno znanje za razumevanje in poznavanje vsakdanjih izkušenj in pojavov,
- uporabljajo besedila s fizikalno vsebino, strokovno literaturo, e-gradiva, strokovne spletne strani in druge vire za pridobivanje znanje in podatkov.

Pri izvajanju pa preverjamo predvsem naslednje standarde znanja.

Učenec:

- pri opazovanju zbere kvalitativne in kvantitativne podatke ter jih ustrezno zapiše,
- po navodilih izvede fizikalne poskuse ter ustrezno zabeleži dogajanja in meritve,
- primerja svoje in rezultate drugih učencev ter ugotovi možne vzroke za odstopanja in napake,
- pri oblikovanju zaključkov in razlag poveže rezultate poskusov, teoretično znanje in druge podatke,
- odgovori na raziskovalno vprašanje.

Zasnova tehniškega dneva

1. poskus: Električna energija

- a) Z merilnikom porabljene moči učenci izmerijo moč, ki se troši na posamezni električni napravi.

Za naprave, pri katerih je merjenje oteženo, pa podatke poiščejo v različnih virih (npr. Tjaša Platovšek, Elekrika, Elektro Ljubljana) ali jih predhodno poiščejo doma. Za vsako napravo ocenijo, koliko časa v dnevu je priključena na električno napetost. Izračunajo približno ceno porabljene električne energije za posamezno napravo. Pri tem uporabijo formulo:

$$\text{cena} = \text{moč (kW)} \times \text{čas (h)} \times \text{cena za kWh.}$$

Ceno za kilovatno uro učenci dobijo na računu za električno energijo, ki ga prinesejo s seboj od doma. Izračune porabe moči in cene za posamezno napravo uredijo v tabeli. Na koncu izračunajo okvirni strošek porabe električne energije za en dan.



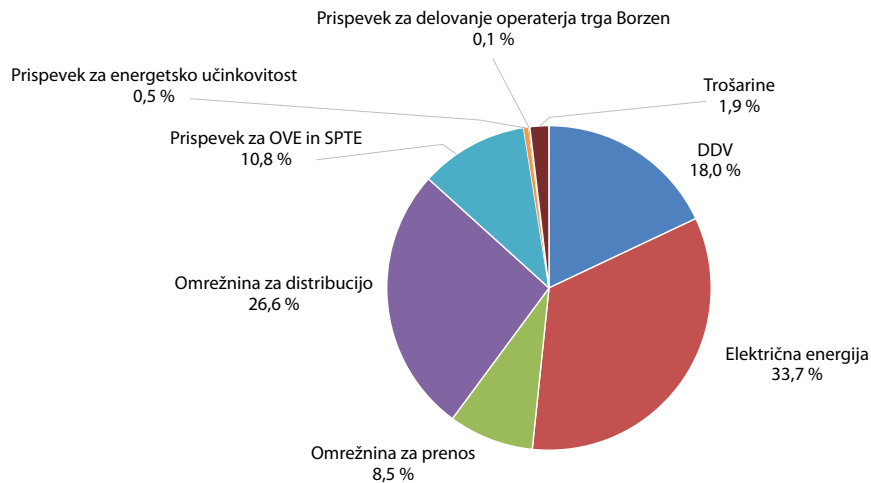
- b) Oglejajo si, iz česa je sestavljen konkretni račun za električno energijo (cena električne energije, omrežnina, prispevki, trošarina za električno energijo, davek na dodano vrednost).

Pojasnimo pomen posameznega dela [1]:

- električna energija – ceno v tem sklopu določa dobavitelj električne energije in se obračuna za vsako porabljeno kilovatno uro v večji (VT), manjši (MT) ali enotni (ET) tarifi; pojasnimo, kaj pomeni posamezna tarifa;
- omrežnina – plačilo za prenos in distribucijo električne energije po električnem omrežju do prevzemno-predajnega mesta;
- trošarina – se obračuna za vsako porabljeno kilovatno uro električne energije v večji (VT), manjši (MT) ali enotni (ET) tarifi;
- davek na dodatno vrednost – zaračuna se na neto vrednost po 22-odstotni davčni stopnji;
- prispevki:
 - I. za SPTE in OVE – namenjen je spodbujanju proizvodnje električne energije iz obnovljivih virov in soprodukcije z visokim izkoristkom; obračuna se na obračunsko moč v kilovatih,
 - II. za delovanje operaterja trga – namenjen je pokrivanju stroškov operaterja trga Borzen d. o. o., razen delovanja Centra za podpore,
 - III. za energetske učinkovitost – namenjen je povečevanju energetske učinkovitosti; obračuna se za vsako porabljeno kilovatno uro električne energije v večji (VT), manjši (MT) ali enotni (ET) tarifi.

Prikažemo lahko tudi odstotni delež, ki ga prispeva posamezni del računa k skupni ceni (glej graf 1). [2]

Ob koncu jih seznanimo še s primerjalnikom stroškov oskrbe z električno energijo [3]. S tem primerjalnikom lahko primerjamo cene dobave električne energije pri različnih ponudnikih. Hkrati pa lahko tudi preverimo, ali nam je distributer električne energije zaračunal pravo ceno. Na koncu se pogovorimo o različnih načinih varčevanja z električno energijo. Pri tem omenimo tudi energijske nalepke.



Graf 1: Prikaz posameznega dela prispevka k skupni ceni računa za električno energijo.

2. poskus: Toplota

a) Izkoristek pri segrevanju vode

Naloga: Izračunaj izkoristek pri segrevanju vode.
Pripomočki: kuhalnik, merilnik moči, termometer, štoparica, čaša.



Izvedba:

- I. V čašo nalijemo 200 ml vode in ji izmerimo temperaturo.
- II. Vodo segrevamo na kuhalniku do določene temperature.
- III. Merimo čas segrevanja in moč (P_e), ki jo troši kuhalnik.
- IV. Izračunamo, koliko toplote je prejela voda:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

- V. Izračunamo, kolikšen toplotni tok (P_t) prejme voda:

$$P_t = \frac{Q}{t}$$

- VI. Izračunamo izkoristek (η) pri segrevanju vode:

$$\eta = \frac{P_t}{P_e}$$

b) Pravilo za izračun zmesne temperature

Naloga: Zapiši pravilo za izračun zmesne temperature.
Pripomočki: termometer, čaše.

Izvedba:

- I. V eno čašo nalijemo 100 ml tople vode, v drugo pa 100 ml hladne vode. Izmerimo temperaturo tople in hladne vode. Topli vodi dolijemo hladno vodo in izmerimo zmesno temperaturo.
- II. Meritev ponovimo tako, da 100 ml hladne vode zmešamo s 100 ml, 200 ml in 300 ml tople vode.
- III. Meritev ponovimo tako, da 100 ml tople vode zmešamo s 100 ml, 200 ml, 300 ml hladne vode.
- IV. Iz rezultatov meritev zapišemo pravilo, po katerem izračunamo zmesno temperaturo.

c) Prevodnost snovi [4]

Naloga: Ugotovi, katere snovi so toplotni prevodniki in katere toplotni izolatorji.
Pripomočki: različne snovi, pollitrške in 1,5-litrške plastenke, termometer, štoparica.



Izvedba:

- I. Odrežemo zgornji del večje plastenke in vanjo položimo manjšo plastenko. Prostor med njima zapolnimo z določeno snovjo.
- II. V malo plastenko nalijemo toplo vodo in merimo, za koliko se temperatura vode zniža v določenem času.
- II. Rezultate primerjamo med seboj in jih interpretiramo.

Opomba: Zaradi omejitve količine plastenk in časa opravi vsaka skupina (par) meritev za eno snov.

3. poskus: Hrana

a) Izračunamo osnovno porabo energije na dan. [5]

IZRAČUNAJ SI
PORABO ENERGIJE

- Poraba energije pri aktivnostih
- Indeks telesne mase
- Povprečna poraba energije
- BMR kalkulator
- Maksimalni srčni utrip
- Rezerva srčnega utripa
- Ciljni srčni utrip

BMR KALKULATOR

BMR (Basal Metabolic Rate) pove količino energije (kJ ali kcal) ki jo porabite ko popolnoma mirujete brez prebavljanja. Drugače povedano: je to količina energije, ki jo morate porabiti, da ostanete pri življenju brez, da bi počeli kaj drugega. Ta energija se rabi da omogoča delovanje organov kot so srce, možgani, pljuča, ledvice in jetra.

*PRAVILNO OPOZORILO: Ti kalkulatorji računajo splošne rezultate. Za vas lahko niso točni zato z njimi ne sprejemajte odločitev o vašem zdravju, fitnes programu ali načinu treniranja. Vedno se prej posvetujte s svojim zdravnikom.

Spol	Starost (v letih)
<input type="text" value="ženski"/>	<input type="text" value="25"/>
Višina (v centimetrih)	Telesna masa (v kilogramih)
<input type="text" value="170"/>	<input type="text" value="70"/>

IZRAČUNAJ

b) Izračunamo okvirno povprečno dnevno porabo glede na raven tedenske aktivnosti. [6]

IZRAČUNAJ SI
PORABO ENERGIJE

- Poraba energije pri aktivnostih
- Indeks telesne mase
- Povprečna poraba energije
- BMR kalkulator
- Maksimalni srčni utrip
- Rezerva srčnega utripa
- Ciljni srčni utrip

POVPREČNA PORABA ENERGIJE

Če vemo koliko energije (v kJ oz. kcal) dnevno potrebuje naše telo, lahko lažje uredimo in nadzorujemo našo maso (v kg). Če dnevno zaužijemo več energije kot je porabimo, se bomo zredli. Spodnji kalkulator vam bo povedal, koliko energije (kcal oz kJ) lahko zaužijete na dan, da ohranjate vašo trenutno maso (v kg).

Poraba energije (v kJ ali kcal) je odvisna od vaše povprečne dnevne aktivnosti, ki je lahko:

- SEDEČA: Brez nobene dnevne fizične aktivnosti.
- LAHKO AKTIVNA: Malo fizične aktivnosti 1 do 3 dni na teden.
- ZMERNO AKTIVNA: Nekaj fizične aktivnosti 3 do 5 dni na teden.
- ZELO AKTIVNA: Veliko fizične aktivnosti 6 do 7 dni na teden.
- EKSTREMNO AKTIVNA: Zelo veliko fizične aktivnosti vsak dan.

Spodaj izpolnite vse potrebne podatke in kliknite na IZRAČUNAJ. Če želite shujšati, morate porabiti več energije (kcal) kot je pokazal rezultat. To lahko naredite tako, da manj jeste ali pa se več gibate.

*PRAVILNO OPOZORILO: Ti kalkulatorji računajo splošne rezultate. Za vas lahko niso točni zato z njimi ne sprejemajte odločitev o vašem zdravju, fitnes programu ali načinu treniranja. Vedno se prej posvetujte s svojim zdravnikom.

Spol	Starost (v letih)
<input type="text" value="ženski"/>	<input type="text" value="25"/>
Višina (v centimetrih)	Telesna masa (v kilogramih)
<input type="text" value="170"/>	<input type="text" value="70"/>

Nivo dnevne aktivnosti

c) S pomočjo tabel [7] preračunamo, koliko kJ energije dobimo z določenim obrokom. Zaradi priljubljenosti hitre hrane med mladimi se osredotočimo na jedi, kot so hamburger, pica, burek ...

Primeri receptov:

- I. pica: testo (125 g), paradižnikova mezga (75 g), šunka (75 g), sir (150 g), olje (30 g); energijska vrednost testa (100 g) je 1100 kJ;
- II. hamburger: govedina (150 g), lepinja (160 g), sir (20 g), čebula (10 g), solata (20 g), paradižnik (20 g); energijska vrednost lepinje (100 g) je 1006 kJ;
- III. mesni burek: vlečeno testo (88 g), govedina (125 g), čebula (50 g), maslo (10 g), olje (25 g); energijska vrednost (100 g) vlečenega testa je 1350 kJ.

d) Izračunano energijsko vrednost hrane primerjamo z dnevno potrebo po energiji.

4. poskus: Šport in energija

a) Moč pri hoji po stopnicah. [9]

Naloga: Določi moč, ki jo trošiš pri hoji (teku) po stopnicah navzgor.

Pripomočki: merilni trak, štoparica, osebna tehtnica, žepno računalno.



Izvedba:

- I. Izmerimo višino stopnišča (h).
- II. Izmerimo svojo maso (m).
- III. Izmerimo čas (t), ki ga potrebujemo, da prehodimo (pretečemo) od dna do vrha stopnišča. Meritev večkrat ponovimo in izračunamo povprečno vrednost.
- IV. Izračunamo opravljeno delo, ki ga porabimo za spremembo potencialne energije (ΔW_p):

$$\Delta W_p = m \cdot g \cdot \Delta h$$

- V. Izračunamo moč (P):

$$P = \frac{\Delta W_p}{t}$$

b) Povprečna kinetična energija pri sprintu.

Naloga: Določi povprečno kinetično energijo med sprintom.

Pripomočki: merilni trak, štoparica, osebna tehtnica, žepno računalno.

Izvedba:

- I. Določimo razdaljo (s) sprinta (20–30 m).
- II. Izmerimo čas (t) sprinta.
- III. Izračunamo povprečno hitrost (\bar{v}):

$$\bar{v} = \frac{s}{t}$$

- IV. Določimo svojo maso (m).
- V. Izračunamo povprečno kinetično energijo:

$$\bar{W}_k = \frac{m\bar{v}^2}{2}$$

c) Elastičnost žog [10]

Naloga: Določi koeficient elastičnosti za posamezne vrste žog.
Pripomočki: različne žoge, merilni trak, žepno računalno.

Izvedba:

- I. Določimo višino (h_1), s katere bomo spuščali žoge.
- II. Vsako žogo spustimo in izmerimo višino (h_2), do katere pride žoga po odboju od tal. Meritev večkrat ponovimo in izračunamo povprečno vrednost. Podatke uredimo v preglednici.
- III. Koeficient elastičnosti (e) žoge nam pove razmerje med hitrostjo po odboju žoge in pred njim. Izračunamo ga po enačbi:

$$e = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

5. poskus: Gibanje

a) Do katere višine vržem žogo in s kolikšno hitrostjo jo vržem?

Naloga: Določi višino, do katere vržeš žogo. Določi hitrost, s katero vržeš žogo.
Pripomočki: žoga, stoparica, žepno računalno.

Izvedba:

- I. Žogo vržemo navpično navzgor, tako da je na začetku čim bližje tlam, in jo na istem mestu ujamemo. Pri tem izmerimo čas (t_1) gibanja žoge.
- II. Gibanje žoge je pri gibanju navzgor enakomerno pojemajoče, pri gibanju navzdol pa enakomerno pospešeno. Zaradi simetričnosti gibanja lahko določimo čas (t), ki ga potrebuje žoga za gibanje navzgor. Tega dobimo tako, da izmerjeni čas razpolovimo.
- III. Izračunamo višino (s), do katere leti žoga:

$$s = \frac{gt^2}{2}$$

- IV. Izračunamo spremembo hitrosti:

$$\Delta v = g \cdot t$$

- V. Določimo hitrost, s katero vržemo žogo:

$$v_z = \Delta v$$

b) Kako visoko je okno, balkon, terasa?

Naloga: Določi višino okna, terase, balkona nad tlemi.
Pripomočki: žoga ali drug predmet, stoparica, žepno računalno.

Izvedba:

- I. Žogo spustimo z balkona in izmerimo čas (t), ki ga potrebuje žoga, da pride do tal. Meritev večkrat ponovi.
- II. Izračunamo povprečni čas (\bar{t}), ki ga potrebuje žoga.
- III. Izračunamo višino (s) balkona:

$$s = \frac{g\bar{t}^2}{2}$$

c) Pospešek pri sprintu

Naloga: Določi pospešek pri sprintu na kratki razdalji.

Pripomočki: merilni trak, štoparica, žepno računalo.

Izvedba:

I. Izberemo si razdaljo 10 m (s) in izmerimo čas sprinta (t) na tej razdalji.

II. Izračunamo povprečno hitrost:

$$\bar{v} = \frac{s}{t}$$

III. Ker je v_z enaka nič, dobimo, da je $v_k = 2\bar{v}$ in $\Delta v = v_k$.

IV. Izračunamo pospešek:

$$a = \frac{v_k}{t}$$

d) Zaviralne sile

Naloga: Določi zaviralne sile pri ustavljanju s kolesom.

Pripomočki: štoparica, merilni trak, tehtnica, kolo.

Izvedba:

I. Označimo mesto, od katerega naprej ne bomo vrteli kolesa.

II. Po vodoravni poti se zapeljemo s kolesom in od označenega mesta prenehamo vrteti kolo ter se varno ustavimo brez zaviranja. Pri tem izmerimo čas (t) ustavljanja in razdaljo (s), ki jo prevozimo med ustavljanjem.

III. Izračunamo pojemek pri zaviranju:

$$a = \frac{2 \cdot s}{t^2}$$

IV. Določimo maso (m) učenca skupaj s kolesom.

V. Izračunamo zaviralne sile:

$$F = m \cdot a$$

Viri

- [1] <https://www.agen-rs.si/gospodinjski/elektrika/obrazlozitev-racuna>
- [2] <https://www.agen-rs.si/gospodinjski/elektrika/obrazlozitev-racuna/razclenitev-racuna>
- [3] <https://www.agen-rs.si/primerjalnik>
- [4] Branko Bezec, Poskusi s plastenkami: priročnik za učitelje fizike, ZRSŠ, 1998
- [5] <https://www.timebreak.eu/fitnes-kalkulator/bmr-kalkulator>
- [6] <https://www.timebreak.eu/fitnes-kalkulator/dnevna-povprecna-poraba-kalorij>
- [7] Kodele Marija, Gospodinjstvo za 8. razred, Domus, 1997
- [8] <http://eucbeniki.sio.si/fizika9/181/index4.html>
- [9] Leopold Mathelitsch, Sigrid Thaller, Physik des Sports, Wiley – VCH, 2015

Sile na človeka pri prometni nesreči

Jure Cvahte

Osnovna šola Gustava Šiliha Laporje

Izvleček

V prispevku je opisana eksperimentalna vaja, ki jo izvajamo pri pouku fizike v 9. razredu. Vaja je za učence zanimiva, saj uporabljajo sodobne učne pripomočke, hkrati pa neposredno uporabijo znanje, ki so si ga pridobili pri pouku fizike. Ob vaji ozavešijo dejstvo, da predstavlja neprilagojena hitrost največje tveganje za težke prometne nesreče.

Naloga se nanaša na videoposnetek s spletne strani YouTube, na katerem je prikazan čelni trk avtomobila v steno pri hitrosti 60 km/h, ki je bil posnet v sklopu varnostnega testiranja osebnih avtomobilov Euro Ncap.

Ključne besede: eksperimentalna naloga, sile na človeka pri prometni nesreči

Forces Acting on a Person during a Traffic Accident – Experimental Task in Primary School

Abstract

The article describes an experimental exercise conducted during Physics lessons in the 9th grade. The pupils find the exercise interesting because they use modern learning aids while directly applying the knowledge they have gained during Physics lessons. During the exercise they realise that an inappropriate driving speed poses the greatest risk of major traffic accidents.

The task relates to a video from YouTube, which shows a frontal crash of a car into a wall at the speed of 60 km/h, which was recorded during the Euro NCAP safety tests of passenger cars.

Keywords: experimental task, forces acting on a person during a traffic accident

Uvod

Prometne nesreče so del vsakdana na slovenskih cestah. Z vedno bolj izpopolnjenimi varnostnimi sistemi postajajo avtomobili varnejši in tako imamo vtis, da se nam na cesti skorajda ne more zgoditi kaj hujšega. Ne zavedamo pa se, kolikšne sile delujejo na človeško telo že pri trkih z manjšimi hitrostmi.

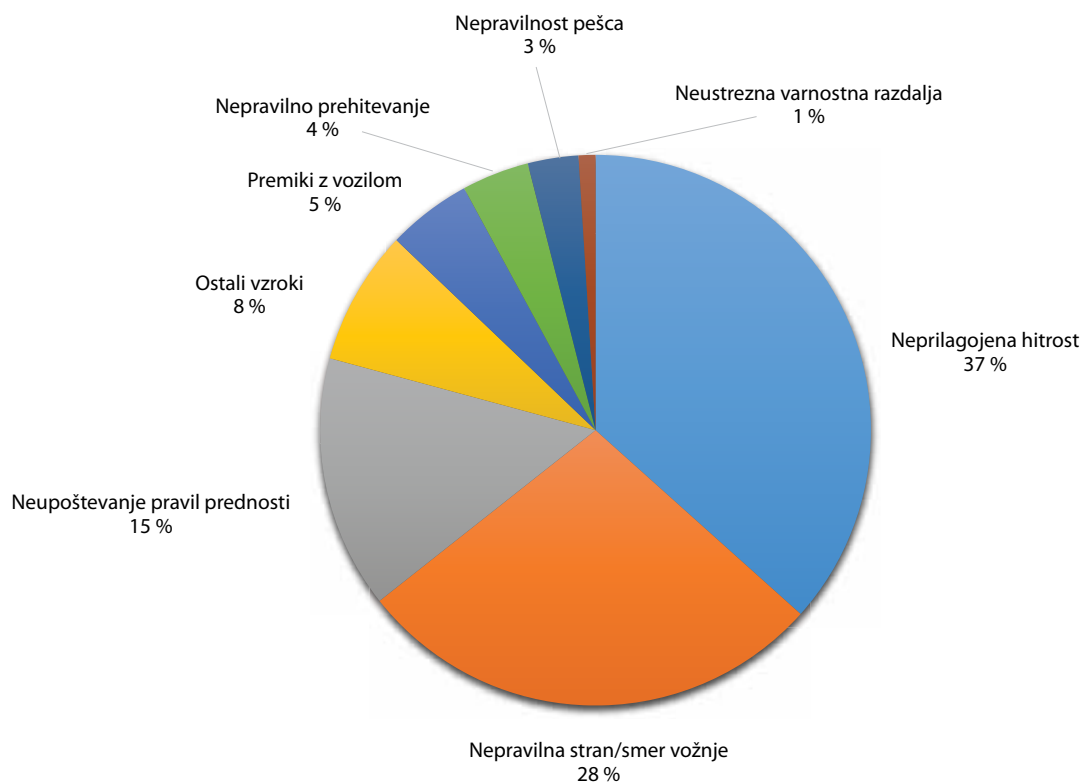
Naloga je bila narejena z namenom ozavešiti učence, kaj se v resnici dogaja s človeškim telesom pri prometni nesreči, hkrati pa ob njej učenci vidijo uporabnost znanja fizike še na enem primeru iz vsakdanjega življenja.

Na začetku učne ure ali pri predhodni uri se je priložljivo pogovoriti z učenci in jim pokazati kakšen diagram o najpogostejših vzrokih prometnih nesreč in o številu žrtev, ki jih vsako leto zahtevajo slovenske ceste (slika 1).

V nadaljevanju uvoda jim pokažemo posnetek, ki je bil posnet v sklopu varnostnega testiranja osebnih avtomobilov Euro NCAP, in sicer enega od novejših avtomobilov (npr. Toyota Aygo 2015 <https://www.youtube.com/watch?v=xjkNlgmQYLY>). Posnetek traja nekaj več kot dve minuti. [2].

Nato jim pokažemo videoposnetek (slika 2) preizkusa Euro NCAP iz leta 2000 za avtomobil Citroen Saxo (<https://www.youtube.com/watch?v=M3FdnWU5ecg>) [3], ob katerem bodo v nadaljevanju izvajali eksperiment.

