

2

2024

Letnik 29

Fizika v šoli

Poštnina plačana pri pošti 1102 Ljubljana



- Posebna teorija relativnosti po Bondijevo
- Fizikalna eksperimentalna naloga na IJSO 2023
- Intervju s slovensko znanstvenico dr. Andrejo Gomboc
- Potovanje med ozvezdji južnega neba z GoChile



KAZALO

Dušan Klemenčič

Uvodnik

1

IZ TEORIJE ZA PRAKSO

Tomaž Kranjc

Posebna teorija relativnosti po Bondijevo

2

Monika Semič in Katarina Susman

Ocenjevanje eksperimentalnega dela pri pouku fizike v osnovni šoli

12

IZ PRAKSE

Neža Poljanc

Ocenjevanje eksperimentalnega dela pri fiziki

19

Tilen Fidler

Alternativno vrednotenje znanja pri predmetu fizika

23

Primož Susman

Eksperimentalno delo pri obravnavi električnih vezij

29

Damjan Kobale

Potovanje med ozvezdij južnega neba z GoChile

34

Barbara Rovšek

Fizikalna eksperimentalna naloga na IJSO 2023

40

Barbara Rovšek

Rešitve treh nalog z IJSO 2023

45

Saša Dolenc

Analiza rezultatov s 44. tekmovanja osnovnošolcev v znanju fizike za Stefanova priznanja 2024

50

UPODOBITVE V FIZIKI

Mojca Čepič

Razlaga opaženega dogajanja

54

ZNANOST V SVETU IN PRI NAS

Uredniški odbor revije *Fizika v šoli*

Intervju s slovensko znanstvenico dr. Andrejo Gomboc

57

ZANIMIVOSTI

Mojca Čepič

Bili smo na svetovni konferenci o poučevanju in raziskavah o poučevanju fizike

61

Vladimir Grubelnik

Strip

66

UČITELJEV POGLED

Peter Prelog

Slovnica za učitelje matematike in fizike

64



PACS 01.40. -d, 01.50. -i, 01.55. +b

ISSN 1318-6388

FIZIKA V ŠOLI

letnik XXIX, številka 2, 2024

Izdajatelj in založnik:

Zavod RS za šolstvo

Predstavniki:

Jasna Rojc

Odgovorni urednik:

Dušan Klemenčič

Uredniški odbor:

mag. Miroslav Cvahte, dr. Mojca Čepič, dr. Saša Dolenc,

dr. Vladimir Grubelnik, Tatjana Gulič, dr. Sonja Jejič, dr.

Tomaž Kranjc, dr. Marko Marhl,

dr. Aleš Mohorič, Špela Mrak, Milenko Stiplovšek, Alex Wirth

Jezikovni pregled:

Andraž Polončič Rupačič

Mnenja bralcev v rubriki Učiteljev pogled v želji po ohranjanju izvirnega mnenja avtorjev ne recenziramo in ne lektoriramo.

Prevod povzetkov:

Bumblebee, jezikovno svetovanje, Polonca Luznik, s. p.

Urednica založbe:

Andreja Nagode in Zvonka Zorn

Oblikovanje:

Simon Kajtna, akad. slik.

Fotografije:

avtorji člankov

Računalniški prelom:

Design Demšar, d. o. o.

Tisk:

Present, d. o. o.

Naklada: 380 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 upokoјence. 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.



Priznanje avtorstva-Nekomercialno-Brez predelav

Poštnina plačana pri pošti 1102 Ljubljana.

Spoštovane bralke in bralci,

pred nami je druga številka 29. letnika revije Fizika v šoli, ki ljubiteljem narave, temeljne naravoslovne vede in poučevanja fizike ponuja v branje številne zanimive članke.

Vodilna tema letnika je **vrednotenje znanja pri pouku fizike**. V prvi številki smo dali prednost člankom, ki so na tem področju podajali teoretična izhodišča za vrednotenje znanja, in napovedali, da bodo v tej številki sledili članki iz prakse na isto temo. Fizika je naravoslovni predmet, ki nudi številne priložnosti na področju različnih oblik vrednotenja znanja, kar potrjujejo avtorji kar štirih člankov, objavljenih v tej številki v rubrikah »Iz teorije za prakso« in »Iz prakse«.

V rubriki »Iz teorije za prakso« objavljamo tudi članek na temo teorije relativnosti, ki bo marsikateremu bralcu ponudil koristen pogled na to pogosto slabo razumljeno vsebino in morda kakšnemu učitelju dodatno priložnost, kako to zahtevno vsebino približati učencem.

Poleg že napovedanih člankov je v rubriki »Iz prakse« objavljen tudi članek, v katerem nas avtor popelje na potovanje med ozvezdji južnega neba, ki ga prebivalci severne poloble redko lahko opazujemo v živo. Projekt Centra za astrofiziko in kozmologijo Univerze v Novi Gorici, imenovan GoChile, ponuja različne priložnosti, da s sodobno tehnologijo z nekaj znanja in podpore na daljavo opazujemo tudi ta del neba. Rubriko zaključujemo s članki na temo fizikalnih nalog na tekmovanju IJSO 2023 in 44. tekmovanju osnovnošolcev v znanju fizike za Stefanova priznanja ter v enem ponujamo rešitev treh nalog, objavljenih v prejšnji številki.

Stalna avtorica rubrike »Upodobitve v fiziki« s tokratnim člankom zaključuje serijo člankov na temo »nariši, opiši, razloži«. Tokrat se posveča razlagi z uporabo fizikalnih zakonitosti. Še en članek iste avtorice objavljamo v rubriki »Zanimivosti«, v njem pa nas seznani s svetovno konferenco o poučevanju in raziskavah o poučevanju fizike. Letošnja 4. svetovna konferenca z motom »Skupaj sprejmemo spremembe« je potekala na evropskih tleh, in sicer v Krakovu na Poljskem.

V rubriki »Znanost po svetu in pri nas« objavljamo intervju s priznano slovensko znanstvenico dr. Andrejo Gomboc, ki je poleg številnih drugih dosežkov tudi soustanoviteljica že omenjenega projekta GoChile. V različnih medijih poskuša na različne načine približati znanost širši javnosti in je tudi zato vsem že dobro znana. Članek v obliki intervjuja našim bralcem omogoča, da našo znanstvenico spoznajo še v malce drugačni luči. Objava intervjuja z njo v naši reviji ima še poseben pomen, saj je bila dr. Andreja Gomboc kar nekaj let članica uredniškega odbora revije Fizika v šoli in podobnica za umestitev te rubrike v našo revijo.

Revijo zaključujemo z rubriko »Učiteljev pogled« in kot je že navada v naši reviji z **zanimivim fizikalnim stripom**. V rubriki »Učiteljev pogled« se stalnim bralcem naše revije znani avtor teh člankov tokrat dotakne dileme pri uporabi nekaterih matematičnih izrazov v vsakdanjem življenju, ki se pogosto pojavljajo tudi pri reševanju fizikalnih nalog in problemov.

Ob zaključku uvodnika vas vabim, da s svojim prispevkom delite svoje izkušnje in mnenja v eni od prihodnjih števil, saj bomo tako skupaj še naprej prispevali k razvoju kakovostnega poučevanja fizike v osnovni in srednji šoli.