Ta posnetek je bil izbran za analizo zato, ker se začne, ko je avto še nekaj metrov pred steno, v katero se zaleti. Večina drugih novejših posnetkov se začne tik pred trkom avtomobila v steno, zato s posnetka ni mogoče določiti hitrosti avtomobila.



Slika 1: Deleži vzrokov za nastanek prometnih nesreč s smrtnim izidom v Sloveniji v letih 2014 do 2018. [1]

Izvedba eksperimentalne vaje v 9. razredu



Slika 2: Posnetek varnostnega testiranja avtomobila Citroen Saxo leta 2000. [3]

Eksperimentalno nalogo je smiselno izvesti v 9. razredu pri blok uri fizike (če je to mogoče), po koncu obravnave sklopa Enakomerno pospešeno gibanje in 2. Newtonov zakon. Če blok ure nimamo na voljo, nalogo izvedemo v dveh zaporednih urah ali pa učenci del vaje naredijo doma. Eksperimentalno opremo za izvedbo imajo vse osnovne šole, štoparice pa imajo učenci na mobilnih telefonih.

Če vaje ne moremo izvajati v računalniški učilnici, videoposnetek projiciramo na steno. Ko učenci preberejo nalogo in se pripravijo za merjenja, jim večkrat zapored predvajamo prvih deset sekund posnetka, da lahko izvedejo meritve. Če imamo na razpolago računalniško učilnico, si posnetek poiščejo sami in izvedejo meritve.

Naloga je diferencirana na tri težavnostne stopnje. V nadaljevanju sta predstavljena primera srednje in večje težavnosti, učne liste vseh treh težavnostnih stopenj pa najdete na spletnem naslovu <https://www.zrss.si/strokovne-resitve/revije/fizika-v-soli/fizika-v-soli-videovsebine>.

Sile na človeka pri prometni nesreči (osnovna naloga)

Pripomočki:

- štoparica,
- kalkulator,
- projekcija videoposnetka v učilnici ali računalnik z dostopom do spleta

Na spletni strani <https://www.youtube.com/watch?v=M3FdnWU5ecg> si ogledaj videoposnetek, pri katerem se avtomobil Citroen Saxo zaleti v steno.

Cilj eksperimentalne naloge je ugotoviti, s kolikšno povprečno silo delujeta varnostni pas in zračna blazina na človeka (lutko) pri prometni nesreči na posnetku.

Naloge

1. S pomočjo videoposnetka in štoparice določi hitrost avtomobila pred trkom.

Videoposnetek je predvajan upočasnjeno, času 40 sekund na posnetku ustreza čas 1 sekunda v realnosti. Vse izmerjene čase v videoposnetku moramo torej deliti s 40.

- a) S štoparico izmeri čas, v katerem avto na posnetku prevozi razdaljo 1 m (to je dolžina rumeno-črne oznake pred zidom).

čas na posnetku = _____

realni čas (t) = _____

- b) Izračunaj hitrost avtomobila pred trkom v , če veš, da je gibanje enakomerno.

s = _____

$t_{(realni\ čas)}$ = _____

v = _____

Hitrost avtomobila, preden se zaleti v zid, je _____ $\frac{m}{s}$, to je _____ $\frac{km}{h}$.

2. Iz izračunane hitrosti avtomobila pred trkom v in časa ustavljanja med trkom t_u , določi povprečni pojemek a , s katerim se avto ustavlja.

- a) Izmeri čas ustavljanja. Ta traja od trenutka, ko se avto dotakne zidu, do trenutka, ko se začne odbijati nazaj.

čas na posnetku = _____

Ta čas pretvori v realni čas tako, kot si to že storil.

t_u (realni čas ustavljanja) = _____

- b) Določi spremembo hitrosti Δv in iz nje izračunaj pojemek a .

t_u = _____

Δv = _____

a = _____

Pojemek, s katerim se ustavlja avto pri trku, je _____.

3. Še enkrat pogledaj video in odgovori na naslednja vprašanja:

- a) S kolikšno hitrostjo v se giblje človek v avtu, preden avto trči ob zid? v = _____.

- b) Katere sile ustavijo človeka, ko se avto zaleti v zid? _____

- c) Čas ustavljanja človeka je približno enak času ustavljanja avtomobila. Kolikšen je pojemek a , s katerim se ustavlja človek? a = _____.

4. Iz pojemka človeka a in mase človeka $m = 70$ kg določi povprečno silo F , s katero varnostni pas in zračna blazina delujeta na človeka.

$$a = \underline{\hspace{2cm}} \qquad m = \underline{\hspace{2cm}} \qquad F = \underline{\hspace{2cm}}$$

5. Ugotovitev:

Če se človek z maso 70 kg z avtom Citroen Saxo zaleti v zid s hitrostjo $\underline{\hspace{2cm}} \frac{\text{km}}{\text{h}}$, je povprečna sila zračne blazine in varnostnega pasu med trkom nanj približno enaka $\underline{\hspace{2cm}}$ N. To je primerljivo, kot če bi na človeka, ki leži na tleh, položili utež z maso $\underline{\hspace{2cm}}$ kg.

6. Dodatna vprašanja:

- a) Če bi imel človek v tem avtomobilu maso 40 kg, bi bila skupna sila varnostnega pasu in zračne blazine ob trku nanj (večja/manjša) kot sila na človeka z maso 70 kg.
- b) * Najmanj s kolikšno silo morajo držati glavo vratne mišice pri takšni prometni nesreči, če je masa glave 5 kg?
- c) *** Kaj je za voznika pri taki nesreči bolje:
 - I) Da se sprednji del avta bolj zmečka.
 - II) Da se sprednji del avta manj zmečka.Odgovor utemelji.

Sile na človeka pri prometni nesreči (zahtevnejša naloga)

Pri zahtevnejši različici so prvi trije odstavki enaki kot pri osnovni nalogi. Enaki sta tudi nalogi 5. Ugotovitve in 6. Dodatna vprašanja.

Razlikujeta pa se naloga in pot do ugotovitev, do katerih se morajo učenci dokopati samostojno. Za to varianto se navadno odloči približno 15 odstotkov učencev.

Naloge

1. S pomočjo videoposnetka <https://www.youtube.com/watch?v=M3FdnWU5ecg> [3] in štoparice ugotovi, približno s kolikšno povprečno silo delujeta varnostni pas in zračna blazina na človeka (lutko) z maso 70 kg med trkom avtomobila Citroen Saxo v steno.

Videoposnetek je predvajan upočasnjeno, času 40 sekund na posnetku ustreza čas 1 sekunda v realnosti. Dolžina rumeno-črne oznake na posnetku je 1 meter.

2. Napravi načrt, kako se boš lotil problema. Izpiši podatke in nariši skico. Dva namiga:

- predpostavimo, da se avto in voznik med ustavljanjem gibljeta enakomerno pojemajoče,
- načrtovanja reševanja problema se po navadi lotimo pri koncu (pri cilju).

3. Reševanje problema.

Dodatna naloga

Na posnetku vidimo tudi digitalno štoparico, ki se sproži, ko se avto dotakne stene. Ugotovi, kako lahko pridemo do podatka, da je videoposnetek 40-krat upočasnjen.

Priporočila za učitelje

Učni listi vseh treh težavnostnih stopenj so na povezavi: <https://www.zrss.si/strokovne-resitve/revije/fizika-v-soli/fizika-v-soli-videovsebine>.

Učencem na začetku leta povem, da bo zadnja ustna ocena pri fiziki pridobljena na podlagi ustnih odgovorov na vprašanja o eksperimentih, ki jih bodo izvajali v

celotnem šolskem letu. Na ocenjevanje ustnih odgovorov morajo prinesiti učne liste, ki so jih izpolnjevali pri izvajanju eksperimentov. Izmed prinesenih učnih listov izberem enega, učenec pa mora opredeliti cilj eksperimenta, opisati postopek izvajanja ter razložiti, kaj pomenijo dobljeni rezultati. Odgovoriti mora še na nekaj vprašanj, s katerimi preverim razumevanje eksperimenta in pripadajočih učnih vsebin.

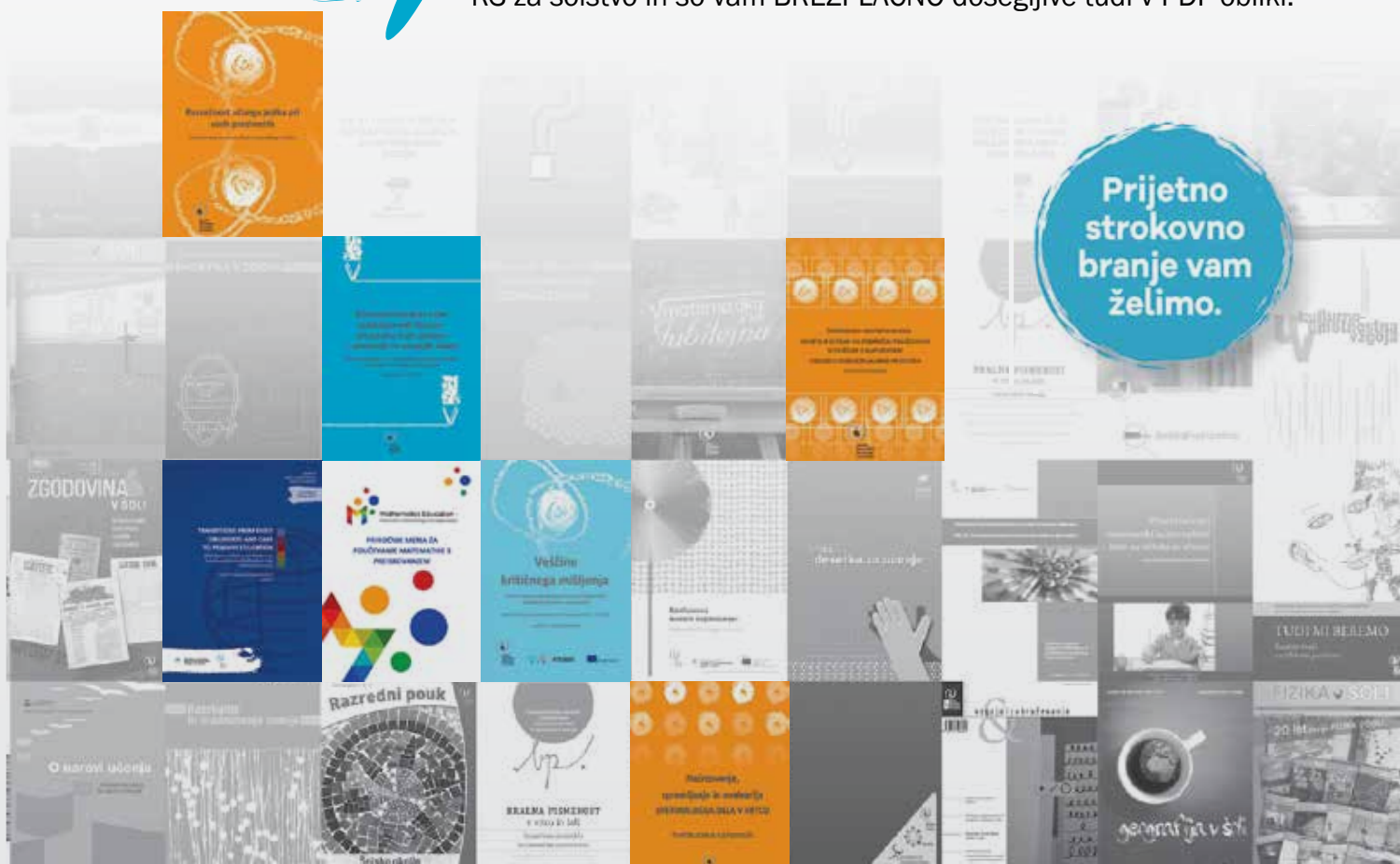
Viri

- [1] https://www.policija.si/images/stories/NovinarskoSredisce/SporocilaZaJavnost/2019/04_april/01_hitrost/Analiza_nepriprilagojena_hitrost_2014_2018.pdf (oktober 2019).
- [2] <https://www.youtube.com/watch?v=xjkNlGmQYLY> (oktober 2019).
- [3] <https://www.youtube.com/watch?v=M3FdnWU5ecg> (oktober 2019).

Iz digitalne bralnice ZRSŠ

www.zrss.si/strokovne-resitve/digitalna-bralnica

V digitalni bralnici lahko prelistate najrazličnejše strokovne publikacije: monografije in priročnike, ter druge publikacije, ki so izšle na Zavodu RS za šolstvo in so vam BREZPLAČNO dosegljive tudi v PDF obliki.



Raziskovanje ozvezdij na tehniškem dnevu

Damjan Kobale
Osnovna šola Hajdina

Izveček

V prispevku je opisano didaktično učilo, ki ga uporabljajo učenci osmega razreda na tehniškem dnevu pri spoznavanju in raziskovanju ozvezdij. S pomočjo učila učenci samostojno delajo v skupinah in sestavijo posamezna ozvezdja.

Ključne besede: astronomija, zvezde, ozvezdja, objekti globokega neba

Exploring Constellations on Tech Day

Abstract

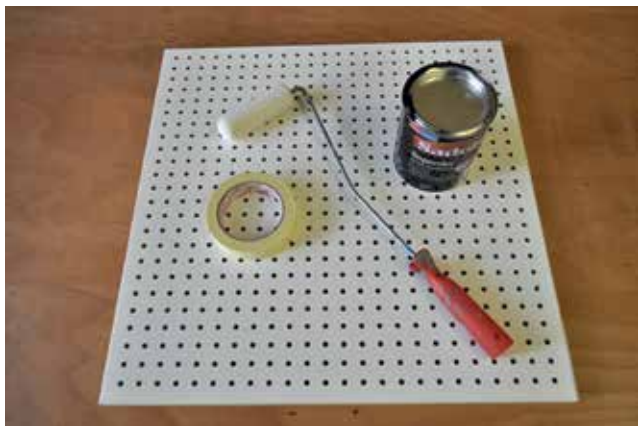
The paper describes a didactic tool used by eighth-grade pupils on a tech day to learn about and explore constellations. With the help of the tool, the pupils work independently in groups and build individual constellations.

Keywords: astronomy, stars, constellations, deep-sky objects

Uvod

Pred leti sem začel razvijati idejo, kako bi učencem približal raziskovanje in poznavanje ozvezdij s pomočjo učila, ki bi jim bilo v izziv in bi spodbujalo njihovo ustvarjalnost. Tako sem izdelal učilo, katerega izdelavo bom opisal v nadaljevanju.

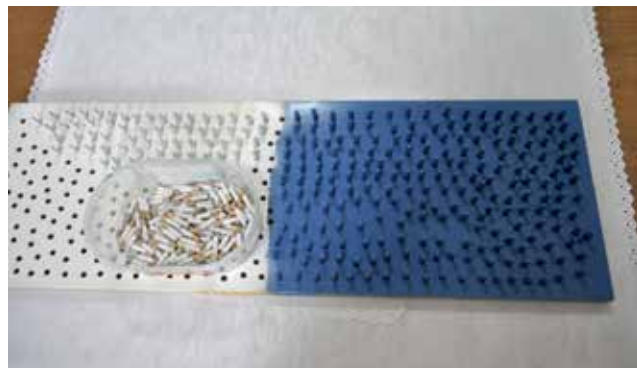
Na oplemeniteno iverno ploščo dimenzij 50 cm x 50 cm se s CNC-strojem izvrtja 576 lukenj premera 6 mm. Razdalja med posameznimi luknjami je 2 cm. Z ekološko črno barvo na vodni osnovi sem prebarval celotno ploščo. Tako sem pripravil deset osnovnih plošč.



Slika 1: Osnovna plošča in pripomoček za barvanje

Za ponazoritev zvezd sem izbral okrogle lesene palčke s premerom 6 mm. Pripravil sem dodatno ploščo za barvanje in vanjo vstavil palčke, ki sem jih z barvnimi spreji obarval v barvi zvezd: modra, bela, rumena, rdeča.

Pobarvane palčke je bilo treba na spodnji strani ročno pobrusiti za lažje vstavljanje v osnovno ploščo.



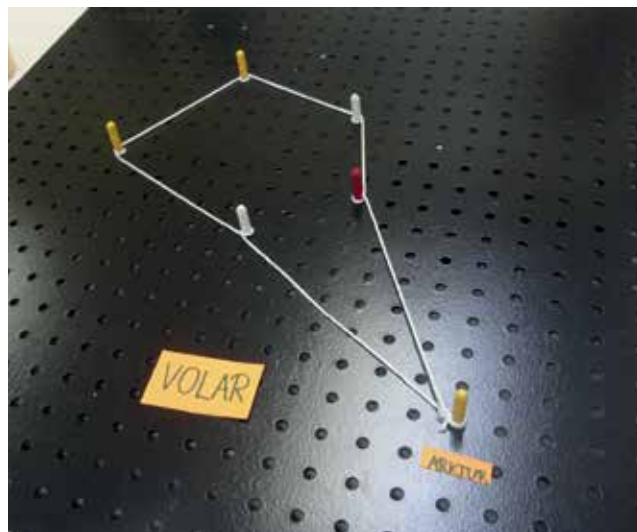
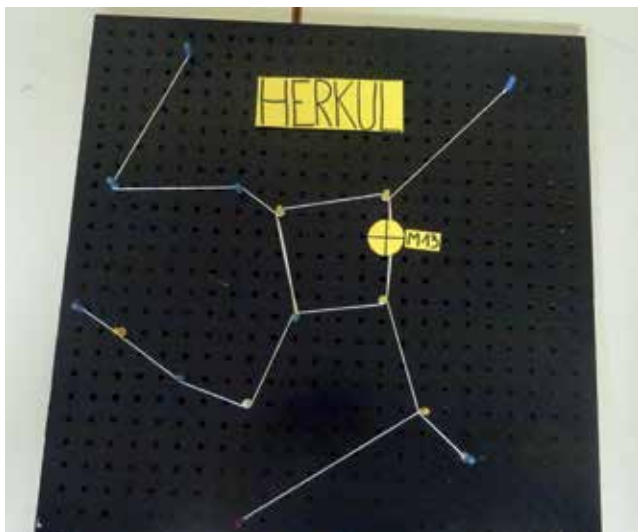
Slika 2: Barvanje lesenih palčk na šabloni

Izvedba delavnice

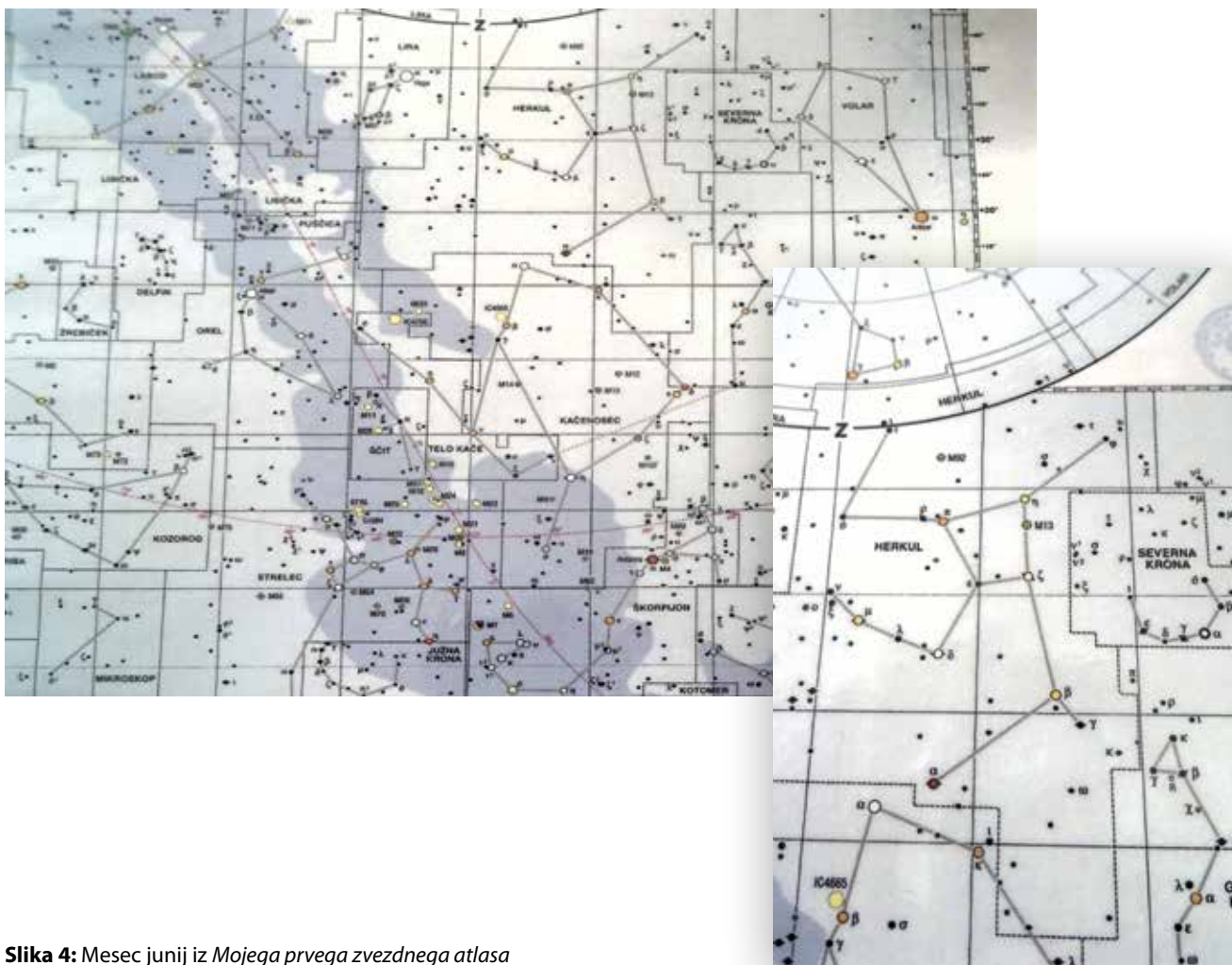
Tema zadnjega tehniškega dneva v preteklem šolskem letu v osmem razredu je bila astronomija. Delo je potekalo v šestih skupinah, v katerih so sodelovali po trije učenci. Vsaka skupina je dobila zvezdno karto enega iz-

med mesecev v letu iz *Mojega prvega zvezdnega astronomskega atlasa*. Izbrali so si ozvezdje, ki so ga želeli prenesti na osnovno ploščo. Nanjo so postavili posamezne zvezde ustreznih barv. Zvezde so med seboj povezali z belo vr-

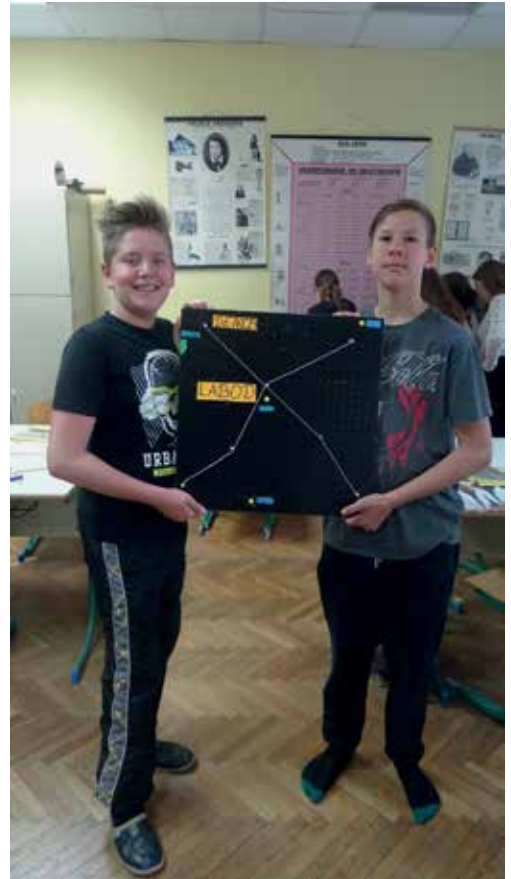
vico in tako sestavili ozvezdje. V ozvezdja so postavili še objekte globokega neba. Sledilo je poročanje posameznih skupin, kjer je vsaka skupina predstavila ozvezdje, objekte globokega neba – galaksije, kopice in meglice.