Dušan Klemenčič,
odgovorni urednik

Posebna teorija relativnosti po Bondijevo

Bondi's Approach to Special Relativity

dr. Tomaž Kranjc

upokojeni profesor Pedagoške fakultete Univerze v Ljubljani

Izvleček

Vsakdo ve za teorijo relativnosti, tudi njen avtor Albert Einstein je eden najbolj znanih in popularnih znanstvenikov, a je še vedno slabo razumljena in tudi pri pouku fizike v srednjih šolah dijaki o njej ne izvedo veliko. Po eni strani je privlačna, ker ljudje poznajo nenavadne pojave »krčenja dolžin«, »podaljšanja časa« in »paradoksa dvojčkov«, vendar razen fizikov redki te pojave tudi razumejo. Pojavljajo se tudi ugovori, da teorija nasprotuje »zdravi pameti«. Ti ugovori so posledica nepopolnega ali napačnega razumevanja teorije.

V prispevku obravnavamo enega osnovnih pojavov posebne teorije relativnosti – različen tek časa v dveh medsebojno gibajočih se inercialnih opazovalnih sistemih. Uvedemo pojem četvernega prostora – prostora-časa¹ – in v njem pojem dogodkov in procesov ter svetovnic (»življenjskih črt«), pa tudi diagrame, ki predstavljajo različna gibanja teles.

Ponovimo osnovni načeli posebne teorije relativnosti in predstavimo » k -račun« Hermanna Bondija, ki pripelje do povezave med časovnimi intervali v različnih inercialnih opazovalnih sistemih. Pokažemo, da sta poljubna inercialna opazovalna sistema »enakopravna«, tj. da velja različen tek časa enega opazovalca glede na drugega na enak način v obeh smereh. Rezultat dobimo še z uporabo Lorentzovih² transformacij in primerjamo obe poti.

Na osnovi Bondijevega k -računa izpeljemo relativistično seštevanje hitrosti.

Ključne besede: posebna relativnost, kvaternionski prostor, prostor-čas, svetovne črte, dilatacija časa, Bondijev pristop k relativnosti, Bondijev K -faktor, relativistično seštevanje hitrosti, Lorentzove transformacije

Abstract

Everyone is familiar with the theory of relativity proposed by Albert Einstein, one of the most famous and popular scientists. However, it remains poorly understood, and even in secondary school physics classes, students learn little about it. On the one hand, it is appealing because people are familiar with the strange phenomena of »length contraction«, »time dilation«, and the »twin paradox«, but few people, aside from physicists, understand them. There are also claims that the theory defies »common sense«. These objections stem from a limited or incorrect understanding of the theory.

This paper explores one of the fundamental phenomena of special relativity – the different passage of time in two mutually moving inertial frames of reference. We introduce the notion of quaternionic space (spacetime) and, within it, the concept of events, processes, world lines, and diagrams representing the different motions of bodies.

We review the basic principles of special relativity and introduce Hermann Bondy's » k -calculus«, which establishes a connection between time intervals in different inertial observing systems. We demonstrate that two arbitrary inertial observing systems are »equivalent«, meaning that the difference in time passage between one observer and the other is valid in the same way in both directions. We extend this conclusion using Lorentz transformations and compare the two paths.

¹ Opomba uredništva: V fizikalni srenji je navada, da v izrazu za četverni prostor »prostor-čas« sklanjajo obe sestavini. Z vidika slovenskega pravopisa pa je prav, da sklanjamo le drugo sestavino, saj gre za en pojem in eno besedo, zato bi npr. v roditeljsku zapisali: »prostor-časa«.

² Opomba uredništva: Fizikalno-matematična srenja že vrsto let uporablja izraz »Lorentzove transformacije«, kot je zapisano v tem članku. Glede na sodobni slovenski pravopis pa bi bil pravilen zapis »Lorentzeve transformacije«, ki nakazuje tudi pravilno izgovarjavo [lorenčeve transformacije].

Using the Bondi k -calculus, we derive relativistic velocity summation.

Keywords: special relativity, quaternionic space, spacetime, world lines, time dilation, Bondian approach to relativity, Bondi K -factor, relativistic velocity summation, Lorentz transformations

1 Uvod

»Tradicionalne« in »nove« učne metode pogosto obravnavajo iste učne vsebine, vendar na različne *didaktične* načine. Včasih se posreči za predstavitev iste snovi najti preprostejšo *vsebinsko* razlago, ki učencem odpre boljši vpogled in razumevanje, do katerega po »tradicionalni« poti težko pridejo. Tak je morda primer Bondijevega pristopa k posebni teoriji relativnosti.

Posebna teorija relativnost je stara že več kakor sto let. Ker je ena od temeljnih in krovnih fizikalnih (in splošno-naravoslovnih) teorij z ogromnimi implikacijami tudi na drugih, nefizikalnih področjih, pedagogi in znanstveniki že desetletja iščejo načine, kako bi jo vsaj v temeljnih črtah predstavili v šoli. In ne le v srednji, ampak celo v osnovni šoli. Tako je britanski matematik in kozmolog, ekspert za splošno teorijo relativnosti, sir Hermann Bondi³ zapisal (1967):

»Zelo so me zanimali načini, kako bi postala posebna teorija relativnosti bolj dostopna razumevanju, in vedno sem si govoril, da je moj končni cilj, da bi postala del osnovnošolskega učnega programa. Kaj je treba za ta cilj narediti, se mi je tudi vedno zdelo preprosto. Če bi lahko kdo izumil poceni in varno igračo – pospeševalnik, dovolj hiter, da bi se pokazali relativistični učinki, tako da bi se lahko pet-, šest- ali sedemletni otroci igrali z njim, potem bi se zdel posebna teorija relativnosti povsem očitna in primeren predmet za osnovnošolski program.

Slišal sem, da je najboljša pomoč za razvoj industrijsko nerazvitih dežel, če jih preplavijo s ceneni mehanskimi igračami; otroci v teh deželah potem zrastejo z mehanskimi pripravami, ki jim postanejo všeč in jih začnejo zanimati. Če bi znali enako narediti v fiziki, bi 'videli veliko dlje'. Zame je velik fizik tisti, ki zna z žepno baterijo pokazati to, za kar je bilo prej treba uporabiti ogromen pospeševalnik. Mislim, da taka vrsta fizike potrebuje več spodbude in več podpore.«

V svojem iskanju preproste razlage relativnostne teorije je Bondi predstavil t.i. k -račun, s katerim je lahko brez zahtevnega računanja in brez standardnih osnovnih orodij teorije relativnosti, predvsem Lorentzovih transformacij, prišel do nekaterih temeljnih rezultatov. Izognil se je tudi razlaganju znamenitega poskusa Michaelsona in Morleyja, s katerim sta – zgodovinsko gledano – postavila prvi trdni dokaz proti obstoju etra in pomembno prispevala k odkrivanju poti do posebne teorije relativnosti.

V tem prispevku si želimo podobno, kakor si je želel/zastavil Bondi, da bi nekaj vsebine posebne teorije relativnosti predstavili na dostopnejši in lažje razumljiv način. Najprej (v 2. razdelku) predstavimo znani osnovni načeli teorije, potem (v 3. razdelku) uvedemo nazorno orodje za predstavitev dogodkov in procesov – življenjske črte (svetovnice) v diagramih štiri-razsežnega prostora-časa (ki bo pri nas le dvorazsežen). V 4. razdelku se posvetimo osrednjemu delu prispevka, to je razlagi, kakor jo je zasnoval Hermann Bondi s svojim k -računom, ki pojasni različen tek časa v različnih opazovalnih sistemih. Za tiste, ki že nekaj vedo o teoriji relativnosti in poznajo Lorentzove transformacije, v Dodatku pokažemo račun na osnovi teh transformacij, ki privede do enakega rezultata kakor Bondijev k -račun. Čisto na koncu (v podrazdelku 4.2) pokažemo še, kako nenavadno se znotraj teorije relativnosti seštevajo hitrosti.

Včasih se posreči za predstavitev iste snovi najti preprostejšo *vsebinsko* razlago, ki učencem odpre boljši vpogled in razumevanje, do katerega po »tradicionalni« poti težko pridejo.

Zame je velik fizik tisti, ki zna z žepno baterijo pokazati to, za kar je bilo prej treba uporabiti ogromen pospeševalnik.

³ Znanstvenik judovskega rodu, rojen leta 1919 na Dunaju, kjer je tudi odraščal. Leta 1937 je zaradi vse hujšega antisemitizma zbežal v Anglijo.

2 Osnovi načeli posebne teorije relativnosti

Posebna teorija relativnosti temelji na dveh načelih (»postulatih«):

1. (načelo relativnosti): zakoni narave imajo enako obliko v vseh inercialnih opazovalnih sistemih,
2. (invariantnost svetlobne hitrosti): hitrost svetlobe v vakuumu (c) je enaka v vseh inercialnih opazovalnih sistemih.

Drugo načelo pomeni tudi, da je hitrost svetlobe v vakuumu neodvisna od gibanja izvira ali sprejemnika ali da v vakuumu noben svetlobni curek nikoli ne prehituje drugega svetlobnega curka.

Konstantnost hitrosti svetlobe je dejstvo, potrjeno s poskusi, a je s stališča naših izkušenj (»zdrave pameti«) zelo nenavadna.

V zgodovinskem razvoju je svetlobna hitrost v vakuumu pri razlagi relativnosti odigrala ključno vlogo. Maxwellove enačbe elektromagnetizma, v katerih nastopa svetlobna hitrost v praznem prostoru c , so skladne s teorijo relativnosti (so invariantne glede na Lorentzove transformacije). Vendar teorija relativnosti ni del elektromagnetne teorije, ampak je širša in jo je mogoče razviti neodvisno od elektromagnetne teorije. Nekateri avtorji zato menijo, da bi bilo bolj smiselno hitrost c imenovati »invariantna« hitrost ali tudi »mejna« (»limitna«) hitrost, saj je ne more doseči noben masni delec (c je hitrost razširjanja katerega koli polja z brezmasnimi nosilci interakcije). Velja, da nobeno telo ali signal ne moreta preseči hitrosti c (Kuščer idr., 2002).

Michelson in Morley sta svoj slaven poskus izvedla leta 1887, Einstein pa je svoj slaven članek »O elektrodinamiki gibajočih se teles« objavil leta 1905 (Einstein, 1905). Za invariantnost svetlobne hitrosti se je torej vedelo že pred Einsteinom. Vendar je bil Einstein prvi, ki je iz tega naredil sklep, da ni absolutnega časa, ampak je tek časa odvisen od opazovalca, in je to tudi jasno formuliral. Invariantna hitrost (tudi hitrost svetlobe) je torej fundamentalna konstanta narave. Kot tako jo je treba izmeriti.

3 Podobe gibanja – črte-svetovnice

V naslednjem razdelku bomo potrebovali pojem prostora-časa ter pojem dogodkov in svetovnic. Zato na kratko ponovimo, kaj je to.

Eno od osnovnih orodij teorije relativnosti je prostor, v katerem so združene in prepletene tri prostorske in ena časovna dimenzija v enotnem *četvernem prostoru* ali *prostoru-času*, ki ima štiri dimenzije (Kuščer idr., 2002). Vsaka točka v prostoru-času predstavlja *dogodek* (ne glede na to, ali se tam kaj zgodi ali ne), krivulje pa so podobe gibanja – »življenjske črte«, ki kažejo zaporedje dogodkov nekega procesa in jih imenujemo *svetovnice*.

Zaradi enostavnosti vzemimo le eno prostorsko dimenzijo (x), tako da se gibanje odvija le vzdolž ene premice. V tem primeru ima prostor-čas dve dimenziji in ga lahko nazorno prikazujemo v ravnini. Namesto »golega« časa v grafih raje vzamemo produkt ct , ki ima enako dimenzijo kakor krajevna koordinata. To novo »časovno koordinato« bomo označili z y , $y = ct$ (produkt ct je treba vzeti, kakor da je ena sama črka) in je ne smemo mešati s kako krajevno koordinato! Krajevno koordinato (x) in »časovno koordinato« (y) lahko potem merimo v enakih enotah, npr. v metrih ali svetlobnih sekundah. (Eni svetlobni sekundi na grafu seveda ustreza čas ena sekunda.) Količino $y = ct$ bomo zaradi enostavnosti imenovali kar »časovna koordinata« ali celo kar »čas«. Diagrami v prostoru-času prikazujejo gibanje teles, tj. njihovo lego (x) v odvisnosti od »časa« (y).

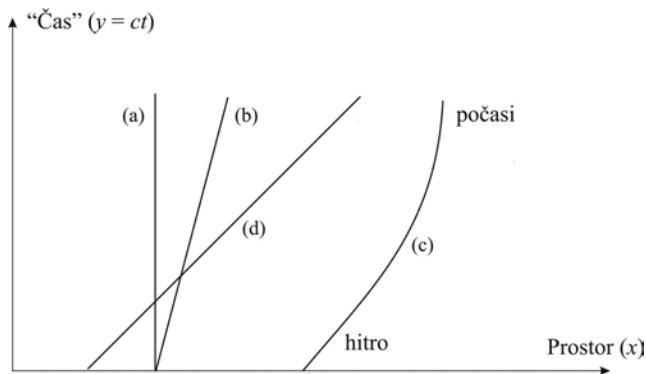
Pokažimo nekaj primerov. Na sliki 1 je za nek izbran inercialni opazovalni sistem narisanih nekaj svetovnic za gibanje delca. Svetovnica (a), ravna navpična črta, predstavlja delec, ki miruje pri koordinati x_0 . Njegova življenjska črta (svetovnica) je črta, vzporedna s »časovno« osjo (osjo y), saj je njegova lega za vsak čas enaka x_0 . Črta (b) prikazuje življenjsko črto delca, ki se enakomerno (s konstantno hitrostjo, manjšo od svetlobne hitrosti c) premika v smeri pozitivne osi x . Svetovnica (c) opisuje delec, ki se v smeri pozitivne osi x začne gibati hitro,

Teorija relativnosti ni del elektromagnetne teorije, ampak je širša in jo je mogoče razviti neodvisno od elektromagnetne teorije.

Vsaka točka v prostoru-času predstavlja *dogodek* (ne glede na to, ali se tam kaj zgodi ali ne), krivulje pa so podobe gibanja – »življenjske črte«, ki kažejo zaporedje dogodkov nekega procesa in jih imenujemo *svetovnice*.

potem pa se mu gibanje upočasnjuje. Črta (d), ki leži pod kotom 45° glede na koordinatni osi, kaže svetlobni signal (ki potuje s svetlobno hitrostjo c); pri naklonu 45° sta koordinati enaki, $x = ct$, kar pomeni enakomerno naraščanje koordinate x s hitrostjo c , tj. potovanje s svetlobno hitrostjo.

Masni delci nikoli ne morejo doseči svetlobne hitrosti. Zato svetovnica, ki opisuje gibanje kakršnega koli masnega delca, nikoli (in na nobenem odseku) ne more doseči strmine 45° glede na koordinatno os (x), ampak je vedno bolj strma.