Sliki 3a in b: Ozvezdje Herkula in Volarja



Slika 4: Mesec junij iz *Mojega prvega zvezdnega atlasa*



Slike 5a, b in c: Učenci pri raziskovanju ozvezdij

Zaključek

Z didaktičnim učilom učenci lažje vizualizirajo in prepoznavajo posamezna ozvezdja na nebu. Nadgradnja je samostojno opazovanje nočnega neba na astronomskem

večeru in spoznavanje mitoloških zgodb v povezavi z izbranimi ozvezdji.

Vir

[1] Kambič, Bojan. (2018). *Moj prvi zvezdni atlas*. Ljubljana: Cambio – založništvo.

Poučevanje fizike s simulacijami: primer poučevanja ohranitve mehanske energije

mag. Daniel Doz

Državni Znanstveni Licej Franceta Prešerna s slovenskim učnim jezikom
Trst, Italija

Eleonora Doz

Corso di Laurea Magistrale in Psicologia Sociale e dello Sviluppo
Dipartimento di Scienze della Vita
Università degli Studi di Trieste
Trst, Italija

Izvleček

V nekaterih italijanskih višjih srednjih šolah primanjkuje laboratorijev za pouk fizike, zato je poučevanje te vede z eksperimenti oteženo. Zato lahko učitelji fizike uporabljajo simulacije laboratorijskih eksperimentov, ki jih ponujajo različne spletne strani; v prispevku se bova avtorja osredotočila na simulacije PhET. Nekateri raziskave [7, 9, 10] so pokazale, da so simulacije dober pripomoček za poučevanje fizike, obenem pa učencem pomagajo, da sami pridejo do zaključkov in razumejo fizikalne zakone. V prispevku avtorja predstaviva pozitivne plati uporabe simulacij pri pouku fizike in podava primer poučevanja zakona o ohranitvi mehanske energije s spletnimi simulacijami.

Ključne besede: laboratorij; simulacije; računalnik; energija

Teaching Physics through Simulations: An Example of Teaching the Conservation of Mechanical Energy

Abstract

Some Italian upper secondary schools suffer from a shortage of laboratories for Physics lessons, making it difficult to teach this science through experiments. For this purpose, Physics teachers make use of simulations of laboratory experiments offered by various websites; in the article, the authors will focus on PhET simulations. Some research studies [7, 9, 10] have shown that simulations are a good tool for teaching Physics and that they help students to reach their own conclusions and understand the laws of physics. In the article, the authors present the positive aspects of using simulations in Physics lessons and give an example of teaching the law of conservation of mechanical energy through online simulations.

Keywords: laboratory; simulations; computer; energy

Uvod

Italijansko ministrstvo za izobraževanje, univerzo in raziskovanje (MIUR) je v dokumentu [1] izrazilo, da je laboratorijsko delo ključni element pouka fizike. To naj bi po mnenju ministrstva učencem pomagalo razumeti, s čim se fizika sploh ukvarja in katere eksperimentalne metode uporabljamo v fiziki [2]. V dokumentu [2]

MIUR trdi, da bi moralo biti eksperimentalno delo stalno prisotno v prvih dveh letnikih znanstvenega liceja, pri tem pa naj bi se učenci naučili pisanja laboratorijskih poročil in kritičnega predstavljanja rezultatov posameznih opravljenih eksperimentov.

Mnoge raziskave, kot sta [3] in [4], so pokazale, da eksperimentalno delo sicer ne more biti edini element pou-

ka fizike [3], a je pomembno za razumevanje fizikalnih pojavov in odličen pripomoček, da učitelj doseže zastavljene učne cilje.

Eksperimentalno delo naj bi učencem pomagalo, da razmislijo o različnih naravnih pojavih, si sami postavljajo vprašanja o delovanju narave ter sami odkrijejo metode in strategije za reševanje realnih problemov [4]. Poleg tega lahko eksperimentalno delo učencem pomaga razviti veščine opazovanja [3]. Prav tako so raziskave pokazale, da eksperimentalno delo motivira učence za učenje fizike [5].

Nekateri avtorji so poleg tradicionalnega eksperimentalnega dela preučili možnost uporabe digitalne tehnologije pri poučevanju fizike [6]. Pri tem naj omenimo uporabo virtualnih laboratorijev in simulacij fizikalnih eksperimentov na računalniku [7, 8]. Raziskave [7, 9, 10] so pokazale, da so lahko računalniške simulacije fizikalnih eksperimentov dopolnilni pripomoček, ki izboljša predstave fizikalnih zakonov in realnih situacij pri učencih.

Poleg tega so lahko simulacije znanstvenih eksperimentov zanimive za učence tistih šol, v katerih primanjkuje tehničnih, fizikalnih ali znanstvenih laboratorijev oziroma laboratorijske opreme [11].

Glede na dejstvo, da so nekatere šole v Italiji brez laboratorijev oziroma so tovrstne učilnice popolnoma neprimerne, pokvarjene in brez pomožnega tehničnega osebja, ki bi jih upravljalo [12–15], je simulacija fizikalnih eksperimentov čedalje nujnejša, da učencem omogočimo razumevanje pojavov, ki bi jih sicer bilo odlično pokazati pri eksperimentalnem delu.

Avtorja v prispevku predstavlja možnost uporabe nekaterih simulacij fizikalnih eksperimentov v razredu kot nadomestek laboratorijskih vaj. Simulacije so tudi dober pripomoček za podporo eksperimentalnega dela, ki ga lahko učenci opravijo v šolskem laboratoriju. Koristne so tudi za ponovitev vsebine, če so učenci odsotni oziroma bi želeli samostojno ponoviti fizikalne principe, ki so jih obravnavali pri pouku.

Poleg konkretnih primerov uporabe nekaterih simulacij, ki so prosto dostopne na [16], avtorja predstaviva didaktični razmislek o uporabi takih simulacij fizikalnih eksperimentov v italijanskih šolah s slovenskim učnim jezikom.

Poučevanje fizike s simulacijami PhET

Ker sta računalnik in povezava s spletom dostopna večini učencem in šol, so postale simulacije znanstvenih eksperimentov del učnega programa v mnogih državah [17]. Spletna stran, ki je večkrat citirana na spletu, je [16]. PhET (*Physics Education Technology*) je spletna stran, ki jo upravlja Univerza v Koloradu Boulder in je namenjena učenju znanstvenih predmetov s pomočjo interaktivnih simulacij.

Na spletni strani [16] je mogoče najti simulacije z naslednjih področij: HTML5, fizika, biologija, kemija, vede o Zemlji in matematika.

V delu [18] avtorji trdijo, da lahko s pomočjo simulacij fizikalnih eksperimentov učenci sami odkrivajo fizikalne lastnosti in zakone, zato do novega znanja pridejo po metodi problemskega dela. Simulacije so namreč interaktivne in spominjajo na igro. V delu [18] so avtorji pokazali, da lahko simulacije na spletni strani PhET učencem pomagajo bolje razumeti določene abstraktne vsebine, kot je na primer kvantna mehanika. Avtorji so prepričani, da simulacije eksperimenta pripomorejo k učinkovitejšemu učenju fizike, razvijajo učenčev uvid in mu pomagajo pri predstavljanju nekaterih fizikalnih situacij.

V delu [19] so avtorji pokazali, da uporaba spletnih simulacij PhET pripomore k temu, da si uporabniki samostojno postavljajo vprašanja o fizikalnih situacijah in sami iščejo odgovore. Avtorji so prepričani, da bi moral učitelj dovoliti, da učenci sami raziskujejo in eksperimentirajo s pomočjo spletnih simulacij ter da ne bi smel voditi procesa odkrivanja, temveč bi moral pustiti, da učenci simulacije preizkušajo samostojno. Postavljanje točno določenih vprašanj bi lahko uničilo samostojno odkrivanje fizikalnih resnic. Nekateri učenci se namreč ustavljajo pri določenih podrobnostih, ki jih učitelji ne vidijo oziroma jih imajo za nepomembne.

Podobne ugotovitve izrazijo tudi avtorji raziskav [20] in [21]. V teh delih avtorji poudarijo, da se učenci pri znanstvenih predmetih še največ naučijo, če so sami vpleteni v proces odkrivanja zakonitosti; pri tem sami povezujejo odkrite resnice z že poznanimi koncepti. V ta namen lahko pomagajo tudi simulacije znanstvenih eksperimentov, ki po mnenju avtorjev povečajo motivacijo učencev za učenje fizike ter razvijajo njihovo celovito razumevanje fizikalnih pojavov. Tudi ti avtorji so prepričani, da morajo učitelji pustiti, da učenci pridejo do zaključkov s samostojnim eksperimentiranjem s simulacijo. Avtorji pa poudarjajo, da je treba pri uporabi spletnih simulacij upoštevati načelo sistematičnosti in postopnosti: učitelj naj najprej predlaga lažje simulacije, nakar lahko učenci preidejo na težje. Začeti pri težjih simulacijah bi se lahko izkazalo za neproduktivno, saj bi se učenci kmalu dolgočasili in izgubili motivacijo. Podobne ugotovitve izražajo tudi avtorji v [22].

Iz teh raziskav je torej razvidno, da so simulacije na spletni strani PhET koristne kot dodatni didaktični pripomoček pri odkrivanju fizikalnih zakonov in pri samostojnem eksperimentiranju. Učiteljem, ki bi hoteli uporabljati te simulacije pri pouku, svetujemo, naj sledijo nasvetom zgoraj navedenih raziskav in naj torej pustijo nekaj več svobode učencem, ki hočejo samostojno raziskovati, ter naj upoštevajo načeli postopnosti in prilagodljivosti. Pri tem naj se učitelji ravnajo tudi po načelu sistematičnosti: nove vsebine naj uvajajo v skladu s ho-

listično sliko pouka fizike na svoji šoli in v svoji državi. Seveda pa simulacija fizikalnega eksperimenta ne sme biti sama sebi namen: vsebine, ki jih lahko odkrijemo s pomočjo simulacij na spletni strani, je treba nato smiselno obdelati v razredu, da lahko učenci ustvarijo povezave med konkretno izkušnjo in teoretično podlago.

Na spletni strani [23] avtorji strani PhET pišejo, da so simulacije laboratorijskega dela pripravili tudi zato, da bi učencem s posebnimi potrebami omogočili pravo znanstveno izkušnjo. Avtorji spletnih simulacij trdijo, da so pri programiranju in sestavljanju simulacij upoštevali metode inkluzivne pedagogike. Te slonijo na uporabi multisenzorike in vključujejo uporabo verbalnih opisov ter povratnih informacij, glasbenih in zvočnih informacij, klikov, premikanja ipd. Učenci s posebnimi potrebami se lahko torej učijo fiziko in eksperimentirajo v sproščenem in varnem okolju, ki ne zahteva pretirane fizične aktivnosti (premikanje po laboratoriju, premikanje iz učilnice v laboratorij, uporaba težkih laboratorijskih pripomočkov, merjenje z elektronskimi urami ipd.) [23].

Primer uporabe simulacij PhET: mehanska energija

V fiziki je poučevanje energije in njene ohranitve eno od pomembnejših področij [24]. Avtor v [24] trdi, da se ohranitev mehanske energije, to je vsote potencialne in kinetične energije telesa, navadno obravnava pri štirih primerih:

- telesa v prostem padu;
- enostavna nitna nihala;
- kotaljenje teles po klancu navzdol;
- mase, pritrjene na vzmet.

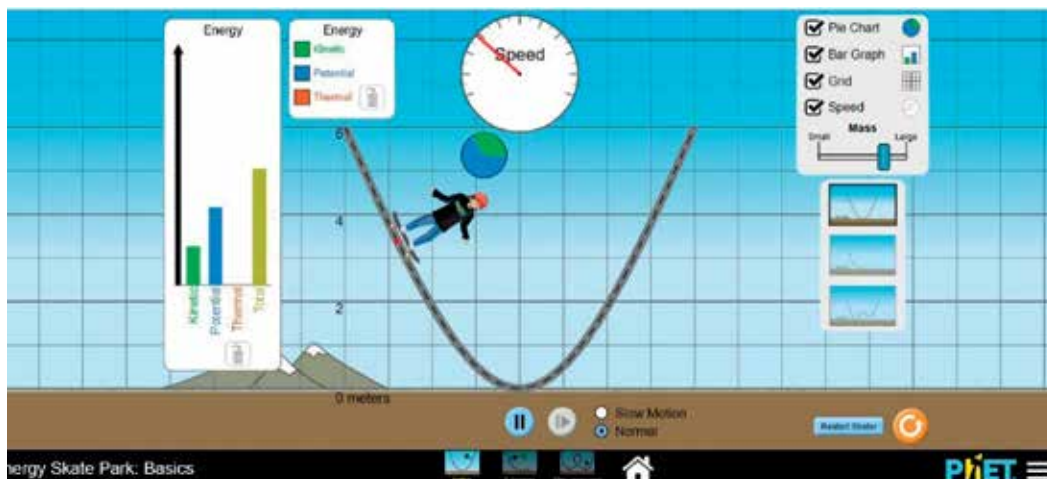
V teh primerih navadno predpostavljamo, da se mehanska energija ohranja; računamo pa hitrost, lego in energijo teles. Pri poučevanju teh osnovnih lastnosti navadno primanjkuje eksperimentalnega merjenja, ki bi ohranitev energije prikazalo s konkretnimi podatki in meritvami. Avtor v [24] predlaga, da bi pri dokazovanju

ohranitve mehanske energije uporabljali video posnetke, ob katerih bi učenci lahko bolj razumeli koncept ohranitve te energije oziroma njegovo neveljavnost v primeru prisotnosti sile trenja.

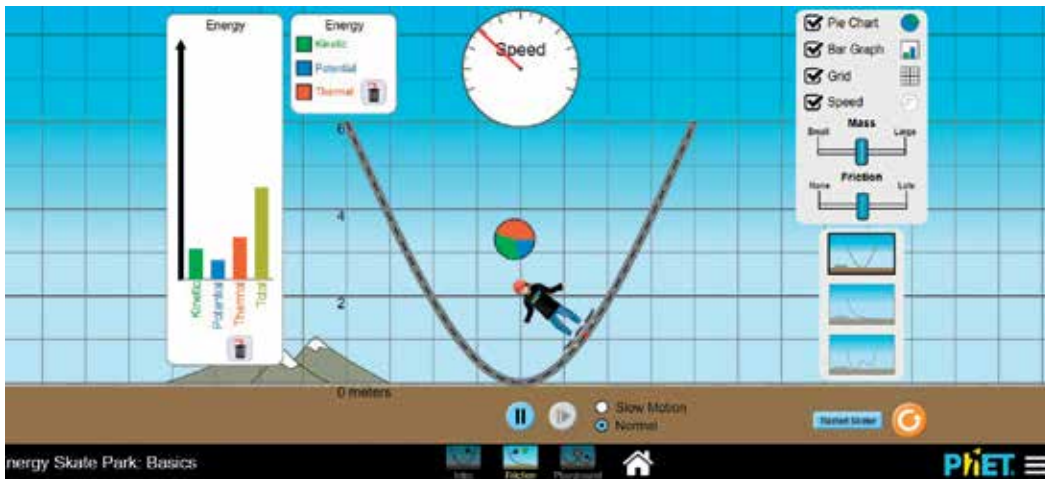
Metoda, ki jo opisuje [24], je danes še toliko učinkovitejša in uporabnejša, saj lahko učenci s svojimi pametnimi telefoni snemajo eksperiment ter ga doma s pomočjo računalnika ali posebnih programov podrobno analizirajo. To pa pomeni, da mora šola obvezno imeti laboratorij za pouk fizike, sicer so nekateri eksperimenti neizvedljivi.

Mehansko energijo dijaki italijanskih znanstvenih licejev (tj. gimnazij) obravnavajo že v prvih dveh letnikih višješolskega študija [2], na preostalih licejih pa v zadnjih treh letnikih [1]. Ker so, kot že rečeno, eksperimenti v zvezi z ohranitvijo mehanske energije težko izvedljivi [24], bi lahko zakon o ohranitvi mehanske energije predstavili s pomočjo spletnih simulacij, ki so prosto dostopne na [25]. V tej simulaciji se uporabnik sreča s tremi primeri: uvodnim primerom (brez trenja), primerom s trenjem in primerom, ko si uporabnik sam zgradi pot in uravnava trenje na njej.

V prvem delu simulacije si lahko uporabnik izbere obliko poti brez trenja. S pomočjo drsnikov lahko spremeni maso fanta na rolki. Učenec lahko nato izbere, ali naj se mu prikaže mreža, merilec hitrosti, histogram vrednosti različnih energij (kinetične, potencialne, termične in skupne energije) ali tortni diagram energij. Z miško lahko uporabnik namesti fanta na rolki na določeno višino. Ko sprosti gumb na miški, se začne figura premikati po izbrani poti. Če si uporabnik izbere parabolično pot, lahko na histogramu opazuje, kako se vrednost kinetične energije večja, ko se fant bliža temenu parabole, potencialna energija pa vpada. Skupna energija je vedno konstantna v času, kar dokazuje, da se v odsotnosti zunanjih sil mehanska energija ohranja. Termična energija je vedno enaka 0, saj je pot gladka in brez trenja. Z merilcem hitrosti se lahko uporabnik prepriča, da ima fant najvišjo hitrost prav v temenu parabole, ničelno hitrost pa v najvišji doseženi legi. Z uporabo mreže se lahko upo-



Slika 1: Rolkar na parabolični poti brez trenja.



Slika 2: Rolkar na cesti s trenjem.

rabnik tudi prepriča, da v odsotnosti sile trenja fant na rolki doseže vedno isto višino na levem in desnem kraku parabolične poti.

V drugem delu simulacije lahko uporabnik ponovi prejšnjo izkušnjo, tokrat pa lahko z drsnikom določi tudi koeficient trenja poti. S tem se lahko učenci prepričajo, da se del energije spremeni v termično energijo, ki se sčasoma večja, medtem ko se kinetična in potencialna energija sprotno manjšata. Skupna energija ostaja tudi v tem primeru konstantna. Uporabnik lahko opazi, da se hitrost sprotno manjša, pri čemer rolarju ne uspe doseči iste višine, s katere se je spustil na začetku.

Če bi bila površina, po kateri se rolar premika, popolnoma gladka in brez trenja, bi imel kinetično energijo, ki je enaka polovičnemu produktu med maso rolarja in kvadratom hitrosti. Sila trenja pa opravlja negativno delo, saj se upira gibanju. Izrek o kinetični energiji trdi, da je delo, ki ga opravljajo zunanje sile, enako razliki v energijah. Ker je torej delo zunanjih sil (sile trenja) negativno, je negativna tudi razlika v kinetičnih energijah. To pomeni, da se hitrost postopoma manjša. Do teh zaključkov lahko uporabnik pride le, če ga učitelj postopno vodi v učnem procesu, saj bi bilo iz simulacije same nemogoče razumeti, zakaj se hitrost postopno manjša.

V tretjem delu simulacije si lahko uporabnik sam zgradi pot in opazuje gibanje rolarja v prisotnosti oziroma odsotnosti sile trenja. Z drsniki lahko spreminja koeficient trenja in maso rolarja ter v živo spremlja spremembe gibanja.

Simulacija [25] je zelo realistična in dobro opisuje realno situacijo s trenjem in brez njega. Je dober didaktični pripomoček, saj nazorno predstavi situacijo prehajanja energij. S pomočjo drsnikov lahko uporabniki spreminjajo različne parametre in v hipu opazijo razlike v fizikalni situaciji. To pomaga učencem razviti uvid pri nekaterih fizikalnih pojavih. Še najkoristnejša je razlika med prvim in drugim delom simulacije. Pri tem lahko učenci raziskujejo vpliv sile trenja na gibanje rolarja. Učenci lahko razumejo, da sila trenja upočasni gibanje, s čimer

se zmanjša kinetična energija rolarja in posledično tudi mehanska energija. Pri tem pa je zelo pomembno, da učitelj predhodno uvede pojma potencialne in kinetične energije, sicer učenci, ki uporabljajo izključno simulacijo, ne razumejo, kaj sploh simulirajo. Histogrami nazorno prikažejo, kako se večajo in manjšajo potencialna, kinetična, termična ter skupna energija. S pomočjo histograma lahko učenci razumejo, da je v prvi simulaciji vsota potencialne in kinetične energije konstantna v času: to pripomore k temu, da učenci razumejo, da se mehanska energija, v odsotnosti zunanjih sil, ohrani. Histogrami in tortni diagrami pomagajo učencem razumeti, da se z večanjem potencialne energije manjša kinetična energija in obratno. Pri tem je zelo koristna tudi uporaba merilca hitrosti, s katerim je mogoče zaznati, v katerih točkah je hitrost največja oziroma ničelna. Didaktična vrednost simulacije je torej zelo velika: ta dovoli, da si učenci ogledajo določene eksperimente, ki si jih sicer ne bi mogli ogledati v šolskem laboratoriju. Uporabnik lahko spremlja spreminjanje vrednosti fizikalnih količin: takšno spremljanje bi bilo v laboratoriju nemogoče, saj bi bilo za to potrebnih več enakih poti iz različnih materialov in različne mase, ki se premikajo. Situacije brez trenja ne bi mogli ustvariti v šolskem laboratoriju, saj je pri pripomočkih vedno prisotno trenje, pa čeprav v minimalni meri. Tako učenci ne bi mogli videti, da sta doseženi višini na levem in desnem kraku parabole enaki. Poleg tega bi bilo zelo težko meriti hitrost telesa pri realnem eksperimentu [24].

Simulacija [25] je torej dober način virtualnega eksperimentiranja in razumevanja določenih fizikalnih zakonov, ki bi jih z realnim eksperimentom težko izvedli, še posebej v slabo opremljenih italijanskih višjih srednjih šolah.

Zaključki

V italijanskem višješolskem sistemu so eksperimenti neločljivi del pouka fizike. Z eksperimenti lahko učenci razumejo znanstveno metodologijo in utrdijo teoretično

znanje, ki ga dobijo v razredu. Slabo opremljene šole in pomanjkanje pomožnega tehničnega osebja pa onemogočajo, da bi bili vsi učenci v Italiji deležni eksperimentalnega dela v laboratoriju.

Zato bi bilo smiselno pokazati učencem različne spletne simulacije laboratorijskih vaj. Nekatere raziskave so namreč pokazale, da so spletne simulacije odlični didaktični pripomoček, ki obogati pouk fizike v razredu. V prispevku sva predstavila primer uporabe prosto dostopnih simulacij pri poučevanju pojma mehanske energije in njene ohranitve. Eksperimenti iz kinetične in potencialne energije so izredno težko izvedljivi, zato lahko učitelji in učenci uporabljajo alternativne metode, med katere spadajo tudi predstavljene simulacije. V prispevku sva predstavila pozitivne plati uporabe ene izmed simulacij,

ki so prosto dostopne na [16]; pokazala sva, koliko lahko učitelji uporabljajo te pripomočke pri pouku. Poudarila sva, da je pomembno, da učitelj delno vodi proces učenja novih vsebin in da smiselno uvede vse teoretične pojme, ki jih učenci potrebujejo pri razumevanju simulacije. Simulacija je torej zelo dober pripomoček za podporo eksperimenta, ki ga lahko izvedemo skupaj v laboratoriju, ali pa za ponovitev vsebine, če so učenci odsotni oziroma bi želeli samostojno ponoviti fizikalne principe, obravnavane pri pouku.