Slika 1: Primeri diagramov prostora-časa. Navpična črta (a) predstavlja mirujoč delec, saj je koordinata (x_0) enaka za vsak čas t (oziroma za vsak »čas« $y = ct$). Črta (b) je svetovnica delca, ki se giblje s stalno hitrostjo v smeri pozitivne koordinatne osi x . Krivulja (c) kaže gibanje delca, ki se mu hitrost zmanjšuje: sprva je naklon manjši (hitrost je velika – koordinata x s časom hitro narašča), potem se naklon povečuje (hitrost se zmanjšuje). Črta (d), ki leži pod kotom 45° glede na koordinatni osi, kaže svetlobni signal. Tu se posebej nazorno kaže praktičnost izbire koordinate $y = ct$ namesto golega časa: pri naklonu 45° sta koordinati enaki, $x = y = ct$, kar pa ravno pomeni, da koordinata x narašča s hitrostjo c , tj. se povečuje s svetlobno hitrostjo.

4 Bondijev k -račun

Ena od temeljnih ugotovitev posebne teorije relativnosti – in ena njenih temeljnih konceptualnih težav – je, da ne prostor in ne čas nista absolutna. Opazovalcem, ki se drug glede na drugega gibljejo, ure tečejo različno in z enakimi merilnimi napravami namerijo različne dolžine za isto telo. To je posledica nuje, da morajo različni opazovalci med seboj komunicirati, če hočejo svoje meritve primerjati. Signali za komunikacijo pa ne potujejo neskončno hitro. Najhitrejši način komunikacije je s svetlobnimi (oz. elektromagnetnimi, na primer radarskimi) curki, hitreje poti ni. Vendar je tudi hitrost svetlobe (c) končna. Sporočila, ki si jih pošiljajo opazovalci, potrebujejo nekaj časa, da pridejo od enega opazovalca do drugega. Upoštevanje končnosti svetlobne hitrosti in dejstva, da se vsi svetlobni curki v vakuumu za vse opazovalce vedno gibljejo enako hitro, pripelje do tega, da so »merilni metri« za različne opazovalce različno dolgi, in da ure različnih opazovalcev tečejo različno hitro.

Naše vsakdanje izkušnje nam dajejo občutek, da obstajata absolutni prostor in absolutni čas, kar je predpostavil tudi Newton in je vgrajeno v njegovo mehaniko. Ko gledamo zvezdami posejano nočno nebo, morda ne pomislimo, da ne gledamo trenutne slike zvezdnega neba, marveč podobe nebesnih teles, ki so različno stare, odvisno od oddaljenosti teles oz. od časa, ki ga je svetloba potrebovala za pot od njih do nas. Luna, ki jo vidimo, je bila taka pred dobro sekundo, Sonce pred malo več kakor osmimi minutami, Proxima Centauri pred dobrimi štirimi leti.

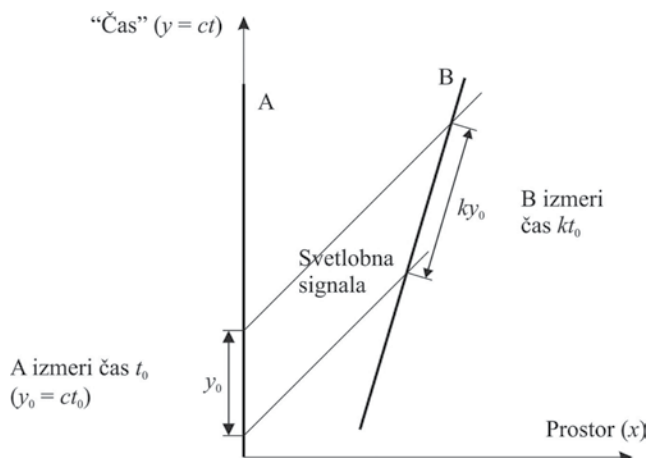
Lahko si *mislimo*, da imamo na razpolago nekega drugega posrednika informacij, ki nam informacije posreduje »takoj«, tj. z neskončno hitrostjo. O takem svetu lahko *filozofiramo*. Vendar to ne spremeni *fizikalne realnosti*. V dejanskem svetu nič, niti informacije, ne more potovati hitreje od svetlobe. Posledica tega je svet, kakršnega opisuje teorija relativnosti.

Pri vsakem opazovanju, ki ga želimo kvantificirati, je tedaj treba upoštevati, da se svetloba v vakuumu razširja s končno hitrostjo, ki je enaka natanko $c = 299.792.458$ m/s, ne več in ne manj (s tem je definiran meter, enota za dolžino!), in da je vsako komuniciranje med opazovalci omejeno s to hitrostjo.

4.1 Kako teče čas za različne inercialne opazovalce?

Osnovna ideja Bondijevega k -računa (Bondi, 1967) je, da obravnava več inercialnih opazovalcev, ki se gibljejo v eni prostorski dimenziji.

Naše vsakdanje izkušnje nam dajejo občutek, da obstajata absolutni prostor in absolutni čas, kar je predpostavil tudi Newton in je vgrajeno v njegovo mehaniko.



Slika 2: k -faktor pove, za kolikšen faktor se razlikujeta časa za opazovalca A in B. Čas za opazovalca A ne teče enako kakor za opazovalca B, ki se glede na A giblje s stalno hitrostjo. Na sliki smo na navpično os nanašali »časovno koordinato« $y = ct$, »golemu« času t_0 ustreza časovna koordinata $y_0 = ct_0$.

Najprej vzemimo dva opazovalca, kakor je prikazano na sliki 2: opazovalec A miruje v izhodišču prvega inercialnega opazovalnega sistema (njegova svetovnica teče vzdolž navpične – časovne osi), opazovalec B pa se giblje glede na A s stalno hitrostjo stran od izhodišča, v smeri pozitivne koordinatne osi x (njegova svetovnica je nekoliko nagnjena ravna črta). Oba opazovalca za merjenje časa uporabljata identične ure.

Opazovalec A v nekem trenutku odda *svetlobni blisk* in po času t_0 še enega. Oba bliska ujame (zazna) opazovalec B. Svetovnici obeh bliskov sta vzporedni ravni črti, nagnjeni za 45° glede na koordinatni osi. Z diagrama prostora-časa na sliki 2 je razvidno, da izmeri opazovalec B med bliskoma nek drug časovni interval kakor opazovalec A. Ta interval zapišemo kot kt_0 , k je neka konstanta – faktor » k -računa«, ki je neodvisen od časa.

Sistema A in B sta popolnoma enakovredna. Če tedaj opazovalec B odda v časovnem razmiku t_0 dva svetlobna signala, ki ju sprejme opazovalec A, bo po načelu relativnosti tudi opazovalec A izmeril za časovni interval med njima vrednost kt_0 . Če faktor k ne bi bil enak v obeh smereh, opazovalca ne bi bila enakovredna in bi lahko rekli, da je eden »bolj pri miru« kakor drugi.

Faktor k je seveda odvisen od relativne hitrosti obeh opazovalcev. (Če mirujeta drug glede na drugega, sta njuni svetovnici dve navpični črti in je očitno, da mora biti $k = 1$.)

Z diagramom prostora-časa lahko brez velikih težav pridemo do odvisnosti faktorja k od relativne hitrosti opazovalcev, $k(v)$, in do pravila za seštevanje hitrosti.

Povežimo torej hitrost (v), s katero se giblje opazovalec B glede na opazovalca A, s faktorjem k .

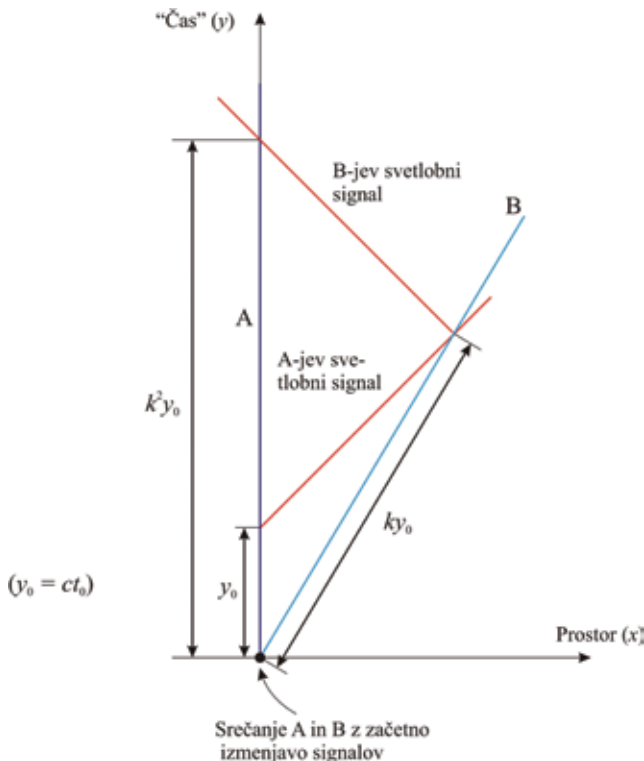
Vzemimo primer, da se opazovalca A in B v nekem trenutku srečata. V trenutku, ko se srečata, oba nastavita svoji uri na čas 0 in si izmenjata svetlobni signal (glej sliko 3 in tekst pod njo). Opazovalec A po času t_0 odda nov svetlobni signal, ki pripotuje do B-ja in ta ga isti trenutek pošlje nazaj A-ju. To dogajanje je prikazano na sliki 3. Prvi signal A-ja B-ju in odboj tega signala od B-ja nazaj do A-ja se zgodita v istem trenutku na istem mestu. Drugi signal, ki ga A po času t_0 odda B-ju, in odboj tega signala od B-ja nazaj do A-ja prikazujeta rdeči svetovnici, nagnjeni za kot 45° glede na koordinatni osi.

Poiščimo hitrost opazovalca B glede na A. Ta hitrost je enaka kvocientu poti, ki jo opravi B, in časa, v katerem opravi to pot. Poiščemo jo v nekaj korakih.

1. Med oddajo prvega signala (ob času $t = 0$) in drugega signala preteče za opazovalca A čas t_0 ; za opazovalca B pa preteče za faktor k drugačen čas, tj. kt_0 . (Primerjaj to s primerom na sliki 2. Pozor: Opazovalca A in B povezujejo svetlobni bliski. Na sliki 3 sta v začetnem trenutku opazovalca A in B na istem mestu, na sliki 2 pa ne.)
2. Ko preteče za opazovalca B čas kt_0 (ko prejme drugi svetlobni blisk opazovalca A in ga takoj odbije nazaj proti opazovalcu A), preteče za opazovalca A za faktor k drugačen čas, tj. $k \cdot kt_0 = k^2 t_0$. S slike 3 preberemo, da je ta čas ravno čas, ko opazovalec A ponovno prejme drugi signal (ki ga je odposlal ob svojem času $t = t_0$), potem ko se je odbil od B-ja in pripotoval k A-ju.

Faktor k je odvisen od relativne hitrosti obeh opazovalcev. (Če mirujeta drug glede na drugega, sta njuni svetovnici dve navpični črti in je očitno, da mora biti $k = 1$.)

3. Čas, ki preteče za opazovalca A od oddaje drugega signala (ob njegovem času $t = t_0$) do ponovnega prejema tega signala, potem ko se je le-ta odbil od B-ja, je (glej sliko 3) $k^2 t_0 - t_0 = (k^2 - 1)t_0$.
4. Za opazovalca A je svetlobni curek potreboval za pot »tja in nazaj« (od A-ja do B-ja in nazaj od B-ja do A-ja) čas $(k^2 - 1)t_0$, za pot od A-ja do B-ja pa polovico tega časa, tj. $\frac{1}{2}(k^2 - 1)t_0$, saj je svetlobna hitrost v obeh smereh enaka.
5. Kako daleč od A-ja je B v trenutku, ko ga doseže drugi svetlobni signal z A-ja? Če bi merili oddaljenost med A in B z radarjem (radar oddaja elektromagnetne valove, ki se razširjajo s svetlobno hitrostjo c), bi dobili za oddaljenost B-ja od A-ja v trenutku, ko opazovalca B doseže drugi svetlobni signal, vrednost $c \cdot \frac{1}{2}(k^2 - 1)t_0$.
6. Kolikšen pa je čas, ki ga A *pripiše* trenutku odboja signala od B-ja? Besedo »pripiše« smo uporabili zato, ker gre za čas v točki, ki je nekje drugje kakor opazovalec A in njegova ura. To je nekaj drugega kakor *meritev* časa. Tokrat A *pripiše* čas na mestu B z uro A. S slike 3 preberemo, da je čas od srečanja obeh opazovalcev do trenutka, ko B prejme drugi signal, enak vsoti časa t_0 , ko A odda drugi signal, in časa, ki ga drugi signal potrebuje, da pride do B-ja (to je $\frac{1}{2}(k^2 - 1)t_0$); skupaj $t_0 + \frac{1}{2}(k^2 - 1)t_0 = \frac{1}{2}(k^2 + 1)t_0$.



Slika 3: Določitev faktorja k . Opazovalec A v koordinatnem sistemu prostora-časa na sliki miruje, opazovalec B pa se glede na opazovalca A giblje s stalno hitrostjo. Opazovalca A in B se v nekem trenutku srečata (in mesto srečanja izbereta za izhodišče koordinatnega sistema). Tedaj oba nastavita svoji uri na čas 0 in si izmenjata svetlobni signal. Ker sta takrat na istem mestu, taka »izmenjava« signala ne zahteva nič časa. Po času t_0 (merjeno z uro A) opazovalec A odda drugi signal, ki nekoliko pozneje pride do opazovalca B. (V diagramu ustreza času t_0 »čas« $y_0 = ct_0$.) Po definiciji faktorja k opazovalec B prejme drugi signal ob času kt_0 po svoji uri oziroma ob »času« ky_0 . V istem trenutku, ko B sprejme drugi svetlobni signal, se svetloba od njega odbije in odpotuje nazaj k opazovalcu A. Spet je po definiciji faktorja k in ob pomoči slike očitno, da prejme opazovalec A signal, ki se je odbil od B-ja, ob času $k \cdot kt_0 = k^2 t_0$ (ob »času« $k \cdot ky_0 = k^2 y_0$) po srečanju obeh opazovalcev, merjeno z uro A. Po A-jevi meritvi je potekel od trenutka, ko je oddal svoj drugi signal proti B-ju, do trenutka, ko je zaznal od B-ja odbiti signal, čas $k^2 t_0 - t_0 = (k^2 - 1)t_0$. To je čas, ki ga je drugi svetlobni signal potreboval za pot od A-ja do B-ja in nazaj.