Simulacije fizikalnih eksperimentov so dober pripomoček tudi z vidika inkluzivne pedagogike, saj gibalno oviranim učencem in učencem s posebnimi potrebami omogočajo vključitev v laboratorijske vaje v prijetnem in varnem okolju.

Uporabljeni viri

- [1] <http://www.gazzettaufficiale.it/gunewsletter/dettaglio.jsp?service=1&datagu=2010-12-14&task=dettaglio&numgu=291&redaz=010G0232&tmstp=1292405356450> (28. 12. 2018)
- [2] http://www.gazzettaufficiale.it/atto/serie_generale/caricaArticolo?art.progressivo=1&art.idArticolo=1&art.versione=1&art.codiceRedazionale=010G0232&art.dataPubblicazioneGazzetta=2010-12-14&art.idGruppo=0&art.idSottoArticolo1=10&art.idSottoArticolo=1&art.flagTipoArticolo=6#art (28. 12. 2018)
- [3] A. Hofstein, V. N. Lunetta, *The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research*, *Review of educational research* **52**, 2, (1982), 201–217.
- [4] R. Trumper, *The physics laboratory—a historical overview and future perspectives*, *Science & Education* **12**, 7, (2003), 645–670.
- [5] A. Hofstein, V. N. Lunetta, *The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century*, *Science education* **88**, 1, (2004), 28–54.
- [6] F. Esquembre, *Computers in physics education*, *Computer physics communications* **147**, 1–2, (2002), 13–18.
- [7] N. D. Finkelstein, W. K. Adams, C. J. Keller, P. B. Kohl, K. K. Perkins, N. S. Podolefsky, S. Reid, R. Lemaster, *When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment*, *Physical Review Special Topics-Physics Education Research* **1**, 1, (2005), 010103.
- [8] R. B. Loftin, M. Engleberg, R. Benedetti, *Applying virtual reality in education: A prototypical virtual physics laboratory*. V: *Proceedings of 1993 IEEE Research Properties in Virtual Reality Symposium*, (1993), 67–74.
- [9] A. Jimoyiannis, V. Komis, *Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion*, *Computers & Education* **36**, 2, (2001), 183–204.
- [10] K. Achuthan, K. S. Sreelatha, S. Surendran, S. Diwakar, P. Nedungadi et al., *The VALUE@ Amrita Virtual Labs Project: Using web technology to provide virtual laboratory access to students*, V: *2011 IEEE Global Humanitarian Technology Conference*, (2011), 117–121.
- [11] C. Tüysüz, *The Effect of the Virtual Laboratory on Students' Achievement and Attitude in Chemistry*, *International Online Journal of Educational Sciences* **2**, 1, (2010), 37–53.
- [12] <https://www.abruzzoilive.it/scuole-senza-laboratori-e-personale-al-via-la-protesta-degli-studenti-di-teramo-di-sabatino-gia-pronti-7-mln/> (28. 12. 2018)
- [13] <https://www.skuela.net/scuola/scuole-senza-laboratori-progetto-esperimenti-online.html> (28. 12. 2018)

- [14] <https://www.orizzontescuola.it/fratoianni-leu-scuole-senza-carta-igienica-e-laboratori-stipendi-bloccati-ma-per-bussetti-non-ce-bisogno-di-fondi/> (28. 12. 2018)
- [15] https://www.ilsole24ore.com/art/notizie/2017-10-09/scuola-fatiscente-aula-3-2013-oltre-150-crolli--101652.shtml?uuid=AE6zYhC&refresh_ce=1 (28. 12. 2018)
- [16] <https://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics> (28. 12. 2018)
- [17] N. Rutten, W. R. van Joolingen, J. T. van der Veen, *The learning effects of computer simulations in science education*, *Computers & Education* **58**, 1, (2012), 136–153.
- [18] S. B. McKagan, K. K. Perkins, M. Dubson, C. Malley, S. Reid, R. Lemaster, C. E. Wieman, *Developing and researching PhET simulations for teaching quantum mechanics*, *American Journal of Physics* **76**, 4, (2008), 406–417.
- [19] W. K. Adams, A. Paulson, C. E. Wieman, *What levels of guidance promote engaged exploration with interactive simulations?*, V: AIP conference proceedings **1064**, 1, (2008), 59–62.
- [20] C. E. Wieman, W. K. Adams, P. Loeblein, K. K. Perkins, *Teaching physics using PhET simulations*, *The Physics Teacher* **48**, 4, (2010), 225–227.
- [21] C. E. Wieman, W. K. Adams, K. K. Perkins, *PhET: Simulations that enhance learning*, *Science* **322**, 5902, (2008), 682–683.
- [22] K. Perkins, W. Adams, M. Dubson, N. Finkelstein, S. Reid, C. Wieman, R. LeMaster, *PhET: Interactive simulations for teaching and learning physics*, *The Physics Teacher* **44**, 1, (2006), 18–23.
- [23] <https://phet.colorado.edu/en/accessibility> (28. 12. 2018)
- [24] J. A. Bryan, *Investigating the conservation of mechanical energy using video analysis: four cases*, *Physics Education* **45**, 1, (2010), 50–57.
- [25] <https://phet.colorado.edu/en/simulation/energy-skate-park-basics> (29. 12. 2018)

Iz digitalne bralnice ZRSS

www.zrss.si/strokovne-resitve/digitalna-bralnica

V digitalni bralnici lahko dve leti po izidu prelistate **strokovne revije**, ki so izšle pri Zavodu RS za šolstvo in so vam BREZPLAČNO dosegljive tudi v PDF obliki. Prijetno strokovno branje vam želimo.



Učenje ob raziskovanju hidrogelov

dr. Jerneja Pavlin

Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

Izvleček

Članek opisuje hidrokele, njihove lastnosti in možnosti učenja z raziskovanjem z uporabo kroglic hidrogela na različnih ravneh šolanja. Osredini se na prikaz poskusov: velikost kroglic hidrogela v odvisnosti od časa nabrekanja, vpliv medija in temperature na velikost kroglic hidrogela, odziv kroglic hidrogela na obremenjevanje ter plovnost kroglic hidrogela.

Ključne besede: absorpcija vode, hidrogeli, učenje z raziskovanjem

Inquiry-Based Learning Using Hydrogels

Abstract

The paper describes hydrogels, their properties and the possibilities of inquiry-based learning using hydrogel pearls at different levels of schooling. The paper focuses on experiments: the size of hydrogel pearls depending on the swelling time, the impact of the medium and the temperature on the size of the hydrogel pearls, the response of the hydrogel pearls to applying force, and the buoyancy of the hydrogel pearls.

Keywords: absorption of water, hydrogels, inquiry-based learning

Uvod

V preteklih desetletjih se je na področju proučevanja materialov zgodil preporod. Interdisciplinarno področje, ki proučuje lastnosti zunaj območij opredelitev trdnin ali tekočin, je fizika mehke snovi. Materiali, ki jih fiziki mehke snovi opisujejo, so na mikroskopski ravni podobni tekočinam, vsaj v eni dimenziji. Obenem imajo ti materiali veliko manjše elastične koeficiente kot trdnine in prenesejo strižne obremenitve.

Raziskovalci vsak dan sintetizirajo nove materiale in odpirajo raziskovalne probleme, povezane z zgradbo snovi in njenim vplivom na makroskopske lastnosti. Eden od teh materialov so hidrogeli. Pogosto so opredeljeni kot pametni materiali. Najpomembnejša lastnost hidrogelov je sposobnost absorpcije vode, ki se pod tlakom ne izloči. Omenjena lastnost je pomembna za rabo v plenica, kontaktnih lečah, kozmetiki, kroglicah za vlaženje rastlin, umetnih tkivih, dostavi zdravil v telesu in tako naprej [1–3]. Na hidrokele naletimo pogosto, čeprav se tega velikokrat ne zavedamo. Tako jih lahko zasledimo tudi v obliki kroglic za cvetličarske namene (slika 1) ali igračah (slika 2). In takoj se pojavijo raziskovalna vprašanja, npr. katere so lastnosti hidrogelov, kako čas namakanja hidrogela vpliva na njegovo velikost, kako različne tekočine vplivajo na velikost kroglice hidrogela ipd. Zato učitelju predlagamo, da jih uporabi pri učenju z raziskovanjem,

pri katerem se učenci urijo v načrtovanju poštenih poskusov, poglobljajo naravoslovna znanja in razvijajo naravoslovne spretnosti.

V dveh člankih, predstavljenih v Fiziki v šoli, se bomo osredinili na predstavitev hidrogelov in dejavnosti z njimi. V prvem članku bomo predstavili hidrokele in njihove lastnosti ter nakazali možnosti izvedbe njihovega spoznavanja ob učenju z raziskovanjem. V drugem članku se bomo osredinili na optične lastnosti. V prispevkih bodo prikazani poskusi s kroglicami hidrogela, ki so različnih premerov in barv, kar omogoča enostavno rokovanje in nazoren prikaz. Enostavna je tudi njihova predpriprava, kadar je to potrebno.

O hidrogelih

Hidrogeli so hidrofilni materiali, ki imajo zmožnost absorpcije (velike količine) vode in se ne raztapljajo. So iz polimerov s hidrofilnimi funkcionalnimi skupinami, pritrjenimi na polimerno verigo. Polimeri so neurejeno zamreženi, kar je vzrok za njihovo odpornost proti raztapljanju in elastičnost. Ves hidrogel je pravzaprav ena sama zelo dolga zamrežena polimerna molekula. Hidrofilne funkcionalne skupine polimera privlačijo molekule vode, ki postopoma zapolnijo tudi prostor v mreži,

ko hidrogel pride v stik z vodo. Mreža se deformira, polimeri se poravnajo, prostornina mreže, ki vsebuje vodo, se poveča in hidrogel nabreka. Molekule vode znotraj hidrogela se lahko gibajo skoraj prosto. Polimerna mreža se lahko deformira, a za njeno preoblikovanje je potrebno daljše časovno obdobje, kot je značilno za gibanje molekul vode [4]. Če strnemo, hidrogeli so materiali z amorfno trdno elastično strukturo polimerne mreže in prosto gibajočimi se molekulami vode, ujetimi v njej. Torej niso niti trdnina niti tekočina.

Materiali, ki jih opredelimo kot hidrokele, absorbirajo od 10 do 20 % svoje suhe teže vode, kar je spodnja meja, pa do njenega večtisočkratnika. Slednje imenujemo superabsorpcijski hidrogeli. Absorpcijske in elastične lastnosti hidrogela so odvisne od kemijske zgradbe. Z naraščajočim številom mrežnih povezav na enoto volumna se poveča zmožnost obremenitve in zmanjša absorpcija vode. Dodatno hidrofilne skupine polimera povečujejo absorpcijo vode. Sinteza je ključna za opredelitve lastnosti [4].

Hidrokele lahko razvrstimo v dve skupini: naravne in sintetične. Primeri naravnih hidrogelov so kolagen, fibrin, hialuronska kislina, derivati citozana, alginati ipd. Primeri sintetičnih hidrogelov so polietilen glikol, polivinil alkohol in poliakril amid [5]. Prvi podatki o materialu s tipičnimi lastnostmi hidrogelov segajo v leto 1960, in sicer je bil razvit za rabo na področju oftalmologije [4].

Zgodovinsko gledano bi lahko raziskovanje hidrogelov opisali s tremi vejami raziskovanja [6]. V prvi veji so se raziskovalci osredinili na razvoj materiala z visoko zmožnostjo absorpcije, dobrimi mehanskimi lastnostmi in dokaj enostavno sintezo. V drugi veji so proučevali odzive materiala na različne dražljaje (temperatura, pH, koncentracija določene snovi v vodi ipd.). Tretja veja raziskovanja se je nanašala na raziskovanje in razvoj kompleksnih materialov z napredno zgradbo. Omenjeno vodi do pametnih materialov – hidrogelov – s širokim spektrom želenih lastnosti



Slika 1: Dekorativne kroglice hidrogela.



Slika 2: Izvalitev igrače dinozaver iz hidrogela traja en teden.

in sprožilnimi dražljaji. Kot že omenjeno, je raba hidrogelov zelo raznolika. Ti se po absorpciji vode počasi sušijo, kar omogoča počasno sproščanje vode iz hidrogela. Po ponovnem zalivanju/namakanju hidrogel spet absorbira vodo in cikel se ponovi [4].

Hidrogeli pri pouku naravoslovja

Hidrogeli so lahko dostopni materiali, ki imajo zanimive lastnosti in omogočajo izvedbo številnih eksperimentov pri pouku na različnih ravneh poučevanja. Zlahka načrtujemo dejavnosti s strategijo učenja z raziskovanjem in jih lahko vključimo v pouk naravoslovnih in fizikalnih predmetov. Tako se v vrtcu otroci (pod nadzorom vzgojitelja) opolnomočijo z izkušnjami z različnimi materiali, razvijajo veselje do raziskovanja in odkrivanja, raziskujejo lastnosti materialov, ozaveščajo pomen materialov v vsakdanjem življenju in razvijajo zavest, da vsega ni mogoče razumeti in najti vseh odgovorov na vprašanja. V osnovni šoli učenci znanja o snoveh (materialih), predvsem polimerih, in njihovih lastnostih poglobljajo in razvijajo eksperimentalne veščine. Osredinijo se tudi na razvijanje naravoslovne metode in ozaveščajo pomen naravoslovja za razvoj družbe in okolja. V srednješolskem izobraževanju se vsebinska znanja poglobijo, hidrogeli so lahko zanimiva vsebina, ki je del aktualnih raziskav materialov. Na univerzitetni ravni predstavljajo primer s področij fizike mehke snovi, polimerizacije, optičnih lastnosti in spoznavanja razvoja ter optimizacije materialov [7–13].

Strategija poučevanja, s katero lahko vpeljemo hidrokele v pouk, je učenje z raziskovanjem, ki posnema znanstveno raziskovanje. Učenje z raziskovanjem je dejavnost učenca kot raziskovalca [14]. Ta sodeluje pri postavljanju raziskovalnega vprašanja, oblikovanju hipotez, načrtovanju raziskave (neodvisna spremenljivka, odvisna spremenljivka, konstante), preizkušanju hipotez in oblikovanju odgovorov na raziskovalno vprašanje. Raziskovanje je pri pouku obenem sredstvo, ki vodi k razumevanju naravoslovnih pojmov, in cilj, ki vodi k razumevanju narave naravoslovja ter ugotavljanju, kako naravoslovje

in širša znanost delujeta. Učitelj ima med samim poukom vlogo usmerjevalca, na pouk se mora skrbno pripraviti in premisliti o vsebini raziskovalnega problema, odprtosti, potrebnih pripomočkov za izvedbo poštenega poskusa ipd. [15]. Učitelj lahko načrtuje strukturirano, vodeno ali odprto raziskovanje. Posamezne oblike se razlikujejo po tem, katere komponente raziskovanja so učencem podane in katere morajo

poiskati sami [16]. Pri strukturiranem raziskovanju so komponente opredelitev problema, materiali in potrebščine ter načrt dela v celoti podane, medtem ko pri odprtem raziskovanju niso podane vse. V šoli pogosto uporabljamo različne stopnje vodenega raziskovanja, kjer so našete komponente podane v celoti, deloma ali pa sploh niso.

Učenje z raziskovanjem hidrogelov

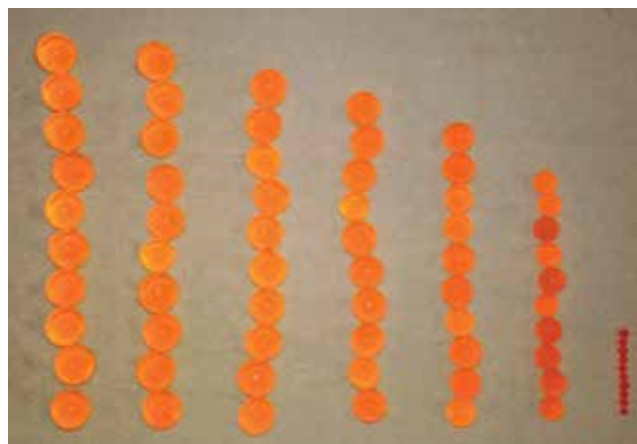
Hidrogeli so zanimivi materiali, s katerimi učenci pogosto nimajo izkušenj [17]. Kroglice hidrogela so na voljo v neživilski trgovini z ugodnimi sezonskimi artikli in izdelki za vsakdanjo rabo. Prodajajo jih pod imenom »aqua pearls« (gel kroglice iz vpojnega granulata) (slika 1). Cena posode kroglic hidrogela je manj kot dva evra. Te kroglice hidrogela so že absorbirale vodo in nabrekli do največje velikosti. Njihov premer je okoli 1,5 cm, stopnja nabrekanja pa med 150 in 200. Če jih posušimo, njihov premer znaša okoli 0,3 cm. Čas sušenja je teden dni. Suhe kroglice hidrogela dobimo v spletni trgovini ali v nekaterih cvetličarnah. Da suha kroglica hidrogela nabrekne do končne velikosti, traja pet ur. V spletni trgovini so dostopne tudi večje suhe kroglice hidrogela (premer okoli 1 cm), ki nabreknejo do premera 6 cm, a so dražje. Učitelj mora kroglice hidrogela za določene poskuse predpripraviti. Pri nekaterih poskusih so uporabljene suhe kroglice hidrogela, ki imajo približno enak premer. Opazne spremembe v premeru kroglic hidrogela zaznamo v 30 minutah.

Predlagamo, da učitelj pri pouku učencem sprva pokaže kroglice hidrogela in nato naj učenci zastavljajo raziskovalna vprašanja. Pogosto se pojavi raziskovalno vprašanje, kaj vpliva na velikost kroglice hidrogela. Izraz velikost razumemo kot prostornino oziroma premer. Učenci po navadi omenijo, da čas kroglic hidrogela v vodi vpliva na njihovo velikost. Zasedimo še omembo medija, temperature, pH-ja, koncentracije soli idr.

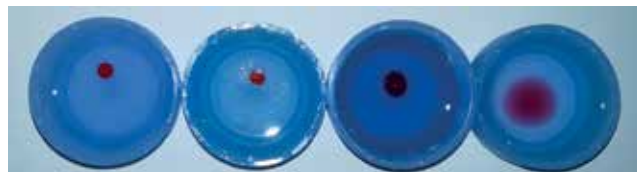
Pri pripravah na delavnice, ki smo jih izvedli z učitelji in učenci, smo podrobneje raziskali, kako čas namakanja kroglice hidrogela (neodvisna spremenljivka) vpliva na premer kroglice hidrogela (odvisna spremenljivka) (slika 3). Poskus smo izvedli tako, da smo v posodo z vodo sobne temperature hkrati potopili 60 suhih kroglic hidrogela in jih na pol ure deset vzeli ven ter zložili v stolpič. Če želi učitelj to prikazati v razredu, mora stvari predpripraviti.

Če želimo ugotoviti, ali medij, v katerega je potopljena kroglica hidrogela (neodvisna spremenljivka), vpliva na premer kroglice hidrogela (odvisna spremenljivka), potopimo po eno suho kroglico hidrogela z enakim premerom v zamašek in nalijemo medij do vrha (slika 4). Izbrali smo medije, ki so bili na dosegu roke (voda, olje, detergent, glicerin). Kroglice hidrogela z različnimi premeri opazimo v različnih medijih že v pol ure. Rezultati so nazornejši, če počakamo dlje.

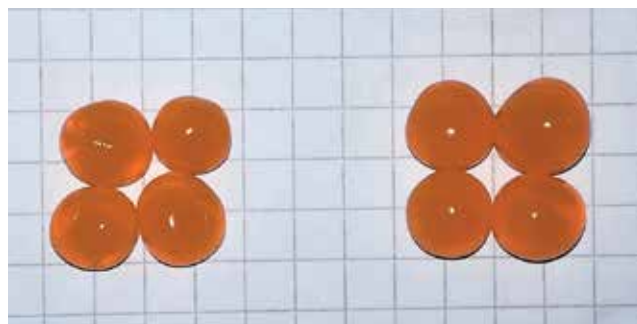
S poskusom namakanja kroglic hidrogela v hladni in topli vodi pokažemo, kako temperatura vode, v katero je potopljena kroglica hidrogela (neodvisna spremenljivka), vpliva na premer kroglice hidrogela (odvisna spremenljivka). Pri poskusu uporabimo suhe kroglice hidrogela. Uporabimo dve termovki, v prvo nalijemo hladno, v drugo pa toplo vodo ter v obe stresemo kroglice suhega hidrogela, ki jih čez 45 minut vzamemo ven ter primerjamo velikosti. Pokažemo tudi, da je po večurnem namakanju kroglic hidrogela velikost kroglic v hladni in topli vodi enaka. Različna pa je bila hitrost nabrekanja kroglic hidrogela. Termovke niso nujne za prikaz, da je premer kroglic hidrogela po 45 minutah večji v topli vodi. Zado-stujeta kozarca.



Slika 3: Po deset kroglic hidrogela, zloženih v stolpiče. Kroglice hidrogela v zaporednih stolpičih so bile različno dolgo potopljene v vodi, in sicer 0 min, 30 min, 60 min, 90 min, 120 min, 150 min in 180 min. Premer kroglic lahko izmerimo s kljunastim merilom.



Slika 4: Sprva enake kroglice hidrogela, potopljene za eno uro v različnih medijih, in sicer, od leve proti desni, v olju, glicerinu, detergentu in vodi.



Slika 5: Po štiri kroglice hidrogela, ki so bile 45 minut potopljene v vodo s temperaturo 10 in 30 °C.

Učenci pri prikazanih dejavnostih razvijajo spretnosti opazovanja in načrtovanja raziskave, s poudarkom na izvedbi poštenih poskusov. Pri poskusih, ki so prikazani na slikah 3, 4 in 5, predlagamo merjenje premera kroglic s kljunastim merilom in ozaveščanje pomena merskih napak. Učenci narišejo graf in poiščejo interpretacije izidov poskusov.

Hidrogeli se od spužve in vatiranih blazinic razlikujejo v tem, da voda iz njih ne odteka, če jih vzamemo iz nje ali jih obremenimo. Z učenci načrtujemo poskus, ki odgovori na raziskovalno vprašanje, ali material (neodvisna spremenljivka) vpliva na prostornino vode, ki jo lahko iz njega iztisnemo (odvisna spremenljivka), potem ko smo ga za določeno obdobje potopili v vodo (konstanta). Rezultat poskusa kaže, da hidrogeli ne izločajo vode, ampak se po preseženi mejni obremenitvi zdrobijo na koščke (slika 6). Učenci načrtujejo raziskavo, da odgovorijo na raziskovalno vprašanje, ali polmer kroglice hidrogela vpliva na to, koliko ga lahko obremenimo do zdrobitve (slika 7). Kroglice hidrogelov različnih premerov obremenjujejo z deščico na tehtnici. Pri poskusu kroglice hidrogela pogosto bežijo. Za enostavnejšo izvedbo poskusa predlagamo izdelavo utora v deščici, s katero obremenjujemo kroglico, ali postavitev podložke, obložene s trajno elastičnim kitom, na tehtnico, kamor postavimo kroglico hidrogela.

Kroglice hidrogelov različnih premerov so dobro izhodišče za preverjanje napačnih predstav učencev o plavanju in potapljanju teles. Primeri napačnih predstav so: predmeti plavajo zaradi velikosti/teže, težki/veliki predmeti potonejo, majhni/lahki predmeti plavajo, mehki predmeti plavajo, velika količina vode povzroči plavanje teles ipd. [18]. Pri kroglicah hidrogela je zanimivo, da se s časom potapljanja v vodi (in s povečevanjem njihove velikosti) gostota kroglic hidrogela zmanjšuje. Predlagamo, da učencem pokažemo kroglice hidrogela različnih premerov in jih izzovemo, da načrtujejo poskus, s katerim bi ugotovili, kako velikost kroglice hidrogela (neodvisna spremenljivka) vpliva na plovnost (odvisna spremenljivka) (slika 8). Učencem damo na voljo več tekočin. Običajno učenci izvedejo več zaporednih poskusov z le eno tekočino in s kroglicami hidrogela različnih premerov. Le redki se spomnijo na pripravo tekočinskega stolpca, kjer se kroglice hidrogela različnih premerov nazorneje uredijo po plovnosti (gostoti). Pri poskusu je smiselno najmanjšo (suho) kroglico hidrogela na začetku dati na dno posode (menzure ali kozarca) in nato pripraviti tekočinski stolpec s previdnim nalivanjem tekočin v posodo ob stenah posode. Pri razlagi poskusa smo pozorni na primerno izrazoslovje, ki enoznačno pove, da primerjamo gostote, npr. »Velika kroglica hidrogela ima manjšo gostoto kot najmanjša kroglica hidrogela«, »Glicerina ima manjšo gostoto kot najmanjša kroglica hidrogela«, »Velika kroglica hidrogela ima manjšo gostoto kot detergent« itd. [19].



Slika 6: Kroglica hidrogela se pri dovolj močnem stisku zdrobi na koščke.



Slika 7: Kroglici hidrogela sprva izmerimo premer s kljunastim merilom. Nato jo obremenimo na kuhinjski tehtnici in izmerimo obremenitev, ki jo še prenese, tik preden razpade. Poskus večkrat ponovimo, tako z enakimi kroglicami hidrogela kot tudi s tistimi z različnim premerom.



Slika 8: Tekočinski stolpec iz glicerina, detergenta, vode in olja. V njem so tri kroglice hidrogela različnih premerov, najmanjša je na dnu glicerinske plasti, srednja v plasti detergenta in največja na meji plasti detergenta in vode.

Zaključek

Iz prispevka je razvidno, da so hidrogeli predmet tekočih raziskav, uporabljajo se vsakodnevno in so bogat vir za učenje z raziskovanjem, pri čemer se učenci urijo v načrtovanju raziskav (poštenih poskusov), poglobljajo znanje in razvijajo spretnosti. Na kratko opisani in sli-

kovno ponazorjeni poskusi kažejo smernice učiteljem za možnosti načrtovanja dela. Prikazana je pomembna lastnost hidrogelov, tj. absorpcija vode, pa tudi njihovi odzivi na dražljaje, kar kaže na utemeljeno rabo oznake

pametni material. Obenem prikazani poskusi vzbujajo ideje o nadaljnjem eksperimentiranju s hidrogeli za prikaz njihovih lastnosti in ilustracijo različnih fizikalnih pojmov.

Literatura

- [1] Calo, E., in Khutoryanskiy, V. V. (2015). Biomedical applications of hydrogels: A review of patents and commercial products. *European Polymer Journal*, 65, 252–267.
- [2] Paleos, G. A. (2012). *What are Hydrogels?* <http://pittsburghplastics.com/assets/files/What%20Are%20Hydrogels.pdf>
- [3] Wong, V. (2007). Hydrogels – Water-absorbing Polymers. V: D. Sang, V. Wong in G. Skinner, *Catalyst: Secondary Science review 2007*, 18(1), 18–21. London: Gatsby Science Enhancement Programme. <https://www.stem.org.uk/system/files/elibrary-resources/2016/02/catalyst18.1.pdf>
- [4] Chirani, N., Yahia, L., Gritsch, L., Motta, F. L., Chirani, S., in Faré, S. (2015). History and applications of hydrogels. *Journal of Biomedical Science*, 4, 1–23.
- [5] Okay, O. (2009). General properties of hydrogels. V: Gerlach, G. (ur.), in Arndt, K. F. (Ed.), *Hydrogel Sensors and actuators*, Berlin: Springer, 1–14.
- [6] Buwalda, S. J., Boere, K.W., Dijkstra, P. J., Feijen, J., Vermonden, T., in Hennink, W. (2014). Hydrogels in a historical perspective: From simple networks to smart materials. *Journal of controlled release: official journal of the Controlled Release Society*, 190, 254–273.
- [7] Bahovec, E. D., idr. (1999). Kurikulum za vrtce. Predšolska vzgoja v vrtcih. Ljubljana: Ministrstvo za šolstvo in šport in Zavod Republike Slovenije za šolstvo.
- [8] Kolar, M., Krnel, D., in Velkavrh, A. 2011. *Učni načrt. Program osnovna šola. Spoznavanje okolja*. Ljubljana: Zavod RS za šolstvo.
- [9] Balon, A., Gostinčar Blagotinšek, A., Papotnik, A., Skribe Dimec, D., in Vodopivec, I. 2011. *Učni načrt. Program osnovna šola. Naravoslovje in tehnika*. Ljubljana: Zavod RS za šolstvo.
- [10] Skvarč, M., Glažar, S. A., Marhl, M., Skribe Dimec, D., Zupan, A., Cvahte, M., Gričnik, K., Volčini, D., Sabolič, G., in Šorgo, A. (2011). *Učni načrt. Program osnovna šola. Naravoslovje*. Ljubljana: Zavod RS za šolstvo.
- [11] Verovnik, I., Bajc, J., Bezec, B., Božič, S., Brdar, U. V., Cvahte, M., Gerlič, I., in Munih, S. (2011). *Učni načrt. Program osnovna šola. Fizika*. Ljubljana: Zavod RS za šolstvo.
- [12] Bačnik, A., Bukovec, N., Vrtačnik, M., Poberžnik, A., Križaj, M., Stefanovik, V., Sotlar, K., Dražumerič, S., in Preskar, S. (2011). *Učni načrt. Program osnovna šola. Kemija*. Ljubljana: Zavod RS za šolstvo.
- [13] Planinšič, G., Belina, R., Kukman, I., in M. Cvahte. (2015). *Učni načrt, Program srednja šola, Fizika: gimnazija: klasična, strokovna gimnazija: obvezni predmet (140, 175, 280 ur), izbirni predmet in matura (35, 70, 140, 175, 210 ur)*. Ljubljana: Zavod RS za šolstvo.
- [14] Krnel, D. (2007). Pouk z raziskovanjem. *Naravoslovna solnica*, 11 (3), 8–11.
- [15] Gostinčar Blagotinšek, Ana. (2013). Projekt Fibonacci – učimo se z raziskovanjem. *Naravoslovna solnica: za učitelje, vzgojitelje in starše*, 18 (1), 10–11.
- [16] Holbrook, J., in Rannikmae, M. (2013). *Guidebook for Providers of Continuous Professional Development within PROFILES*. http://www.icasonline.net/profiles/CPD_guide.pdf.
- [17] Pavlin, J., in Čepič, M. (2017). Hydrogels in the classroom. V: Greczylo, T. (ur.), Debowska, E. (ur.). *Key competences in physics teaching and learning: selected contributions from the International Conference GIREP EPEC 2015, Wrocław Poland, 6-10 July 2015*. Springer Proceedings in Physics, 190, 191–201.
- [18] Yin, Y., Tomita, M. K., in Shavelson, R. J. (2008). Diagnosing and dealing with student misconceptions: Floating and sinking. *Science Scope*, 31(8), 34–39.
- [19] Čepič, M. (2018). Gost, pogost, redek, viskoznost in gostota. *Fizika v šoli*, 23(2), 57–59.

Rekonstruiranje gibanja z zakoni mehanike

mag. Marko Rožič

Osnovna šola Drska

Izvleček

Pri poučevanju fizike so naloge, pri katerih so grafične odvisnosti ključne za rešitev naloge, dokaj redke. Čeprav takšne naloge zahtevajo od učencev dodatna znanja, so pri nekaterih učencih zaželeni. Zato je predstavljen primer obravnave naloge, kjer je s pomočjo grafa časovne odvisnosti sil v podporah mostu natančno določen način vožnje tovornjaka. Naloga je nadgrajena s primerom določanja pospeška kroglice med kotaljenjem po klancu. Sprva teoretično izpeljane zakonitosti so na koncu eksperimentalno preverjene in potrjene z meritvami video analize.

Ključne besede: sila, gibanje, navor, graf, fizika

Reconstructing Motion Using the Laws of Mechanics

Abstract

Physics tasks in which graphical dependencies are crucial for finding a solution are quite rare. Although such tasks require additional knowledge from the pupils, some nevertheless ask for them. Because of that, this article presents a task in which the type of truck movement over a bridge is precisely determined by means of graphical dependencies of the forces acting on the bridge supports. The task is upgraded with an example of determining the acceleration of a ball while rolling down a slope. In the end, the theoretically derived equations are experimentally verified and confirmed by video analysis measurements.

Keywords: force, motion, torque, graph, Physics

Uvod

Motivacijska naloga je naloga iz učbenika za fiziko v gimnazijskih programih. Gre takole: »Tovornjak z maso 20 t pelje čez most, ki je podprt na koncih. Za koliko se poveča navpična komponenta sile v vsaki podpori zaradi tovornjaka, ko je ta na začetku mostu, na četrtini, na sredini in na njegovem koncu?« (Kladnik, 2015, str. 131). Naloga govori o statičnem primeru. Tovornjak pelje po mostu (slika 1) in izračunati je treba velikost spremembe sile na podpori zaradi teže tovornjaka, ko je ta določeni trenutek na izbranem mestu na mostu. Rešitev naloge za nekaj izbranih primerov pokaže, da sta sili v podporah mostu očitno odvisni od položaja tovornjaka na mostu. Nalogo lahko preoblikujemo: »Tovornjak se s stalno hitrostjo pelje po mostu, zato se velikost sil v podporah stalno spreminja. Iz grafa časovne odvisnosti velikosti sil v podporah mostu ocenite hitrost tovornjaka na mostu.«



Slika 1: Motivacijska naloga.

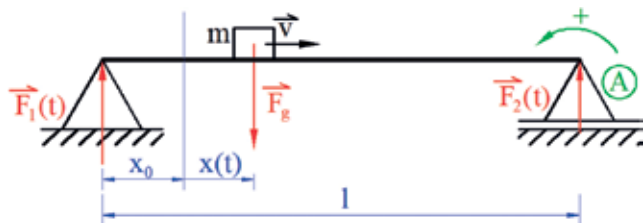
Pri pouku rešujemo precej statične naloge iz mehanike. Na primer večina nalog mehanike obravnava stanje sistema (kot navedena motivacijska naloga), manj je nalog, s katerimi ugotavljamo dinamične odvisnosti. Preoblikovana naloga zahteva večjo mero znanja in iznajdljivosti, zato prepustimo reševanje naloge dijakom v dvojicah ali manjših skupinah. Pred reševanjem naloge izvedemo demonstracijski eksperiment za dijake. Ti v skupinah opazujejo gibanje avtomobila po mostu in časovno odvisnost zajemanja sile. S tem pri dijakih ustvarimo jasno pred-

stavo problema. Dijaki v nekaj minutah po skupinah z metodo nevihte možganov poiščejo ključne vsebine problema (npr. premo gibanje, navor, delo z grafi) in predvidijo potrebne pristope k reševanju problema (uporaba mehanskih zakonov, matematično modeliranje). V debati med reševanjem problema dijaki v skupinah ovrednotijo poiskane delne rešitve (npr. ali je način reševanja naloge dovolj splošen ali preveč specifičen, ali rešitev odraža možnost, da avtomobila na začetku ne postavimo na začetek mostu). Skupine pred eksperimentalnim zajemanjem podatkov in vrednotenjem meritev poročajo o poiskanem računskem modelu, ki po njihovem mnenju opisuje način gibanja avtomobila. V končni razpravi skupaj ovrednotimo ustreznost računskih modelov pri opisu gibanja avtomobila in časovni odvisnosti sil v podporah mostu. Skupaj odkrivamo, kje so dijaki med reševanjem naloge napredovali v znanju, česa niso uspeli predvideti in zato z računskim modelom ustrezno opisati. Na koncu skupaj poiščemo možnosti uporabe pridobljenega znanja na novih primerih (npr. če je most nagnjen, če je most oblike kot dvokapna streha in podobno). Glavni namen aktivnosti je opazovati izpostavljeni problem in zanj poiskati ustrezen računski model. Matematično modeliranje pojavov je temelj fizike. Fizika za pojave, ki jih raziskuje, išče čim boljše računske modele in skuša z njimi napovedati izid pojava v podobnih okoliščinah. To hočemo z izbrano aktivnostjo doseči pri dijakih, razvijamo sposobnost iskanja matematičnih modelov in njihovega eksperimentalnega potrjevanja.

V prispevku najprej poiščemo matematični model, ki predvideva časovno spreminjanje velikosti sil v podporah mostu glede na hitrost tovornjaka za na novo zastavljeno nalogo. Na koncu matematični model eksperimentalno preverimo. Naloga je še posplošena na primer kotaljenja kroglice po klancu. Iz grafičnih meritev napovemo velikost pospeška in naklon klanca, kar z eksperimentom preverimo.

Izpeljava formule za izračun hitrosti tovornjaka

Pred teoretično izpeljavo formule skiciramo računski model mostu (slika 2). Most dolžine l ponazarja ravna črta, ki je podprta na konceh. Tovornjak ponazarja klada mase m , ki se pomika prek mostu s stalno hitrostjo v . Lastno težo mostu zanemarimo. Sicer tudi lastna teža



Slika 2: Shematični prikaz mostu z označenimi količinami.

mostu ne vpliva na spremembo velikosti sil v podporah. Teža mostu se s časom namreč ne spreminja. Klado začnemo spremljati na neki razdalji x_0 , merjeno od leve podpore.

Velikosti sil v podporah F_1 in F_2 se spreminjata glede na to, kje med podporama se tovornjak trenutno nahaja. Vsak čas velja za most mehansko ravnovesje: ravnovesje sil in ravnovesje navorov. Ker obravnavamo sistem sil brez skupnega prijemališča, je smiselno začeti z ravnovesno enačbo navorov – izberemo vrtišče A v desni podpori:

$$\sum_{i=1}^2 \vec{M}_{i,(A)} = 0 \text{ Nm.} \quad (1)$$

S pomočjo slike 2 določimo ročice sil, ki na vrtišče A povzročajo od nič različen navor, in izpolnimo enačbo (1):

$$F_1 \cdot l = F_g(l - (x_0 + x)). \quad (2)$$

Pomnožimo člene v enačbi (2) in razdaljo x izrazimo s hitrostjo tovornjaka, dobimo:

$$F_1 \cdot l = F_g \cdot l - F_g \cdot x_0 - F_g \cdot vt. \quad (3)$$

Zgornjo enačbo delimo z l in dobimo končno odvisnost:

$$F_1 = -\frac{F_g \cdot v}{l} \cdot t + \left(F_g - F_g \cdot \frac{x_0}{l}\right). \quad (4)$$

Smerni koeficient premice z enačbo $y = kx + n$ je po enačbi (4) enak:

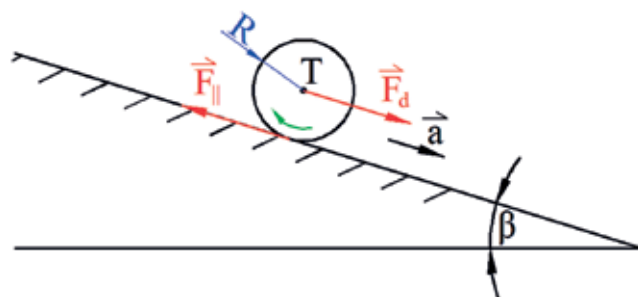
$$k = -\frac{F_g \cdot v}{l}, \quad (5)$$

od koder določimo iskano hitrost tovornjaka:

$$v = -\frac{k \cdot l}{F_g}. \quad (6)$$

Na klancu

Zahtevnost obravnavanega primera v prejšnjem poglavju lahko stopnjujemo z obravnavo gibanja po klancu. Zamislimo si klančino, po kateri se kotali kroglica brez spodsavanja (slika 3). Kroglico pospešuje po klancu navzdol dinamična komponenta sile teže F_d , medtem ko drsenje po klancu preprečuje navzgor po klancu obrnjen sila F_{\parallel} .



Slika 3: Kotaljenje kroglice po klancu brez spodsavanja.

Nastavimo drugi Newtonov zakon za kotaljenje kroglice vzdolž klanca (Gruden, Kastelic, Mir, Ostruh, Rebec, n. d.):

$$F_d - F_{\parallel} = ma_T, \quad (7)$$

pri čemer se indeks »T« nanaša na težišče kroglice, okoli katerega se kroglica vrti. Izrazimo dinamično komponento sile teže z naklonskim kotom klanca β . Enačbo (7) prepíšemo:

$$F_g \sin \beta - F_{\parallel} = ma_T. \quad (8)$$

Kroglica se med gibanjem po klanecu navzdol vrti še okoli svojega težišča. To opisuje enačba o navorih (Kladnik, 2015):

$$M = F_{\parallel}R = J_T\alpha, \quad (9)$$

pri čemer je R polmer kroglice, $J_T = \frac{2}{5}mR^2$ vztrajnostni moment kroglice za vrtenje kroglice okoli njenega težišča (Kraut, 2017) in $\alpha = a_T/R$ kotni pospešek vrtenja kroglice (Kladnik, 2015). Ko upoštevamo navedene zveze za vztrajnostni moment kroglice in njen kotni pospešek, dobimo formulo za velikost sile F_{\parallel} izražene iz enačbe (9):

$$F_{\parallel} = \frac{J_T\alpha}{R} = \frac{1}{R} \cdot \frac{2mR^2}{5} \cdot \frac{a_T}{R} = \frac{2}{5}ma_T. \quad (10)$$

Rezultat (10) vstavimo v enačbo (8):

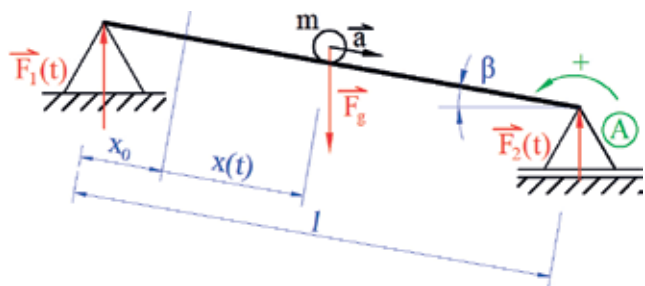
$$F_g \sin \beta - \frac{2}{5}ma_T = ma_T \quad (11)$$

in izpeljemo pospešek težišča kroglice na klanecu:

$$a_T = \frac{F_g \sin \beta}{\frac{7}{5}m} = \frac{5g \sin \beta}{7}. \quad (12)$$

Enačba (12) povezuje pospešek in naklonski kot klanca. Rezultat velja za primer kotaljenja kroglice, sicer je treba v enačbo (10) za vztrajnostni moment vstaviti izraz za katero drugo geometrijsko telo (na primer, če se po klanecu kotali valj).

Nadaljujmo iskanje zveze med silami v podporah klanca in pospeškom telesa na klanecu. Klanec, ki ga v navpičnih smereh na vrhu in ob njegovem vznožju podpirata navpični sili, prikazuje slika 4. Na klanec položimo kroglico in jo iz mirovanja spustimo (brez začetne hitrosti), da se kotali po klanecu navzdol.



Slika 4: Podprt klanec med kotaljenjem kroglice brez spodsranja.

Po enačbi (1) enačimo navora sil F_1 v levi podpori in teže F_g kroglice:

$$F_1 l \cos \beta = F_g (l - (x_0 + x)) \cos \beta. \quad (13)$$

Kotno funkcijo na obeh straneh enačbe (13) krajšamo in za lego kroglice uporabimo zvezo premege neenakomernega gibanja $x = a_T t^2 / 2$:

$$F_1 l = F_g l - F_g x_0 - F_g \frac{a_T t^2}{2}. \quad (14)$$

Enačbo (14) delimo z dolžino klanca l , da dobimo časovno odvisnost spreminjanja sile v podpori na vrhu klanca. Enačbo še uredimo:

$$F_1 = -\frac{F_g \cdot a_T}{2l} \cdot t^2 + \left(F_g - F_g \cdot \frac{x_0}{l}\right). \quad (15)$$

Po enačbi (15) vidimo, da je časovna odvisnost spreminjanja velikosti sile v podpori kvadratična. Ko primerjamo enačbo (15) s splošnim predpisom kvadratne funkcije $y = ax^2 + bx + c$, opazimo, da je pospešek kroglice a_T po absolutni vrednosti odvisen od vodilnega koeficienta a kvadratne funkcije, kot določa zveza:

$$a = \frac{F_g \cdot a_T}{2l}. \quad (16)$$

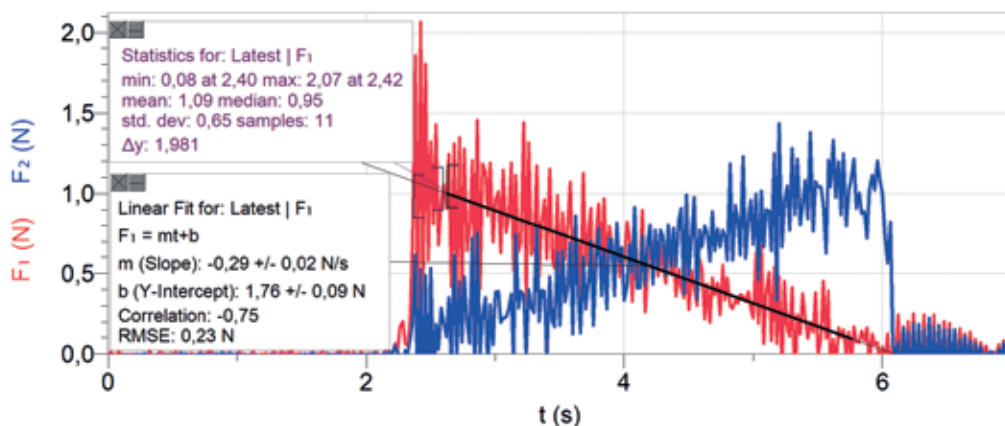
Eksperimentalno lahko izmerimo časovno spreminjanje velikosti sil v podporah klanca $F_1(t)$ in $F_2(t)$ ter s prilaganjem parabole skozi zbrane meritve po enačbi (16) določimo pospešek kroglice na klanecu. Za tem lahko še po enačbi (12) določimo naklon klanca.

Eksperimentalni rezultati

Za prvi del naloge postavimo eksperiment, kot ga prikazuje slika 5. Vodoraven most predstavlja kovinski kanal ali kakšna deščica, ki je na obeh koncih podprta s silomeroma Vernier. Meritve zbiramo z računalnikom prek vmesnika LabQuest. Med zajemanjem meritev se po mostu pelje avtomobil na baterije. S tem imamo zagotovljeno enakomerno hitrost premikanja telesa po mostu. Avtomobil lahko za vzporedno analizo označimo z belo nalepko. Pri video analizi nam ta nalepka služi kot stalna točka, katere gibanje spremljamo.



Slika 5: Postavitev eksperimenta pri izvedbi meritev za vodoraven most.



Slika 6: Meritve pri eksperimentu z vodoravnim mostom.

Zajete meritve eksperimenta prikazuje slika 6. Ko pelje avtomobil po mostu, sila v eni od podpor s časom pada in v drugi podpori s časom narašča. Zaradi stalne hitrosti avtomobila je ta odvisnost linearna (kot napoveduje enačba 4). Vsota obeh sil v podporah je enaka teži avtomobila.