Hitrost je kvocient poti in časa. Torej se opazovalec B giblje glede na opazovalca A s hitrostjo

$$v = \frac{\frac{1}{2}(k^2 - 1)ct_0}{\frac{1}{2}(k^2 + 1)t_0} = \frac{(k^2 - 1)c}{k^2 + 1}$$

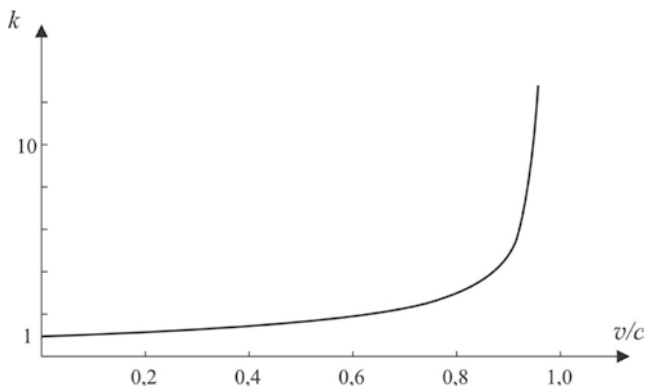
oziroma

$$\frac{v}{c} = \frac{k^2 - 1}{k^2 + 1} \quad (1)$$

Če enačbo (1) »obrnemo«, tj. izrazimo k z v , dobimo odvisnost faktorja k od hitrosti v :

$$k = \sqrt{\frac{1 + v/c}{1 - v/c}} \quad (2)$$

Faktor k pove, kako sta medsebojno umerjeni časovni skali dveh opazovalcev, ki se gibljeta eden glede na drugega s stalno hitrostjo v .



Slika 4: Graf faktorja k v odvisnosti od hitrosti (oziroma od v/c).

Za tiste bralce, ki so jim Lorentzove transformacije že domače, v Dodatku pokažemo, da se rezultat (2) ujema s standardnim rezultatom, ki ga dobimo z njihovo pomočjo. Bralec naj sam presodi, katera pot je enostavnejša.

4.2 Seštevane hitrosti

Kolikšna je hitrost potnika, ki hodi s hitrostjo 6 km/h po hodniku vlaka v smeri gibanja vlaka, ki pelje s hitrostjo 40 km/h? Seveda je hitrost potnika glede na zemljo enaka vsoti obeh hitrosti, to je 46 km/h. Saj vlak v eni uri prevozi 40 km, potnik v njem prehozi še dodatnih 6 km (vlak je zelo dolg!), kar da 46 km v eni uri. In če hodi potnik proti zadnjemu koncu vlaka, je njegova hitrost glede na zemljo 34 km/h. Naš sklep temelji na pravilu za seštevane hitrosti in je intuitivno razumljiv.

Kaj pa če bi se vlak gibal s hitrostjo 250.000 km/s in bi potnik po njem hodil s hitrostjo 100.000 km/s? Ali bi bila potnikova hitrost glede na zemljo 350.000 km/s? Seveda ne! Saj smo v 2. razdelku povedali, da je svetlobna hitrost »mejna« hitrost in da nobeno telo ali signal te hitrosti ne more preseči.

Pravilo za seštevane hitrosti, ki temelji na naših izkušnjah in ga uporabljamo v vsakdanjem življenju, ni točno in dobro velja le pri hitrostih, ki so majhne v primerjavi s svetlobno hitrostjo. Pri hitrostih, ki so primerljive s hitrostjo svetlobe, pa je pravilo za seštevane drugačno, kakor smo ga navajeni.

Posebej nenavadno se seštevajo hitrosti takrat, ko je ena od njih natanko enaka c , svetlobni hitrosti. Mislimo si svetlobni vir v laboratoriju, ki se giblje. Ne glede na gibanje laboratorija, bo hitrost svetlobnega curka ostala enaka c (glej razdelek 2). Drugače povedano, če hitrosti svetlobe dodamo kakršnokoli hitrost, bomo spet dobili le isto hitrost, tj. c .

Kakšno je torej pravilo za seštevane poljubnih hitrosti, tudi zelo velikih?

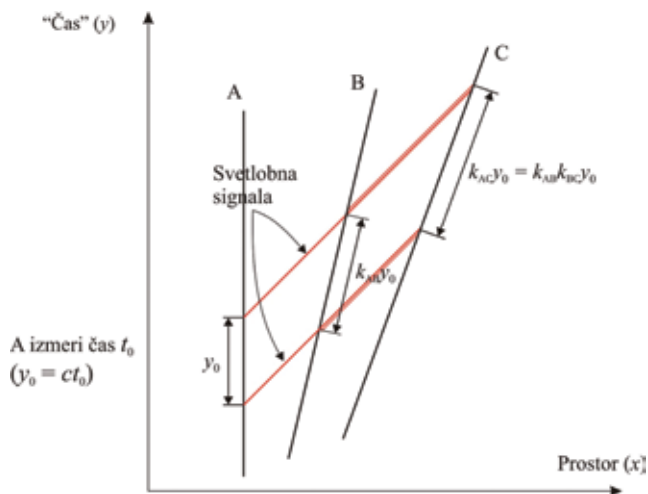
S k -računom brez težav dobimo zanimiv in netrivialen rezultat – relativistično »formulo« za seštevane hitrosti.

Imejmo tri opazovalce A, B in C. Opazovalec B se giblje s hitrostjo v_{AB} glede na opazovalca A, opazovalec C se giblje s hitrostjo v_{BC} glede na opazovalca B in opazovalec C se giblje s hitrostjo v_{AC} glede na opazovalca A. Povežimo njihovo merjenje časov s faktorji k , ki se nanašajo na dvojice opazovalcev: faktor k za opazovalca A in B označimo s k_{AB} , faktor k za opazovalca B in C označimo s k_{BC} in za opazovalca A in C s k_{AC} (slika 5).

Opazovalec B izmeri za časovni interval, ki v sistemu A meri t_0 , vrednost $k_{AB}t_0$; opazovalec C izmeri za časovni interval, ki v sistemu B meri $k_{AB}t_0$, vrednost $k_{BC}(k_{AB}t_0)$; in seveda izmeri opazovalec C za časovni interval, ki ima v sistemu A vrednost t_0 , svojo vrednost $k_{AC}t_0$. Za časovni interval, ki meri v sistemu A t_0 , mora torej hkrati veljati $k_{BC}(k_{AB}t_0) = k_{AC}t_0$ oziroma

$$k_{AC} = k_{AB}k_{BC}. \quad (3)$$

Pravilo za seštevane hitrosti, ki temelji na naših izkušnjah in ga uporabljamo v vsakdanjem življenju, ni točno in dobro velja le pri hitrostih, ki so majhne v primerjavi s svetlobno hitrostjo.


 Slika 5: Sestavljanje faktorjev k za tri opazovalne sisteme A, B in C.

Toda faktorje k znamo izraziti z medsebojnimi hitrostmi opazovalcev. To nas bo brez posebnih težav, le z nekaj računanja, pripeljalo do slovitega Einsteinovega »zakona za seštevaje hitrosti«.

Da bo manj pisanja, označimo hitrost sistema B glede na sistem A z v_{AB} ter $\beta_1 = v_{AB}/c$. Izraz (2), ki smo ga dobili za Bondijev faktor k , nam potem pove, da je

$$k_{AB} \equiv k_1 = [(1 + \beta_1)/(1 - \beta_1)]^{1/2}. \quad (4a)$$

Če je hitrost sistema C glede na sistem B enaka v_{BC} ter zapišemo $\beta_2 = v_{BC}/c$, imamo tudi

$$k_{BC} \equiv k_2 = [(1 + \beta_2)/(1 - \beta_2)]^{1/2}. \quad (4b)$$

Označimo končno še hitrost sistema C glede na sistem A z v_{AC} ter pišimo $\beta_3 = v_{AC}/c$, pa imamo

$$k_{AC} \equiv k_3 = [(1 + \beta_3)/(1 - \beta_3)]^{1/2}. \quad (4c)$$

Za relacijo (3), $k_3 = k_1 k_2$,

velja seveda tudi

$$k_3^2 = k_1^2 k_2^2.$$

S pomočjo izrazov (4) prepišemo gornji izraz kot

$$\frac{1 + \beta_3}{1 - \beta_3} = \left(\frac{1 + \beta_1}{1 - \beta_1} \right) \left(\frac{1 + \beta_2}{1 - \beta_2} \right). \quad (5)$$