Po enačbi (6) izračunamo hitrost avtomobila. Pred tem še izmerimo potrebne podatke: teža avtomobila je $F_g = (1,16 \pm 0,01) \text{ N}$, dolžina mostu je $l = (0,94 \pm 0,01) \text{ m}$, in s slike 6 odčitamo strmino premice spreminjanja sile v podpori mostu $k = -(0,29 \pm 0,02) \text{ N/s}$. Ko vstavimo podatke v enačbo (6), dobimo:

$$v = -\frac{-0,29 \frac{\text{N}}{\text{s}} \cdot 0,94 \text{ m}}{1,16 \text{ N}} \left(1 \pm \left(\frac{0,02}{0,29} + \frac{0,01}{0,94} + \frac{0,01}{1,16} \right) \right) = (0,24 \pm 0,02) \text{ m/s}. \quad (17)$$

Rezultat lahko preverimo z video analizo (slika 7). Točko, ki jo spremljamo na avtomobilu za video analizo, označuje bela nalepka. Na grafu lege v odvisnosti od časa je strmina premice enaka hitrosti avtomobila. Ta znaša $v_{\text{video}} = 0,25 \text{ m/s}$, kar se v okviru napake z rezultatom (17) ujema.

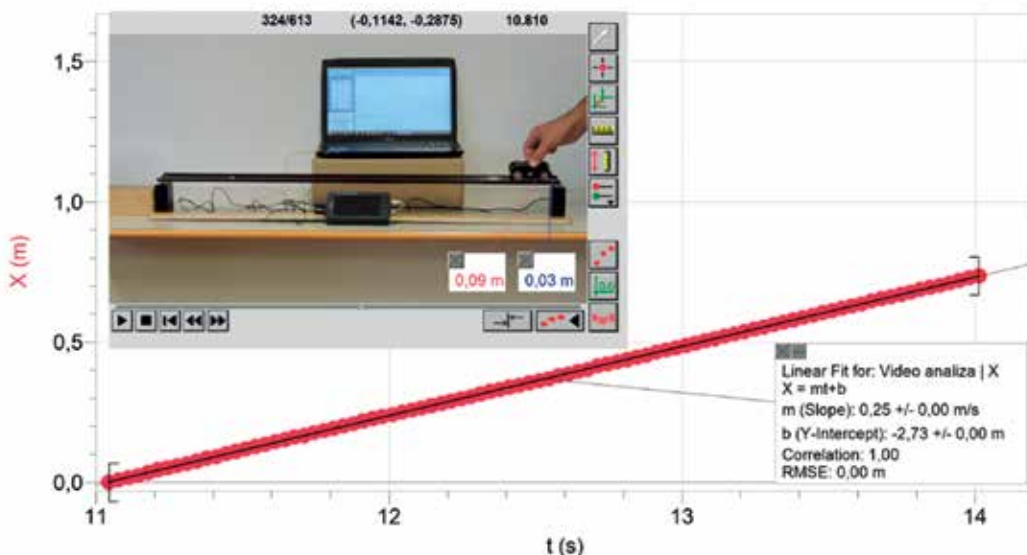
S pomočjo zadnjega člena enačbe (4) in z oceno velikosti sile v eni od podpor, ko avtomobil začne vožnjo, lahko določimo mesto na mostu x_0 , kjer je avtomobil začel svojo vožnjo (označeno na sliki 2). S slike 6 ocenimo, da je začetna vrednost sile v podpori $F_0 = 1,09 \text{ N}$. Zadnji člen v enačbi (4) enačimo s to silo:

$$F_0 = F_g \left(1 - \frac{x_0}{l} \right) \quad (18)$$

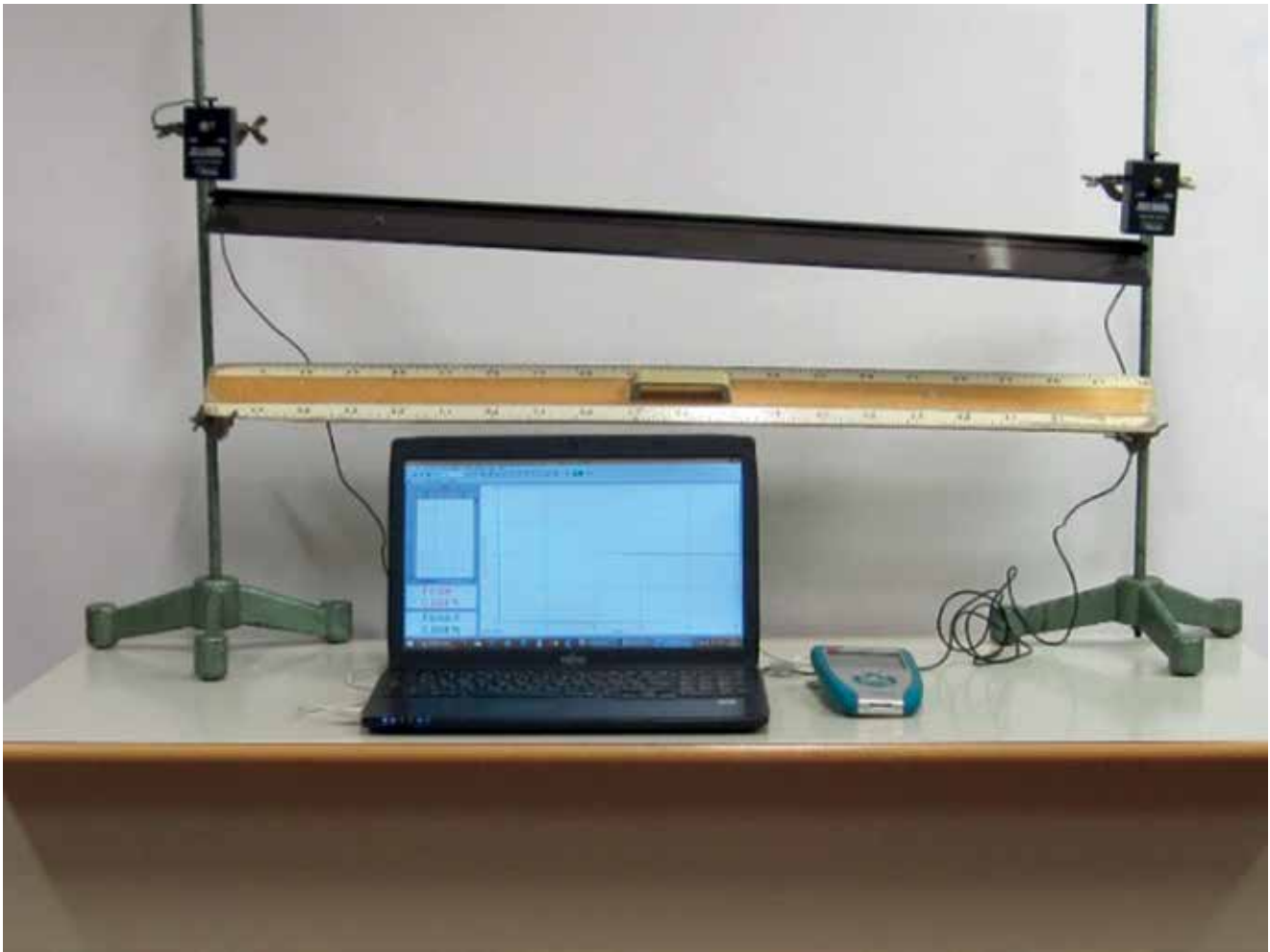
in izpeljemo začetno lego x_0 ter vstavimo podatke:

$$x_0 = l \left(1 - \frac{F_0}{F_g} \right) = 0,94 \text{ m} \left(1 - \frac{1,09 \text{ N}}{1,16 \text{ N}} \right) = 0,06 \text{ m}. \quad (19)$$

Rezultat (19) primerjamo z izmerjeno vrednostjo pri video analizi. Na sliki 7 je z rdečo barvo izmerjena razdalja od začetka mostu do prvega kolesa in z modro barvo razdalja od začetka mostu do zadnjega kolesa. Če predpostavimo, da je težišče avtomobila na sredini med kolesi, se aritmetična sredina omenjenih izmerjenih razdalj ujema z rezultatom (19). Ustreznost enačbe (4) smo v obeh členih eksperimentalno potrdili. Preverimo še eksperimentalno kotaljenje kroglice po nagnjenem klancu. Postavitev eksperimenta kaže slika 8. Postavitev je po-



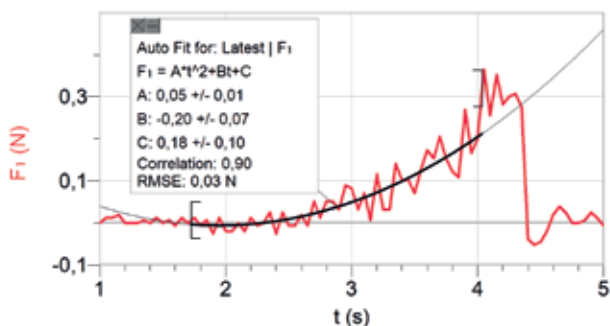
Slika 7: Rezultati video analize.



Slika 8: Postavitev eksperimenta za proučevanje kotaljenja kroglice po klancu.

dobna postavitvi prvotnega eksperimenta, le da je sedaj napravljena klančina.

Rezultat meritve kaže slika 9. Kroglica med kotaljenjem po klancu pospešuje, zato se sila parabolčno s časom spreminja, kot napoveduje enačba (15).



Slika 9: Meritve kotaljenja kroglice po klancu.

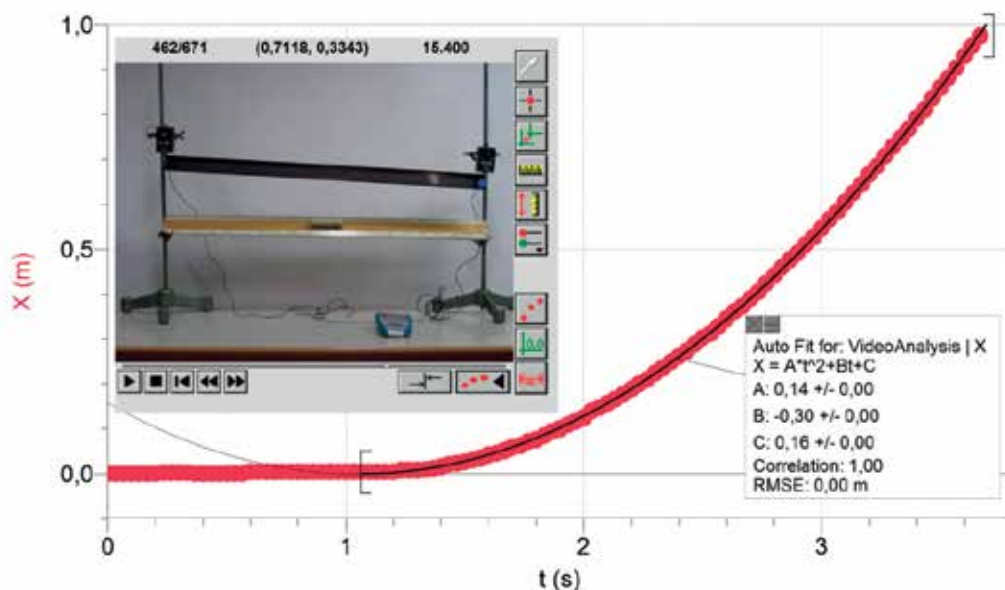
Vodilni koeficient parabole je enak vodilnemu koeficientu v enačbi (15). Iz koeficienta izločimo pospešek kroglice:

$$a_T = \frac{2Al}{F_g} = \frac{2 \cdot 0,05 \frac{\text{N}}{\text{s}^2} \cdot 0,94 \text{ m}}{0,031 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \left(1 \pm \left(\frac{0,01}{0,05} + \frac{0,01}{0,94} + \frac{0,001}{0,031} \right) \right) = (0,31 \pm 0,08) \frac{\text{m}}{\text{s}^2}. \quad (20)$$

Rezultat (20) primerjamo z rezultatom video analize (slika 10). Vodilni koeficient parabole je po enačbah premega gibanja enak polovični vrednosti pospeška. Torej če izračunamo dvakratnik vodilnega koeficienta ($A = 0,14 \text{ m/s}^2$), kar ustreza velikosti pospeška kroglice, in rezultat primerjamo z rezultatom (20), opazimo ujemanje znotraj napake rezultata (20). Po enačbi (12) izračunamo še naklon klanca:

$$\beta = \arcsin\left(\frac{7a_T}{5g}\right) = \arcsin\left(\frac{7 \cdot 0,31 \text{ m/s}^2}{5 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}\right) \cong 2,5^\circ. \quad (21)$$

S kotomerom izmerjen naklon je 3° . Tudi izračunani naklon klanca je blizu izmerjenemu naklonu. Primerjava potrjuje, da je pristop obravnave kotaljenja kroglice ustrezen.



Slika 10: Rezultat video analize kotaljenja kroglice.

Zaključek

V šoli pri poučevanju učitelji vse pogosteje zaznavamo, da učenci ne povezujejo znanj predmetov med seboj v tolikšni meri, kot bi si želeli. Zato so vsebinsko obogatene naloge lahko primerna rešitev za združevanje znanj. Obravnavani primer združuje vrline matematike, fizike in eksperimentiranja. Mogoče je prikazani način reševanja nalog neprimeren za vse učence v šoli, lahko pa je uporabljen pri problemskem raziskovanju učno boljših učencev. Pri tem učenci razvijajo ali utrjujejo dodatna matematična znanja in se ukvarjajo z zajemanjem meritev, analiziranjem meritev ter napovedovanjem zakonitosti, ki sledijo iz analize meritev. Metoda je v šoli uporabna pri skupinskem delu učencev, saj obstaja velika verjetnost, da povprečen učenec še nima vseh potrebnih vrlin. Reševanje takšnih problemov je lahko tudi odbijajoče, zato je primerneje, če damo takšne naloge učencem na izbiro. Paziti je treba tudi na zahtevnost naloge. Obravnava kroglice na klancu je veliko zahtevnejša kot

obravnava vožnje po vodoravni podlagi. Obravnavana naloga vsebuje tudi izbirna znanja (na primer kotaljenje), kar širi znanje učencev prek učnega načrta. Seveda lahko raziskujemo še, kako določiti hitrost tovornjaka na vodoravnem mostu, če je most podprt na treh ali več mestih. Napovedujemo lahko časovne odvisnosti sil v podporah mostu, če so te neenakomerno oddaljene med seboj in je hitrost tovornjaka stalna. Obravnavamo lahko tudi primere voženj po mostu dveh ali več vozil, ki vozijo v istih ali nasprotnih smereh.

Kratka predstavitev avtorja

Magister znanosti fizike Marko Rožič, profesor matematike in fizike, je zaposlen v Srednji šoli Črnomelj. Vrsto let se udeležuje mednarodnih konferenc s področij računalništva, matematike, fizike, ekologije in didaktike, kjer z drugimi udeleženci izmenjuje primere dobrih praks.

Viri in literatura

- [1] Gruden, D., Kastelic, P., Mir, M., Ostruh, P. in Rebec, E. (n. d.). *Lov na izgube*. Pridobljeno 7. 10. 2018 s http://projlab.fmf.uni-lj.si/arhiv/2013_14/naloge/izdelki/lov_na_izgube_2/teorija.html.
- [2] Kladnik, R., Kodba, S. (2015). *Gibanje in sila*. Učbenik za fiziko za gimnazije in srednje šole 1. Ljubljana: DZS.
- [3] Kraut, B. (2017). *Krautov strojniški priročnik*. 16. slovenska popravljena izdaja. Ljubljana: Buča.
- [4] Vernier. (2018). Downloads. PRIDOBLEN 7. 10. 2018 S [HTTPS://WWW.VERNIER.COM/DOWNLOADS/](https://www.vernier.com/downloads/).

Splošna matura iz fizike 2019

Poročilo Državne predmetne komisije za splošno maturo (DPK SM) za fiziko

Peter Gabrovec, glavni ocenjevalec DPK SM za fiziko

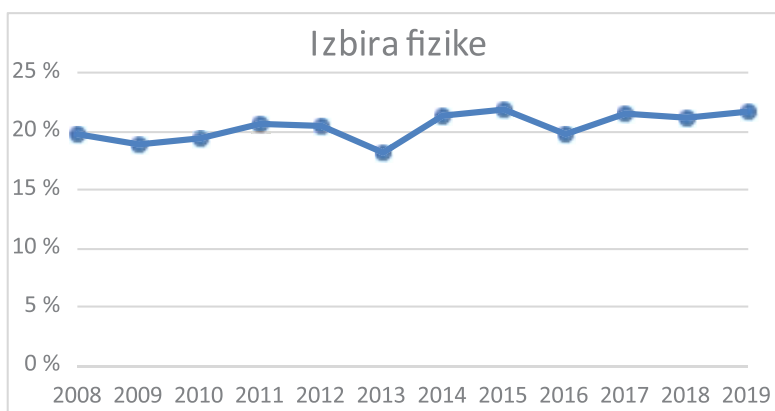
1 Splošni podatki

Pisni izpit splošne mature iz fizike je v šolskem letu 2018/19 v spomladanskem roku opravljalo 1357 kandidatov. Struktura kandidatov glede na izobraževalni program je podobna kot prejšnja leta.

Število kandidatov, ki na maturi izberejo fiziko, sicer pada, kar je posledica zmanjševanja števila vseh kandidatov na maturi. Delež kandidatov, ki izberejo fiziko, je podoben kot prejšnja leta, v daljšem obdobju je trend rahlo naraščajoč.

Tabela 1: Število kandidatov na maturi iz fizike med letoma 2011 in 2019.

Leto	Število vseh kandidatov
2011	1685
2012	1531
2013	1374
2014	1495
2015	1487
2016	1353
2017	1539
2018	1334
2019	1357



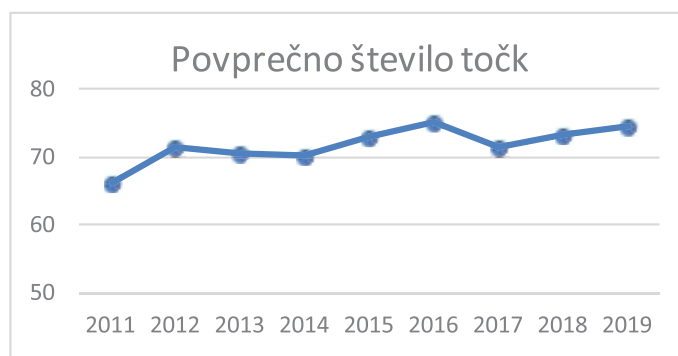
Slika 1: Delež kandidatov SM, ki so opravljali maturo iz fizike med letoma 2008 in 2019.

2 Analiza dosežkov kandidatov

2.1 Analiza skupnega dosežka kandidatov

Analiza dosežkov kandidatov je opravljena za referenčno skupino kandidatov. To skupino sestavljajo redni dijaki, ki prvič opravljajo splošno maturo v celoti (brez kandidatov z maturitetnim tečajem, 21-letnikov, odraslih in poklicnih maturantov). Referenčna skupina zajema 89,2 % kandidatov, ki so junija 2019 opravljali izpit splošne mature iz fizike.

Povprečno število točk, ki so jih dosegli kandidati referenčne skupine, je bilo letos 74,62. Število doseženih točk se počasi dviguje. Na dosežke kandidatov vpliva poleg njihovega znanja tudi sestava nalog. Komisija pri pripravi nalog sledi cilju, da bi se število doseženih točk še nekoliko dvignilo in bi lahko mejo za pozitivno oceno dvignili na 50 %.

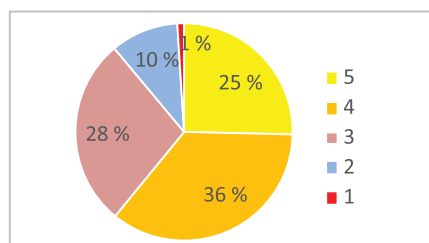


Slika 2: Dosežki kandidatov v zadnjih devetih letih.

Meje za izpitne ocene določi komisija glede na dosežke kandidatov referenčne skupine. Letošnje mejne točke in primerjavo s preteklimi leti kaže spodnja preglednica. Glede na leto prej so bile meje nekoliko višje.

Tabela 2: Meje med ocenami za zadnjih pet let.

Ocene	5	4	3	2
2015	84	72	59	46
2016	85	73	60	47
2017	84	71	58	46
2018	85	72	58	47
2019	85	72	58	48



Slika 3: Porazdelitev kandidatov referenčne skupine po ocenah.

2.2 Analiza uspeha pri prvi izpitni poli

Prva izpitna pola je sestavljena iz 35 vprašanj izbirnega tipa. Kandidati izberejo enega od ponujenih možnih odgovorov na zastavljeno vprašanje. Vprašanja preverjajo le tiste cilje v katalogu, ki sodijo med splošna znanja. Kandidati referenčne skupine SM so pri tem delu izpita v povprečju dosegli 24,95 točke, indeks težavnosti¹ (IT) je bil 0,71, kar je v rangu dosežkov preteklih let (2018: 0,64, 2017: 0,70, 2016: 0,69, 2015: 0,71).



Slika 4: Porazdelitev kandidatov referenčne skupine po ocenah

Državna predmetna komisija je v izpitno polo tako kot vedno vključila nekaj težjih vprašanj in nekaj zelo lahkih. V prvem približku se postavimo na stališče, da je »lahka« naloga tista, ki so jo kandidati uspešno reševali (visok IT), »težke« naloge pa so tiste, pri katerih je uspeh kandidatov zelo slab (nizek IT). Seveda na zahtevnost naloge vpliva (poleg objektivne kognitivne zahtevnostne stopnje) še marsikaj drugega – npr. jasna definicija problema, hitro razumljivi in pregledni odgovori, skice pri nalogi in še kaj. Kljub temu predstavlja IT nekakšno okvirno sporočilo o uspehu kandidatov pri splošni maturi. Kandidati so prvo polo nasploh reševali dobro, najnižji indeks težavnosti IT je bil letos 0,29 pri vprašanju 2 sledilo je vprašanje 5 z IT 0,31, vsa druga vprašanja pa so imela IT nad 0,43, kar pomeni, da je bilo tudi letos v prvi izpitni poli relativno malo vprašanj, pri katerih bi imeli kandidati zelo izrazite težave.

2.2.1 Naloge z nizkim indeksom težavnosti

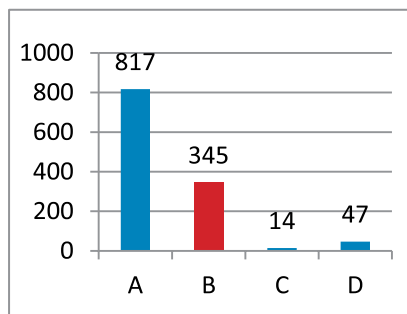
Naloga 2 (IT = 0,29, ID = 0,43)

- Kolesar se iz mesta A pelje v mesto B s hitrostjo v_1 . Nato se hitro obrne in se po isti poti pelje iz mesta B nazaj v mesto A s hitrostjo $v_2 = 15 \text{ km/h}$. Kolikšna mora biti hitrost v_1 , da bo povprečna hitrost kolesarja na poti enaka 10 km/h ?
 - 5 km/h
 - 7,5 km/h
 - 10 km/h
 - Povprečna hitrost kolesarja v tem primeru ne more biti 10 km/h.

¹ Indeks težavnosti IT je razmerje med povprečnim številom doseženih točk in največjim številom točk, ki jih je mogoče doseči.

Komentar:

Naloga 2 ima v izpitni poli 1 najnižji indeks težavnosti, torej so jo kandidati reševali najslabše. Glede na indeks diskriminatornosti je na drugem mestu, torej so jo v glavnem pravilno reševali kandidati, ki so dosegli dober uspeh pri celotnem izpitu iz fizike. Najpogosteje so kandidati izbrali napačni odgovor A, ki se je zdel na prvi pogled kar smiseln. Glede na težak pravilen razmislek je rezultat pričakovan.

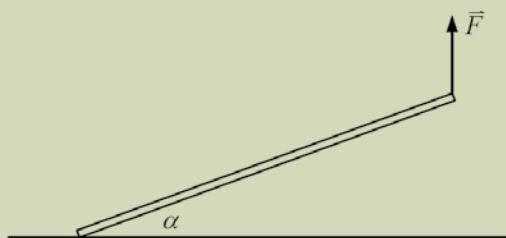


Slika 5: Število kandidatov, ki so izbrali posamezni odgovor v nalogi 2. Pravilen je odgovor B.

Naloga 5 (IT = 0,31, ID = 0,40)

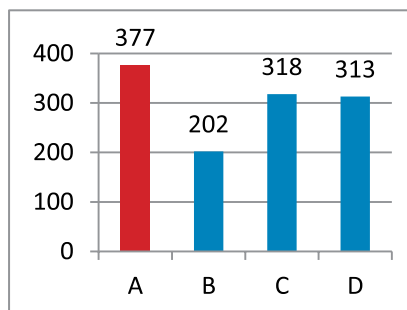
5. Desko privzdignemo na desnem koncu s silo v navpični smeri. Kolikšna mora biti velikost te sile, da je deska v ravnovesju s kotom α glede na vodoravnico?

- A $\frac{F_g}{2}$
B $\frac{F_g}{2 \cos \alpha}$
C $\frac{F_g \cos \alpha}{2}$
D $\frac{F_g}{2 \sin \alpha}$



Komentar:

Naloga 5 je druga najslabše reševana naloga v prvi izpitni poli. Tudi ta naloga je imela visok indeks diskriminatornosti in je torej dobro ločevala dobre kandidate od slabih. Čeprav je postopek reševanja te naloge bistveno lažji kot pri nalogi 2, je rezultat presenetljivo zelo slab. V kombinaciji z veliko razpršenostjo odgovorov je mogoče sklepati, da so kandidati slabo pripravljene na naloge iz navora. Na slednje kaže tudi naloga 6 v izpitni poli 1, ki je prav tako zahtevala uporabo ravnovesja navorov in je imela indeks težavnosti le 0,43.



Slika 6: Število kandidatov, ki so izbrali posamezni odgovor v nalogi 5. Pravilen je odgovor A.

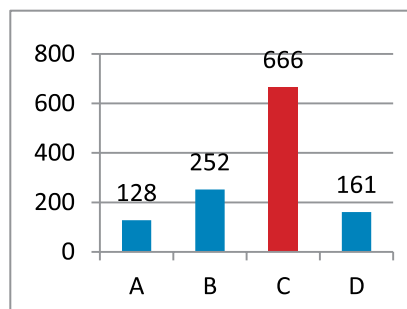
Naloga 33 (IT = 0,55, ID = 0,30)

33. Kaj velja pri jedrski cepitvi za vsoto mas cepitvenih produktov, če se pri reakciji energija sprošča?

- A Vsota mas cepitvenih produktov je enaka masi jedra, ki je razpadlo.
B Vsota mas cepitvenih produktov je večja od mase jedra, ki je razpadlo.
C Vsota mas cepitvenih produktov je manjša od mase jedra, ki je razpadlo.
D Vsota mas cepitvenih produktov je enaka količniku vezavne energije prvotnega jedra in kvadrata svetlobne hitrosti.

Komentar:

Nalogo smo vključili v izpitno polo kot lažjo, vendar se je izkazala kot relativno slabo reševana. Napačni odgovori so precej razpršeni, kar kaže na to, da so mnogi pravilni odgovor ugibali. Rezultat kaže na širši trend, da kandidati naloge iz moderne fizike na splošno rešujejo relativno slabo. Verjetno mnogi pri pripravi na maturo iz fizike to poglavje v veliki meri izpustijo.



Slika 7: Število kandidatov, ki so izbrali posamezni odgovor v nalogi 33. Pravilen je odgovor C.

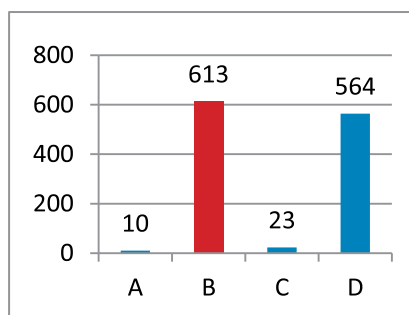
2.2 Naloge z dobrim uspehom (visok IT) in naloge, ko ločujejo »boljše« in »slabše« kandidate (visok ID²)

Naloga 7 (IT = 0,51, ID = 0,45)

7. Utež z maso 2,0 kg visi na lahkem silomeru, ki je obešen na strop dvigala. S kolikšnim pospeškom se giblje dvigalo, če kaže silomer silo 22 N?
- A 0,60 m s⁻²
 - B 1,2 m s⁻²
 - C 2,1 m s⁻²
 - D 11 m s⁻²

Komentar:

Naloga z najvišjim indeksom diskriminatornosti (0,45) je naloga 7. Glede na temo sodi naloga med klasična vprašanja, pri katerih imajo težave kandidati, ki se reševanja lotevajo bolj površno. Odgovor D je običajen napačen odgovor in ni presenečenje, da ga je izbralo veliko kandidatov. Morda pa vseeno nepričakovano, da je napačen odgovor izbralo skoraj pol kandidatov, saj problem sodi v standardni nabor nalog iz fizike.



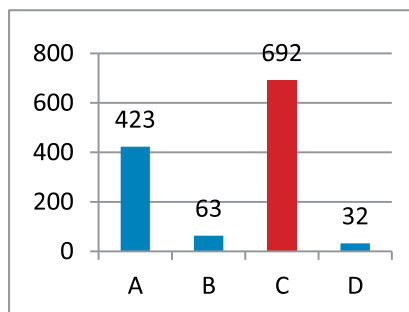
Slika 8: Število kandidatov, ki so izbrali posamezni odgovor v nalogi 7. Pravilen je odgovor B.

Naloga 10 (IT = 0,57, ID = -0,05)

10. Telo vlečemo s stalno silo 7,0 N na razdalji 10 m, pri čemer se telo giblje premo enakomerno s hitrostjo 2,0 m/s. Kolikšen je sunek vlečne sile?
- A 0 N s
 - B 14 N s
 - C 35 N s
 - D 70 N s

Komentar:

Naloga 10 je edina imela negativen indeks diskriminatornosti (ID), kar pomeni, da so jo v povprečju malenkost bolje reševali slabši kandidati. Verjetno je boljše kandidate zavedel podatek, da se telo giblje enakomerno, in jih je navedel na odgovor A, ki bi bil pravilen, če bi naloga spraševala po vsoti vseh sil in ne po vlečni sili. Ob tem rezultatu velja ponovno opozoriti kandidate na natančno branje besedila naloge.



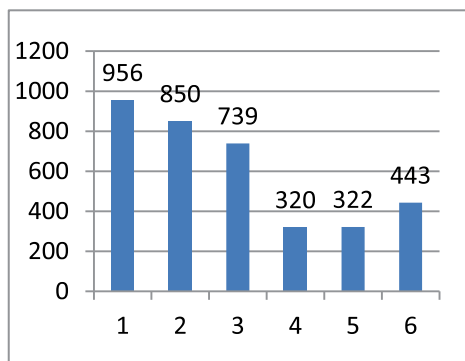
Slika 9: Število kandidatov, ki so izbrali posamezni odgovor v nalogi 10. Pravilen je odgovor C.

² ID naloge – statistični parameter, s katerim skušamo meriti, ali so nalogo boljše reševali kandidati, ki so imeli v celoti boljši uspeh na maturi. Naloge z visokim ID so uspešno reševali večinoma le kandidati, ki so tudi sicer dosegli zelo dober rezultat na maturi – »dobri« kandidati. Nizek ID pomeni, da so nalogo dobro reševali tako »dobri« kot »slabi« kandidati.

2.3 Analiza uspeha pri drugi izpitni poli (strukturirane naloge)

V drugi izpitni poli so kandidati izbrali tri naloge strukturiranega tipa izmed ponujenih šestih. Frekvenco izbranih nalog kaže slika 10.

Glede števila kandidatov, ki so izbrali posamezno nalogo, je tudi letos najvišje uvrščena prva naloga. Tak vzorec je bil značilen že v prejšnjih letih, vendar se delež kandidatov, ki izberejo prvo nalogo, vseeno rahlo zmanjšuje. Opisani vzorec lahko pripišemo dejstvu, da je tip prve naloge vsa leta precej podoben, in kandidati dobro obvladajo vsebine, ki jih naloga preverja. Veččin obdelave merskih podatkov, risanja grafov in določanja napak pri merjenjih so se kandidati naučili tudi pri laboratorijskem delu, ki je po učnem načrtu prisotno v vseh letih šolanja.



Slika 10: Število kandidatov, ki so izbrali posamezno nalogo. Upoštevani so kandidati referenčne skupine.

Po deležu kandidatov, ki so izbrali posamezno nalogo, letos v primerjavi s povprečjem zadnjih štirih let navzgor najbolj odstopa 3. naloga, najmanj so kandidati letos izbirali 4. in 5. nalogo. Razlike v pogostosti izbire posamezne naloge v različnih letih so pričakovane glede na različne teme, ki jih naloge obravnavajo, in se tudi v letošnjem letu gibljejo v običajnih vrednostih.

Vsaka naloga je bila vredna 15 točk, skupaj so torej kandidati lahko dosegli 45 točk. Spodnja slika kaže razporeditev kandidatov referenčne skupine po doseženih točkah pri drugi poli.

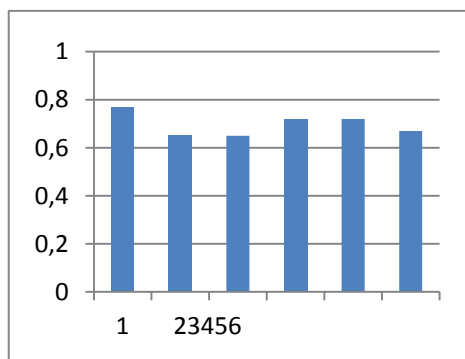


Slika 11: Razporeditev kandidatov po točkah. Upoštevani so kandidati referenčne skupine.

Kandidati referenčne skupine so v povprečju dosegli 31,38 točke, indeks težavnosti te izpitne pole je 0,70. Rezultat je sicer nekoliko nižji kot lani, a ne odstopa iz ranga uspehov v prejšnjih letih: leta 2018: 0,72, 2017: 0,64, leta 2016: 0,73, leta 2015 0,67.

Glede indeksa težavnosti nalog je sicer tudi letos na prvem mestu naloga iz merjenj, kar je običajno, pri preostalih nalogah je bila uspešnost kandidatov precej podobna kot pretekla leta. Glede na zadnja leta so bili kandidati nekoliko nadpovprečno uspešni pri 4. nalogi (elektrika in magnetizem) in pri 5. nalogi (nihanje in valovanje), sicer pa so bile letos naloge glede indeksa težavnosti posameznih nalog glede na prejšnja leta med najbolj izenačenimi.

Komisija opaža in opozarja, da je čas pisanja druge pole sorazmerno kratek v primerjavi s časom za pisanje prve pole. Komisija rešitve ne vidi v spremembi vsebine pol, ampak v prerazporeditvi časa. Na to opozarjamo že vsa leta od prenove leta 2012.



Slika 12: Indeks težavnosti po posameznih nalogah pole 2.

Sestava nalog

Naloge so pokrivalo naslednje fizikalne teme:

1. naloga – Merjenje: kandidati so obdelali in analizirali podatke o legah pasov ojačitve po prehodu svetlobe skozi uklonsko mrežico.
2. naloga – Mehanika: naloga je obravnavala gibanje dveh teles, od katerih je eno drselo po klancu navzgor, drugo pa je bilo z njim povezano z vrstico, napeljeno preko škripca, in ga je pospeševalo.
3. naloga – Toplota: vprašanja pri nalogi so se nanašala na spremembe stanja zraka v bučki, ki je zaprt s premično kapljico vode v cevki.
4. naloga – Električna in magnetizem: naloga je z različnih vidikov obravnavala delovanje avtomobila na električni pogon.
5. naloga – Nihanje, valovanje in optika: naloga je obravnavala nihanje valja, ki plava v vodi, in valovanje, ki ga s tem ustvarja.
6. naloga – Moderna fizika: vprašanja naloge so preverjala poznavanje jedrskega reaktorja in jedrskih reakcij, ki v njem potekajo.

Najpogostejši nepravilni odgovori kandidatov

Težave, ki so vodile k slabšemu uspehu v letošnji izpitni poli 2, so v analizi združene v več sklopov, za vsakega je navedenih nekaj primerov, v oklepaju je navedena številka vprašanja.

1. Težave z enotami:
 - a) pri mnogih nalogah so imeli kandidati težave s pretvarjanjem enot. Največ težav so imeli z radiani (1.6, 1.8), litri, bari, °C (3.2), g/cm^3 (5.3) ter elektroni in atomsko masno enoto (6.8);
 - b) kandidati so podajali rezultat brez enot. Posebej izrazita je bila ta težava pri določanju smernega koeficienta premice (1.3).
2. Slabo branje oziroma neupoštevanje navodil:
 - a) podajali so le končni volumen in ne spremembe (3.3);
 - b) računanje naklona iz vrednosti v tabeli in ne iz narisane premice na grafu;
 - c) določanje valovne dolžine neposredno iz podatkov in ne iz izračunanega smernega koeficienta (1.4);
 - d) zapisali so izraz za časovno odvisnost pospeška in ne za njegovo amplitudo (5.1).
3. Neustrezen zapis rezultata:
 - a) kandidati niso bili pozorni na zapis rezultata z ustreznim številom zanesljivih mest (1.1, 1.6);
 - b) rezultat so zapisali z ulomkom namesto z decimalno številko;
 - c) uporabili so neustrezen zapis za absolutno in relativno napako (1.6, 1.8).
4. Primeri nekaterih vsebin, pri katerih so imeli kandidati pri letošnjem izpitu izrazitejšo težavo:
 - a) računanje z napakami (1.6, 1.8);
 - b) poznavanje ustrezne terminologije (krožna frekvenca pri nihanju) (5.1);
 - c) določitev pospeška sistema teles (2.4);
 - d) pri računanju mase izotopa so uporabili napačno število nevtronov in/ali niso upoštevali reakcijske energije (6.8).
5. Kandidati pri uporabi določenega izraza niso dovolj premislili, katere podatke morajo uporabiti:
 - a) ko so računali spremembo potencialne energije, so jo izračunali le za eno telo in ne za cel sistem teles (2.7);
 - b) pri računanju spremembe gibalne količine so upoštevali le začetno hitrost in ne spremembe hitrosti (2.8);
 - c) pri določanju spremembe notranje energije plina niso upoštevali dela, ki ga plin prejme od okolice pri zmanjšanju volumna (3.6);
 - d) pri določanju števila pasov ojačitve so podali le število pasov na eni strani centralnega pasu (5.7);
 - e) niso upoštevali ali so napačno upoštevali deleže podanih količin (4.7, 4.8, 6.5).

6. Kandidati so imeli težave z besedilnimi odgovori:

- pri opisovanju jedrske cepitve so zapisali preveč splošne ali nenatančne odgovore (6.1);
- pri utemeljevanju odgovorov so podali nepopolna ali preveč nejasna pojasnila (3.9).

2.4 Laboratorijske vaje

Razporeditev točk, ki so jih kandidati dobili pri notranjem delu izpita, je podobna kot pretekla leta. Povprečna ocena je rahlo nižja kot lani, vendar v istem rangu kot pretekla leta.



Slika 13: Razporeditev kandidatov po točkah pri notranjem delu izpita. Upoštevani so kandidati referenčne skupine.

Delež točk, ki jih kandidati dosežejo pri notranjem ocenjevanju (18,29 točke od možnih 20 točk), se znatno razlikuje od deleža točk, ki jih dosežejo pri zunanem ocenjevanju (56 točk od možnih 80 točk). Vendar se je število točk notranjega dela v primerjavi z lani zmanjšalo, točk zunanjega pa povečalo. Korelacija med zunanjim in notranjim delom izpita je 0,37, tudi ta vrednost je podobna vrednostim zadnjih nekaj let. V porazdelitvi točk pri notranjem ocenjevanju je opaziti, da se pojavlja vrh pod največjim možnim številom, kar kaže na posledice akcije analize ocenjevanja notranjega dela izpita in osveščanja učiteljev pred nekaj leti. Analiza gradiva kaže, da ocene notranjega dela v večji meri zadoščajo kriterijem in da ni večjih razhajanj. Komisija meni, da je to posledica ustaljenega dela in dobro definiranih pričakovanih rezultatov.

3 Mnenje zunanjih ocenjevalcev o nalogah in vprašanjih v izpitnih polah

Vsi zunanji ocenjevalci so sestavo izpitnih pol ocenili kot zelo primerno ali primerno, navodila za ocenjevanje pa kot zelo jasna ali jasna.

V opisnih komentarjih je bilo izraženo mnenje, da bi bilo dobro v Navodilih za ocenjevanje zapisati splošna navodila ocenjevanja glede zaokroževanja rezultatov in uporabe enot ter dodati več vmesnih rezultatov.

4 Ugovori na oceno in način izračuna izpitne ocene

Od 1357 kandidatov, ki so v spomladanskem roku pristopili k izpitu splošne mature iz fizike, je 75 kandidatov zaprosilo za vpogled v ocenjevanje njihovega izdelka. Na postopek izračuna ocene je ugovarjal en kandidat, 18 kandidatov pa je ugovarjalo na oceno. Njihove izpitne pole je še enkrat pregledal izvedenec, ki je preveril, ali so njihovi izdelki ocenjeni v skladu z navodili za ocenjevanje. Pri 11 kandidatih je spremenil število doseženih točk, kar je pri devetih kandidatih pomenilo spremembo ocene izpita iz fizike. Število ugovorov na oceno je podobno številu ugovorov iz prejšnjih let.

5 Za zaključek

Za tiste, ki želijo še več informacij o izvedbi in rezultatih mature, je vsako leto na spletni strani RIC objavljeno tudi obširnejše poročilo DPK SM za fiziko. To poleg vsebinske analize, ki je podana v pričujočem prispevku, vključuje še več statističnih analiz maturitetnega izpita.

Izraz ali formula

dr. Mojca Čepič

Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta, Oddelek za fiziko in tehniko

Včasih se mi dozdeva, da sem mnogo preveč pikolovska, a v želji po sporočevalni preciznosti vseeno odpiram debato. Kako v posredovanju fizike poimenujemo povezave med fizikalnimi količinami, ki omogočajo napovedi izidov poskusov ali izračune posredno merjenih fizikalnih količin?

Najprej pomislimo na fiziko nekoliko splošneje. Kaj fizika pravzaprav je? Dogajanje v naravi poteka v skladu z nekimi zakonitostmi, ki jih udeleženci v teh procesih pravzaprav ne poznamo. Fiziki ta dogajanja opazujemo, ugotavljamo povezave med različnimi spremenljivkami in oblikujemo »pravila« oziroma »modele«, ki naj bi te povezave opisovali. Meni najljubša primerjava fizikovih muk je opis, ki ga je ponudil Richard Feynman v svojih slavnih predavanjih na Caltechu [1]. Predstavljajte si nekoga, ki opazuje šah, a ne pozna pravil igre. Ko dalj časa opazuje igralca, ugotovi, da oblika figur določa tudi, kako se figure gibljejo. Čim dlje opazuje, tem več podatkov o gibanju figur ima. Vedno bolj se mu dozdeva, da ve, kakšna pravila veljajo za gibanje figur. A vseeno ga rokada preseneti in mora k zbirki že odkritih pravil dodati novo pravilo. Na podoben način potekajo odkrivanja naravnih zakonitosti. Iz množice podatkov se izlušči neko »pravilo«, ki omogoči predvidevanja v podobnih okoliščinah.

»Pravila«

Fiziki se dobro zavedamo, da je treba ta »pravila« preverjati s poskusi. Uporabimo jih za napoved izidov, in če so napovedi skladne z izidi, menimo, da »pravilo« dobro opisuje dogajanje, poleg tega pa se zavedamo, da tudi tisoče s »pravilom« skladnih napovedi ne ponuja absolutne potrditve, da »pravilo« velja. Drugače je z neuspešnimi napovedmi. Pogosto je že ena napačna napoved dovolj, da »pravilo« »pade« in ne velja več.

»Pravila«, ki so bila mnogokrat preverjena in omogočajo pomembne napovedi in obravnave pojavov, si sčasoma lahko prislužijo bolj »pomembna« poimenovanja, npr. Newtonovi zakoni ali Einsteinova teorija. Zakon pove, kakšne povezave veljajo, teorija pa poleg tega razloži še vzroke zanje.

V vsakdanjiku je drugače. Ljudje smo navajeni na pravne zakone, ki ravnanja v različnih okoliščinah predpisujejo in zapovedujejo. Če ne ravnamo v skladu z zakoni, nas doleti kazen, če nas ujamejo, seveda. Laiki pogosto prenesejo podoben način razmišljanja na zakone, s katerimi opisujemo pojave v naravi. Tako pogosto slišimo, da dogajanje v naravi določajo naravni zakoni, da dogajanja v naravi ubogajo ali sledijo zakonom. Pomen mnogokrat potrjenih fizikalnih modelov se spremeni v zakon, ki si ga narava ne upa več kršiti.

Še slabše se godi teoriji. V naravoslovju je teorija razlaga pojava, ki je dobro preverjena, in so napovedi, ki temeljijo na njej, zanesljive v smislu, kot smo razpravljali zgoraj. V vsakdanji govorici pa ima »teorija« pravzaprav slabšalni pomen. Javnost jo obravnava kot nekaj, kar je treba še preveriti, in zanjo še zdaleč ne velja, da se bodo napovedi uresničile. Beseda »teorija« v laični govorici ima pravzaprav enak pomen kot v besednjaku fizika »(utemeljena) napoved«. Zakaj je »utemeljena« v oklepaju? Ko fizik napoveduje izide poskusov, navadno preveri kupe podatkov, razmisli o povezavah med različnimi fizikalnimi količinami, o vplivih različnih drugih okoliščin in podobnem, preden napove izid poskusa. »Teorija« v javnosti pa je bolj povezana z napovedjo, ko se govorniku nekaj dozdeva, to dozdevanje pa je treba še temeljito premisliti in preveriti, kar pa še ni bilo storjeno.

Hipoteza

Najslabše pa se dogaja »hipotezi«. Čeprav je hipoteza močno doma v raziskavah, jo fiziki cenimo nekoliko manj. Običajno v raziskavah oblikujemo napovedi izidov poskusov in jih tako tudi imenujemo. Tudi v znanostih je »hipoteza« obravnavana različno.

V družboslovnih znanostih lahko hipotezo potrdimo ali ovržemo z določenimi postopki. Na nekem vzorcu lahko npr. ugotovimo, da imajo moški črne lase, ženske pa rdeče. Če je bila za ta vzorec postavljena hipoteza, da imajo moški drugačne barve lase kot ženske, je hipoteza za ta vzorec potrjena. Seveda pa je njena splošna veljavnost vprašljiva. A tudi za prenos dognanj, ki se nanašajo na neko omejeno skupino, v večjo skupino oziroma na celotno populacijo, veljajo pravila, za katera pa lahko ugotovimo/izračunamo tudi verjetnosti, da bodo tako prenesene trditve tudi veljale.