Zaznamujmo desno stran (5) s $q = \left(\frac{1 + \beta_1}{1 - \beta_1} \right) \left(\frac{1 + \beta_2}{1 - \beta_2} \right)$. Iz $\frac{1 + \beta_3}{1 - \beta_3} = q$ dobimo $\beta_3 = \frac{q - 1}{q + 1}$ in

$$\beta_3 = \frac{q - 1}{q + 1} = \frac{\left(\frac{1 + \beta_1}{1 - \beta_1} \right) \left(\frac{1 + \beta_2}{1 - \beta_2} \right) - 1}{\left(\frac{1 + \beta_1}{1 - \beta_1} \right) \left(\frac{1 + \beta_2}{1 - \beta_2} \right) + 1} = \frac{\beta_1 + \beta_2}{1 + \beta_1 \beta_2}. \quad (6)$$

Pomnožimo (6) v števcu in v imenovalcu s c in izrazimo β_1 , β_2 in β_3 s hitrostmi:

$$v_{AC} = \frac{v_{AB} + v_{BC}}{1 + v_{AB} v_{BC} / c^2}. \quad (7)$$

Namesto navadne klasične formule $v_{AC} = v_{AB} + v_{BC}$ smo za seštevaje hitrosti dobili relativistično »formulo« (7).

Da bi dobili nekaj občutka za to, koliko se obe formuli razlikujeta, si spet zamislimo vlak in v njem potnika, ki hodi proti sprednjemu koncu vlaka.

Naj najprej vlak vozi glede na zemljo s hitrostjo $0,01 c$ (to je ogromna hitrost 3000 km/s in

takega vlaka (ali rakete) človek še ni naredil). Potnik naj se sprehaja po vlaku s hitrostjo $0,001 c = 300 \text{ km/s}$. Klasična formula bi dala za hitrost potnika glede na zemljo 3300 km/s . Relativistični izraz (7) nam da praktično enak rezultat

$$v_{AC} = (0,01 c + 0,001 c)/(1 + 10^{-5}) = 3300 \text{ km/s}.$$

Klasični in relativistični rezultat se skorajda ne razlikujeta. Razlika med njima je $1,1 \cdot 10^{-7} c = 33 \text{ m/s}$. Hitrost $33 \text{ m/s} = 120 \text{ km/h}$ je v našem vsakdanjem življenju že kar velika hitrost, v primerjavi s 3000 km/s ali tudi 300 km/s pa je zanemarljiva. Hitrosti $0,01 c$ in $0,001 c$ sta sicer za nas ogromni, a sta majhni v primerjavi s svetlobno hitrostjo. Zato nam klasična formula v vsakdanjem življenju izvrstno služi.

Pa vzemimo, da se vlak giblje s hitrostjo $0,5 c$, potnik pa hodi po njem s hitrostjo $0,1 c$. Klasična vrednost za hitrost potnika glede na zemljo bi bila $0,6 c$. Relativistična vrednost (7) pa bi bila tokrat

$$v_{AC} = (0,5 c + 0,1 c)/(1 + 0,05) = 0,57 c.$$

V tem primeru bi bila razlika med pravo (relativistično) in klasično hitrostjo že pet odstotkov, kar pa ni več zanemarljivo. V absolutni vrednosti bi dala klasična formula za skoraj 8600 km/s preveliko vrednost.

Kaj pa če bi se vlak in potnik gibala vsak s hitrostjo $0,999 c$? Tedaj bi se potnik gibal glede na zemljo s hitrostjo, ki bi se razlikovala od svetlobne le za $5 \cdot 10^{-7} c$. To je v nasprotju z našimi klasičnimi predstavami, po katerih bi se potnik glede na zemljo gibal s hitrostjo $1,998 c$. A je rezultat smiseln, če pomislimo, da se nobeno telo ne more gibati hitreje od svetlobe. Klasični rezultat, da bi se potnik gibal glede na zemljo skoraj z dvojno svetlobno hitrostjo (z $1,998 c$), je seveda popolnoma napačen.

5 Sklep

Teorija relativnosti je še vedno slabo razumljena in nedorečena tudi pri pouku fizike v srednjih šolah. Po eni strani se zdi privlačna, ker ljudje poznajo nenavadne pojave »podaljšanja časa« in »krčenja dolžin«, »paradoks dvojčkov«, nenavadna potovanja na oddaljene zvezde in še kaj. Vendar pogosto ni pravega razumevanja teh pojavov. Pojavljajo se ugovori, ki temeljijo na »zdravi pameti«, a so posledica nepopolnega razumevanja teorije.

V prispevku smo želeli predstaviti k -račun fizika Hermanna Bondija, ki neposredno in po našem mnenju intuitivno jasno poveže tek časa v različnih inercialnih opazovalnih sistemih. Pomembno je spoznanje, da je posebna teorija relativnosti posledica tega, da morajo različni opazovalci, ki želijo komunicirati med seboj, uporabljati neko komunikacijsko sredstvo. Če bi signali potovali z neskončno hitrostjo, ne bi bilo nobene teorije relativnosti. A najhitrejši signali potujejo od enega opazovalca do drugega s hitrostjo svetlobe c , ki za pot med njimi potraja nekaj časa. Posebna teorija relativnosti to upošteva. Pri majhnih hitrostih ni opaznih posledic. Pri hitrostih, ki niso majhne v primerjavi s svetlobno hitrostjo, pa pride do drastičnih sprememb in za našo »zdravo pamet«, ki nima neposrednih izkušenj s pojavi pri zelo velikih hitrostih, je to (vsaj sprva) težko razumljivo.

Poleg izračuna Bondijevega faktorja k smo predstavili tudi, kako se s pomočjo faktorja k v posebni teoriji relativnosti seštevajo hitrosti.

Verjamemo, da je Bondijev k -račun mogoče uspešno predstaviti v srednji šoli in da se z njim razjasni marsikateri dvom glede posebne teorije relativnosti.

Posebna teorija relativnosti je posledica tega, da morajo različni opazovalci, ki želijo komunicirati med seboj, uporabljati neko komunikacijsko sredstvo. Če bi signali potovali z neskončno hitrostjo, ne bi bilo nobene teorije relativnosti.

Viri in literatura

1. Bondi, H. (1967). *Assumption and Myth in Physical Theory*. Cambridge University Press.
2. Einstein, A., (1905). Zur Elektrodynamik bewegter Körper. *Ann. Physik*, 17, 891–921.
3. Kuščer, I., idr. (2002). *Fizika za srednje šole*, 3. del. DZS.
4. Strnad, J. (1982). *Fizika*, 3. del. DZS.

Dodatek

Podaljšanje časa z Lorentzovimi transformacijami

Posebna teorija relativnosti odgovarja na vprašanje, kako teče čas v inercialnih opazovalnih sistemih, ki se gibljejo eden glede na drugega in ugotavlja, da ni ne absolutnega časa ne absolutnega prostora.

Lorentzove transformacije povezujejo krajevne in časovne koordinate (oziroma dogodke, glej 3. razdelek) v dveh inercialnih opazovalnih sistemih A in B, ki se drug glede na drugega gibljeta s stalno hitrostjo (v) (Strnad, 1982). Vzamemo, da se sistem B giblje premo, tedaj zadošča ena sama krajevna koordinata. Krajevno in časovno koordinato v A zaznamujmo z x in t , v B pa z x' in t' . Lorentzove transformacije so (Strnad, 1982)

$$x' = \gamma(x - vt), \quad x = \gamma(x' + vt'), \quad (8a)$$

$$t' = \gamma(t - vx/c^2), \quad t = \gamma(t' + vx'/c^2), \quad (8b)$$

zaznamovali smo $\gamma = (1 - \beta^2)^{-1/2}$, $\beta = v/c$.