V naravoslovnih znanostih ima hipoteza enake lastnosti kot zakoni, teorije, modeli in napovedi. Ne moremo je dokazati ali potrditi, lahko je le v skladu z izidi poskusov. Ne moremo pa trditi, da potrjena hipoteza nujno pomeni tudi absolutno veljavnost modela, iz katerega je hipoteza izhajala.

Stakim zavedanjem oziroma odnosom do pogosto uporabljenih pojmov v fiziki v šolo pridejo tudi učenci, zato je še kako pomembno, da jim privzgojimo »znanstveni dvom«. Prav tako je pomembno, kako se pogovarjamo s starši, kadar je to potrebno. Tudi oni imajo najpogosteje enak odnos do teh pojmov in pogosto menijo, da poznavanje in uboganje zakonov že zadošča za uspeh pri predmetu.

Matematični zapisi povezav med fizikalnimi količinami

Vrnimo se k naslovni temi članka. V fiziki nam matematični zapisi povezav med fizikalnimi količinami omogočajo analizo eksperimentalnih rezultatov ali njihove napovedi. Ker je fizika eksperimentalna znanost, je ta del najpomembnejši in si ga želimo ozaveščati. Računanje najrazličnejših nalog, ki so vsebinsko poleg tega še oddaljene od vsakdanjika, npr. računanje sil, ki jih povzročata tlak na izbrano površino v taki in taki globini, brez opisa razloga, zakaj bi to želeli vedeti in kaj nam bo poznavanje rezultata lahko omogočilo, ne vodi k temu.

Kako pa take povezave med poučevanjem imenujemo? Srečamo lahko različna poimenovanja: definicija, izraz, zveza, odvisnost, enačba, formula, obrazec in morda še kaj, česar se ta trenutek ne morem spomniti.

Poglejmo si, v kakšnih okoliščinah naj bi posamezno poimenovanje, seveda po mojem mnenju, uporabljali.

Definicija: V abstraktnem matematičnem jeziku zapisana povezava med fizikalnimi količinami, ki definira novo fizikalno količino.

Primer: Tlak p je razmerje med komponento pravokotno na izbrano površino rezultante vseh sil $F_{R\perp}$ in ploščino

obravnavane površine S . To v matematičnem jeziku zapišemo mnogo krajše kot

$$p = \frac{F_{R\perp}}{S}. \quad (1)$$

Tako je nova količina *definirana*.

Izraz: Simbolni matematični zapis.

Primer: Izraz imenujemo zapis na desni strani definicije (1). Npr. definicijo tlaka podajata izraz.

Izraz lahko uporabimo tudi za opisovanje zvez ali odvisnosti, odvisno od okoliščin.

Zveza: Tehnično gledano je matematični zapis zveze ali povezave enačba. A vendar enačenje zveze in enačbe lahko včasih pomensko zavajata, saj je zveze mogoče ubesediti tudi takrat, kadar ne moremo dogajanja opisati z izrazom. Povezave med neodvisnimi in odvisnimi spremenljivkami so lahko kvalitativne, semikvantitativne in kvantitativne. Kvalitativna zveza zgolj ugotavlja, da sta dve spremenljivki povezani in da se kot posledica spremembe ene spremenljivke spremeni tudi druga, oziroma obratno, da se je zaradi spremembe opazovane posledice moral spremeniti tudi vzrok. Semikvantitativna zveza pa pove več in opiše tudi soodvisnost: če se poveča količina, ki opisuje vzrok, se poveča/zmanjša tudi količina, ki opisuje posledico. Semikvantitativne zveze opisujemo v slovenščini z obliko »čim ... tem ...« ter z uporabo primernikov. Ne uporabljamo oblik »tem ... tem ...« oziroma stavkov brez teh dveh besed.

Primer:

Čim večja je tedenska količina padavin, tem vlažnejša je prst.

Čim večja je vlažnost zraka, tem nižji je zračni tlak.

V prvem primeru sploh ne poznamo izraza, ki bi to zvezo opisal, saj je vlažnost odvisna še od tega, kako jo merimo (npr. kolikšno je razmerje med suho in vlažno prstjo, če merimo z merilnikom vlažnosti ali kako drugače), vrste prsti oziroma njene sposobnosti zadrževanja vlage, drugih okoliščin, kot so temperature in število sončnih ur v času, ko ni deževalo ... V drugem primeru izraz poznamo, a ni zelo zelo enostaven in ga v šoli običajno ne obravnavamo.

Obe gornji trditvi tudi nista ubesedeni premo ali obratno sorazmerni soodvisnosti. Treba ju je brati dobesedno: če se poveča ena količina, se poveča tudi druga, a lahko se prva količina poveča dvakrat, druga pa ne. Takšna so npr. vsa eksponentna približevanja končnim vrednostim, med take zveze pa sodijo tudi vse nelinearne odvisnosti, pa tudi linearne, če je njihova vrednost ob ničelni vrednosti vzroka različna od nič, npr. dolžina vzmeti, ki se z raztegovanjem povečuje. Sorazmernost je učencem privzgojena, v nekem smislu pa je tudi naravna, saj je v skladu z vsakdanjimi izkušnjami. Premo sorazmerje srečujemo pogosto, npr. pri vpeljavi tlaka velja ... čim večja je obremenitev enake površine, tem večji je tlak, ali obratno ... čim manjša je ploskev, ki je obremenjena, tem večji je tlak. Ti soodvisnosti sta premo in obratno sorazmerje

in še mnogo jih lahko najdemo med zapisi fizikalnih zakonitosti. A obratno ne velja in je zato treba zveze »čim ... tem ...« obravnavati širše in s premislekom.

Odvisnost: Besedo sem že nekajkrat uporabila v gornjih opisih, a vseeno jo omenimo še posebej. Odvisnosti ene količine od druge so običajno ubesedene. Odvisnost lahko zapišemo tudi z matematičnim izrazom, še več, če matematični izraz izpeljemo, lahko iz njega sklepamo na semikvantitativne odvisnosti, ki jih pričakujemo v eksperimentalnih rezultatih. Taka odvisnost je kvantitativna in omogoča tudi kvantitativna predvidevanja. Semikvantitativno ubesedene odvisnosti so pogosto začetek zapisov kvantitativnih povezav v oblikovanju teoretičnih modelov. V takih primerih pogosto eksperimentalne rezultate na različne načine obdelamo, npr. analiziramo raje spremembe namesto vrednosti meritev, v pričakovanju eksponentne odvisnosti grafično raje predstavimo logaritmirane vrednosti itd. in upamo, da bo tako obdelane rezultate mogoče opisati s preprostim matematičnim izrazom za povezavo med merjenimi količinami.

Enačba: Nazadnje se med priporočenimi izrazi posvetimo še enačbi. Enačba pomeni enakost, po matematično navadno leve in desne strani. Enačbe običajno imenujemo izraze, ki predstavljajo začetni nastavek računskega problema, enakosti med izrazi na obeh straneh enačbe med računskim postopkom samim in tudi rezultat izpeljave oziroma rešitev pri simboličnih matematičnih zapisih. Enačba običajno opisuje zgodbo nekega fizikalnega problema v zelo zelo strnjeni obliki.

Primer: Svinčnik z ostro konico s površino $0,1 \text{ mm}^2$ pritemo med kazalca obeh rok. S kolikšno silo lahko pritismo na topo stran svinčnika, če v prstu začutimo bolečino pri tlaku 10 bar (podatek je ocenjen)?

Pri ugotavljanju sile moramo enačiti dvoje, tlak, ki pod ostro konico nastane zaradi sile, in podatek iz popolnoma drugega vira, npr. iz medicinske revije, pri katerem tlaku se pojavi bolečina. Zapišemo torej enačbo, ker enačimo dva (različna) tlaka.

Poimenovanja iz zgornje debate pri pouku uporabljamo v različnih okoliščinah. Smiselno je, da v računskih nalogah opozarjamo na celovito zgodbo o dogajanju, ki je vzrok za »enačbo«. Matematični izrazi so pač ena od oblik fizikalne govornice in čim boljše bodo učenci usvojili tudi njegovo sporočilno vrednost, tem lažje bodo sledili razpravam.

Sedaj se pa lotimo še zadnjih dveh besed, »formula« in »obrazec«, za kateri pa menim, da v fiziki, še posebej v poučevanju, nimata prostora in se jima je treba zavestno izogibati.

Formula: Besedo uporabljamo v kemiji in predstavlja predpis, kako simbolično zapisati spojino, vrste elementov in število atomov, ki sestavljajo molekulo te spojine. Beseda formula hitro privzame pomen predpisa tudi v fiziki, npr. silo izračunamo po formuli, to nam pove formula, tu nam pomaga formula ... Z uporabo besed »formula« še poudarjamo vtis, da narava uboga zakone, zapisane s formulami. Zato se ugriznimo v jezik in jo zamenjajmo z neopredeljenima »zvezo« ali »izrazom«.

Obrazec: Obrazec je bolj doma v matematiki. Obrazci se uporabljajo kot pripomoček za različne izračune, npr. trigonometrični obrazci, obrazci za izračune prostornin in površin teles itd. V pogovoru s kolegi matematiki so mi enoznačno trdili, da ne govorijo o obrazcih in jih le redko uporabljajo. Razmislek o obrazcih pravi naslednje. Matematika je logična struktura. Če izpeljemo izraz za npr. površino kvadra, bo ta izpeljani izraz veljal za vse kvadre in ponovna izpeljava ne bo več potrebna. Lahko si privoščimo obrazec za bližnjico.

V fiziki je drugače. Zveze, odvisnosti, definicije, izrazi in enačbe imajo v vsakem problemu drugačen pomen, opisujejo namreč zgodbo obravnavanega problema. Zato ni vnaprej določenega predpisa za pot do rešitve problema, temveč je o problemu treba razmisliti in se odločiti, s katerim modelom, ki ga opisujejo zveze ali izrazi, se bomo lotili reševanja problema. Neredko so poti do rešitev različne in jih je mogoče opisati z drugačnim zaporedjem v razmisleku.

Tudi beseda obrazec ima določen zapovedovalni ton oziroma jo je mogoče razumeti kot predpis. V fiziki bi se predpisovanju brez razumevanja zgodbe želeli izogibati. Če k temu pripomoremo z izogibanjem besedi »obrazec« oziroma z njeno zamenjavo z »izrazom« ali »zvezo«, kot je bilo predlagano že za »formulo«, smo morda naredili majhen korak k dojetanju fizike in njenih lepot.

Naj še zaključim. V pričujočem razmišljanju me je zaneslo v besednjak fizike in njegovo dojetanje v javnosti. Ker je v predstavitev fizikalnih dognanj javnosti pogosto prisotna velika mera skepse s strani prejemnikov informacij, je morda dobro, da tudi fiziki malo razmislimo, ali ne govorimo v veter zaradi drugačnega razumevanja besed, ki jih uporabljamo. Pri tem se ne postavimo na stališče, kdo ima prav in kdo ne, temveč se vprašajmo, kako bi isto sporočilo posredovali z rabo drugih bolj razumljenih besed. Majhen korak lahko morda naredimo že pri pouku z izgonom »formule« in »obrazca«, saj imajo druge besede, uporabljene za isti namen, drugačen sporočilni poudarek.

Literatura

- [1] R. P. Feynman, R. B. Leighton, M. Sands (1970). *The Feynman Lectures on Physics*, 1. knjiga, Pearson P. T. R.; 1. izdaja.

Nacionalno preverjanje znanja (NPZ) iz fizike 2019

Béla Szomi Kralj

Osnovna šola Domžale

Lanskoletni NPZ-ji iz nekaterih predmetov so me pošteno razkurili, saj zaradi obstoječega pristopa na žalost občasno iščejo le neznanje, ne pa znanje otrok.

A ne bom samo grajal, saj menim, da je bil izbor nalog na letošnjih NPZ-jih iz fizike najboljši do sedaj – izbor nalog je bil ravno prav zahteven, bilo je ravno dovolj lahkih nalog in težkih nalog, večina nalog pa je pokrivala standarde znanja iz fizike v osnovni šoli, zato bi takoj na začetku tvorcem NPZ-ja iz fizike čestital. Tudi rezultat na državni ravni, kjer bi povprečje vseh učencev bilo nekako za »trojko«, še dodatno potrjuje, da je bil izbor nalog pravi.

Razkril bom nekaj primerov, pa ne zato, da bi komisijo za izbor nalog pograjal, ampak zato, da končno že enkrat, po dolgem času, še bolj zavzeto začnemo iskati znanje in ustvarjalnost.

Pa začnimo.

1. Prva naloga je zahtevala, da učenci prikažejo oznako za zbiralno lečo. Za dosego standarda znanja bi (po moje) bilo dovolj, da narišejo obliko leče. Simbol te leče se bolj uporablja na tekmovanjih in v srednji šoli kot pri pouku fizike v osnovni šoli, zato bi bilo primerno, da odgovor priznamo, če ga narišejo z obliko ali oznako. Poleg tega lom na zbiralni leči s pomočjo središčne ravnine leče rišemo poenostavljeno – a hkrati malce napačno, saj sta na zbiralni leči vedno dva loma, ne pa samo eden.

2. V drugi nalogi bi morda namesto izraza »plava na vodi« bilo bolje uporabiti »plava na vodi in miruje«. Zakaj? Ker tudi kvader, ki ni v ravnovesju, lahko plava na vodi in naloga, ki obravnava 1. Newtonov zakon, naj bi bila čim bolj elementarna.

3. Tretja naloga je zasnovana zelo dobro, celo povezovalno s kemijo, saj učenci po osnovnih šolah pri obeh predmetih uporabljajo menzure, pri katerih ima enota med oznakama vrednost 2 ml. Dodano vrednost – še večjo medpredmetno povezavo, bi ta naloga imela, če bi učenci morali izračunati povprečno vrednost prostornine kroglice.

4. Četrta naloga je tudi izredno dobro zastavljena, saj mora učenec poznati povezavo med tlakom in velikostjo ploskve, na katero sila deluje (večja ploskev – manjši tlak).

5. Pri peti nalogi učenci računajo moč učencev pri opravljanju dela, podatki so podani v različnih enotah, ta naloga je odlična priprava na srednjo šolo, kjer v učbenikih tovrstnih nalog mrgoli, hkrati učenci obnovijo znanje iz poznavanja predpon.

6. Šesta naloga je zelo dobra, kvalitativna naloga, ki zahteva poznavanje energijskega zakona, a morda bi bilo pri tej nalogi treba podatke malce precizirati. Namreč: če je v loncu hladna voda iz tega podatka še vedno ne vemo, kakšna je bila temperatura lonca v primerjavi z vodo, kar lahko odločilno vpliva na izbiro rešitve učenca. Če pa bi naloga že predvidela, da je voda nekaj časa stala v loncu, da sta se njuni temperaturi izenačili, bi nalogo poenostavili. Še lepše bi naloga zvenela, če bi jo zastavili tako, da hladno vodo vlijemo v vroč lonec in si od tod naprej razlagamo ta miselni eksperiment.

7. Sedma naloga obnovi učno enoto o enostavnih fizikalnih orodjih, tu je seveda mnenje »starih mačkov« (beri: izkušenih učiteljev) deljeno. Med enostavna orodja prištevamo namreč tista, ki nam delo olajšajo tako, da zmanjšajo silo in podaljšajo pot: vzvod, klanec in gibljivi škripec. Pritrjeni škripec teh lastnosti nima, saj spremeni le smer in usmerjenost sile. Zato so bili učenci pri tej nalogi v dvomih. Kurikulum iz leta 2012 celo uporablja terminologijo preprosta orodja ne pa enostavna orodja, tako da bomo učitelji morali učencem predstaviti obe terminologiji.

8. Osmo naloga zahteva izračun hitrosti pri premo enakomernem gibanju. Zelo dobra izbira z jasnim tekstom naloge. Morda bi lahko nalogo nadgradili s povezavo z zakonom o ravnovesju (vsota sil na sedežnico), izpisom podatkov in pretvorbo v kilometre na uro. Namreč oboje – izpis podatkov iz besedila in pretvorba za eno enoto nižje-višje – spada med minimalna učna znanja.

9. Deveta naloga je dobro zastavljena, saj od učenca zahteva branje in tolmačenje enostavnega grafa, kar tudi spada med minimalna učna znanja.

10. in 11. Ti dve nalogi se ravno prav dotakneta astronomije, saj razumevanje svetlobnega leta spada med minimalna učna znanja, poznavanje izraza galaksija pa spada med standarde znanja. Na tem mestu bi

morda pobaral predmetno skupino za fiziko, da v kurikulum fizike v OŠ uvrsti med minimalna učna znanja tudi poznavanje pojma »astronomska enota«. Da ne pozabim: bilo bi lepo, da se tudi na uradnih preverjanjih naše Osončje napiše z veliko začetnico, saj je to lastno ime.

12a. Odlična izbira naloge, saj mora učenec vedeti, da svetilo oddaja lastno svetlobo.

12b. Pri tej nalogi se ne strinjam s tolmačenjem naloge, ne kot fizik niti kot glasbenik, saj noben od naštetih predmetov ni oddajnik zvoka. In vsako med njimi bi to lahko bilo, če bi udarjali po anteni, bobnu ali mikrofonu ter »frcali« po ušesu. Če po bobnu ne tolčemo, ni oddajnik zvoka.

13a. in 13b. Naloga je dobro zastavljena, težava je le v tem, da izredno malo učencev v OŠ ve, kje je vrh jambora, saj si večina med njimi še ni kupila jadrnice niti se z njo še ni peljala. Reševanje te naloge otežuje tudi to, da je konica jambora za nekaj milimetrov na sliki nad jadrom in da je sopomenka za jambor beseda jarbol. Tu bi bilo potrebno učencem dati večjo toleranco, npr. lahko bi besedilo zahtevalo, da učenec nariše, kje v vodi se konča senca vrha jambora. Vrh jambora po definiciji mornarjev ni le točka, ampak košček valja, vrhnji del droga. Komisija bi morala priznati kakršnokoli risbo sence (prostorsko ali ploskovno) jambora ali vrha jadra, ki upošteva smer sončevih žarkov. Naloga je sicer izjemna, ker na kvalitativni ravni zajame odboj svetlobe na ravnem zrcalu.

14. Štirinajsta naloga je odlično zastavljena in skoraj popolna, saj zajame učno snov o prijemališču sile, težo, Hookov zakon in računanje sile iz merila.

Edina opomba, ki bi jo imel, je na račun rešitve (sila teže). Beseda sila je v tem primeru odveč, saj je teža definirana kot sila Zemlje na telo (sila gravitacije Zemlje), torej se teža v terminologiji uporablja samostojno, brez dodatne besede.

15. Ta naloga na kvalitativni ravni odlično zajame gostoto. A vendarle je treba vedeti, da avtomobilske dele ne delajo samo iz snovi z majhno gostoto, saj se le-ti ob trku ne obnesejo najbolje (npr. avtomobili iz plastike). Saj tudi motorje avtomobilov ne delamo iz lahkih in hitro raztezajočih materialov, ampak jih delamo iz kovine, moderni motorji so zasnovani tako, da se ob trku motor ne premakne nazaj, ker je narejen tako, da trk ublaži s pomočjo »plastno« skonstruirane konstrukcije.

16. Naloga je korektno zastavljena za odčitavanje in tolmačenje tabele s podatki o gibanju vozil.

17. Naloga predstavlja del energijskega zakona in je zelo dobrodošla za potrditev znanja. Morda bi jo lahko

še malce oplemenitili tako, da bi učenec opisal, kam je šla »izgubljena« potencialna energija.

18. Korektno zastavljena naloga iz temperature, pri kateri pogrešam le pretvorbo v kelvine, saj je le-ta osnovna enota za merjenje temperature.

19. Pri tej nalogi se nekateri učitelji sprašujejo, ali ni Ohmov zakon neupravičeno (prerano) uvrščen v NPZ. Zavedajmo se, da je tudi učiteljeva odgovornost, do katerih podrobnosti obravnava učno snov in Ohmov zakon, in upornost mora biti v devetem razredu predelana učna snov do majskih praznikov. Seveda se lahko hudujemo nad tem ali onim, a tudi mi učitelji moramo prevzeti objektivno odgovornost za količino predelane učne snovi. Dodajam: pri tej nalogi bi kot pravilen rezultat priznal tudi $R = U : I$, saj gre le za obrat enačbe $U = R \cdot I$.

20. Zelo korektno zastavljena naloga, ki napeljuje k razumevanju upornosti, ki se zmanjša, če imamo več upornikov, vezanih vzporedno, posledično se seveda poveča jakost električnega toka v vezavi iz te naloge.

V vsej zbirki morda pogrešam kakšno nalogo o zračnem tlaku oziroma iz hidrostatičnega tlaka.

Seveda vsakega med nami – učitelji – je zbudila kakšna stvar pri nalogah in priznanih rešitvah. Prav zato predlagam vsem učiteljem, naj zaradi razvijanja lastne strokovnosti vsaj 2-krat letno napišejo strokovni članek, ponudijo komisijam kakšno nalogo za tekmovanje, NPZ, forume, izobraževanja, sam sem v svoji več kot 30-letni karieri naletel na dobre odzive, le če je besedišče bilo pred tem vsaj slovnično pregledano.

Namreč: samo, če bomo sami ustvarjali strokovno literaturo, lahko s kritičnim očesom vrednotimo delo svojih kolegov, v nasprotnem primeru pa je že Prešeren zapisal: »Le čevlje sodi naj Kopitar!«

Upam, da člani komisije, ki so NPZ za fiziko sestavili, ne mislijo, da sem s tole recenzijo nalog razvrednotil njihovo delo, ki je bilo odlično opravljeno. Le želimo si lahko, da bo preverjanje znanja narejeno tudi v prihodnjih letih vsaj tako dobro kakor letos, ko se tudi povprečna vrednost rezultata na državni ravni lepo prilega Gaussovi krivulji. Spomnim se časa pred desetletjem, ko je bilo državno povprečje okoli 30 % in so zares razvrednotili trud, učenje v osnovni šoli in prikazali, kot da je znanje slovenskega osnovnošolca iz naravoslovja slabo, kljub temu da so svetovne ankete že tedaj (in ves čas danes) prikazovale odlično znanje naravoslovja naših učencev.

Tole recenzijo sem napisal le s tem namenom, da pohvalim avtorje nalog z NPZ-ja za fiziko in jih pozovem, da ta nivo ohranijo ali celo, spodbujeni od mojih besed, še malce dvignejo.

Formativno spremljanje v podporo učenju

Priročnik za učitelje in druge strokovne sodelavce

Priročnik obsega 7 zvezkov, zbranih v mapi,
cena 12,40 €

- Zakaj formativno spremljati
- Nameni učenja in kriteriji uspešnosti
- Dokazi
- Povratna informacija
- Vprašanja v podporo učenju
- Samovrednotenje, vrstniško vrednotenje
- Formativno spremljanje v vrtcu



Priročniki po predmetih in področjih

Formativno spremljanje kot podpora učencem s POSEBNIMI POTREBAMI

Formativno spremljanje na RAZREDNI STOPNJI

Formativno spremljanje pri MATEMATIKI

Formativno spremljanje pri ZGODOVINI

Formativno spremljanje pri delu SVETOVALNIH DELAVCEV



Naročanje:

- po pošti (Zavod RS za šolstvo, Poljanska c. 28, 1000 Ljubljana)
- po faksu (01/3005-199)
- po elektronski pošti (zalozba@zrss.si)
- na spletni strani (<http://www.zrss.si>)



revije ZRSŠ



facebook ZRSŠ



twitter ZRSŠ

ISSN 1318-6388



9 771318 638001