Zanimamo se za dva posebna dogodka: prvi dogodek (D-1) je dogodek, ko odda A prvi blisk, drugi dogodek (D-2) je dogodek, ko B prejme drugi blisk, ki ga A odda v času t_0 po prvem blisku. V 3. razdelku smo rekli, da dogodek predstavlja točka v prostoru-času, torej vsak dogodek podajata prostorska in časovna koordinata. Poiščimo koordinate dogodkov D-1 in D-2 v koordinatnem sistemu A in v koordinatnem sistemu B.

Ob prvem dogodku izhodišči koordinatnih sistemov A in B sovpadata in v obeh sistemih tedaj naravnajo ure na čas 0. Torej sta v sistemu A koordinati dogodka D-1

$$x_1 = 0,$$

$$t_1 = 0$$

in tudi v sistemu B sta koordinati prvega dogodka

$$x'_1 = 0,$$

$$t'_1 = 0.$$

Drugi dogodek je sprejem drugega bliska v izhodišču sistema B. Kje je B (merjeno v sistemu A), ko prejme drugi blisk? Od prvega bliska ob času 0 do drugega bliska ob času t_0 se sistem B oddalji za razdaljo vt_0 od A, v je hitrost, s katero se opazovalec B giblje glede na A. Opazovalec A ob (svojem) času t_0 odda drugi blisk, ki potuje s hitrostjo c in dohiti B po času τ (ki ga za zdaj še ne poznamo). V času τ naredi B še dodatno pot $v\tau$. Razdalja B od lege A v trenutku, ko B ujame drugi blisk, je torej po eni strani $c\tau$, po drugi strani $vt_0 + v\tau$. Iz $c\tau = v(t_0 + \tau)$ dobimo $\tau = vt_0/(c - v) = \beta t_0/(1 - \beta)$, $\beta = v/c$.

Torej so koordinate drugega dogodka

$$x_2 = c\tau = \beta ct_0/(1 - \beta),$$

$$t_2 = t_0 + \tau = t_0 + \beta t_0/(1 - \beta) = t_0/(1 - \beta)$$

in

$$x'_2 = 0 \text{ (saj B sprejme blisk tam, kjer je),}$$

$$t'_2 = ? \text{ (ta čas iščemo).}$$

Označimo s $t'_B \equiv t'_2 - t'_1$ čas, ki v sistemu B preteče med oddajo prvega bliska in prejemom drugega bliska. Prva iz Lorentzovih transformacij (8b) pove, da je

$$t'_1 = \gamma(t_1 - vx_1/c^2) = 0,$$

saj je $t_1 = 0$ in $x_1 = 0$, in da je

$$t'_2 = \gamma(t_2 - vx_2/c^2) = \gamma[t_0/(1 - \beta) - (v/c^2)\beta ct_0/(1 - \beta)] = \gamma t_0(1 + \beta) = t_0[(1 + \beta)/(1 - \beta)]^{1/2}.$$

Torej je

$$t'_B = t'_2 - t'_1 = t_0[(1 + \beta)/(1 - \beta)]^{1/2} \equiv k t_0.$$

Spet smo dobili Bondijev rezultat (2) oziroma faktor k

$$k = [(1 + \beta)/(1 - \beta)]^{1/2}.$$

Katera pot je lažja?

Posebna teorija relativnosti odgovarja na vprašanje, kako teče čas v inercialnih opazovalnih sistemih, ki se gibljejo eden glede na drugega in ugotavlja, da ni ne absolutnega časa ne absolutnega prostora.

Ocenjevanje eksperimentalnega dela pri pouku fizike v osnovni šoli

Assessment of Experimental Work in Primary School Physics

Monika Semič

Osnovna šola Dobravlje in

dr. Katarina Susman

Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

Izvleček

Eksperimentalno delo in izvedba samostojnega raziskovanja sta pomembna cilja pri pouku fizike. Učenje in pridobivanje veščin, ki to omogočajo, se začneta že v osnovni šoli. V kontekstu poučevanja fizike ni dovolj, da učencem zagotovimo dejavnosti in okolje, v katerem lahko razvijajo eksperimentalne veščine, ampak je pomembno tudi, da jih ustrezno ocenimo. Ocenjevanje eksperimentalnega dela je zahtevno in v slovenskem šolskem prostoru neusklajeno.

Oblikovano je bilo gradivo za ocenjevanje eksperimentalnega dela pri pouku fizike v osnovni šoli, ki učitelju fizike lahko pomaga pri organizaciji in načrtovanju ocenjevanja eksperimentalnega dela. Gradivo je bilo preizkušeno v skupini učencev in učiteljev izbranih osnovnih šol. Učenci in učitelji so podali mnenje o pripravljenih gradivih in načinu ocenjevanja. Rezultati raziskave kažejo, da so gradiva kakovostna, in nakazujejo možnosti za nadaljnji razvoj. Podane so prednosti gradiv in predlagane spremembe ter izpostavljene nekatere pomanjkljivosti.

Ključne besede: gradivo za ocenjevanje, eksperimentalno delo

Abstract

Conducting experiments and independent research are two key teaching objectives in physics education. Learning and developing the necessary skills begins in primary school. In addition to appropriate tasks and a setting in which students can develop experimental skills, it is critical to provide proper assessment. The latter has proven challenging and inconsistent in the Slovenian education system.

An assessment toolkit was developed to support primary school physics teachers in organising and planning the assessment of experimental work. Students and teachers from selected primary schools tested and evaluated the material and assessment methods. The survey results show high quality and suggest potential for further development. The article examines the strengths, weaknesses, and recommended changes.

Keywords: assessment criteria, experimental work

Uvod

Fizika je eden od naravoslovnih predmetov, ki učence spodbujajo k reševanju ter razumevanju in razlaganju naravnih pojavov. Učenci veliko časa preživijo ob zaslonih, komunicirajo prek družbenih omrežij in sprejmejo veliko informacij, ki jih pogosto ne znajo ustrezno vrednotiti. Šola se zato spopada z izzivom, kako učence spodbuditi h kritični analizi in evalvaciji večje količine podatkov in informacij. S hitrim razvojem se ustvarjajo poklici, ki nam danes še niso znani. Vseeno lahko predvidevamo, da bodo zanje potrebni delavci, ki so fle-

ksibilni, analitični in kreativni. V izobraževanju je zato zelo pomembno slediti potrebam družbenih sprememb. Slednjemu je treba prilagoditi tako pouk kot tudi ocenjevanje znanja učencev. Ocenjevanje znanja naj bi potekalo na različne načine, tako da lahko med seboj različni učenci izkažejo znanje tudi na način, ki jim najbolj ustreza [1].

Eksperimentalno delo je pomembna komponenta pouka fizike. Definirano je kot praktično delo, pri katerem učenci v skupinah ali individualno po navodilih opravijo fizikalni eksperiment ali fizikalno raziskavo [2]. Pri oce-

njevanju eksperimentalnega znanja je pomembno, da ocenjujemo veščine eksperimentalnega dela in ne zgolj razumevanja fizikalnih pojmov ter računskih nalog [1]. Raziskave kažejo, da je večina ocenjevanja eksperimentalnega dela zasnovanega posredno. To pomeni, da učencem opisno razloži, kako bi uporabil določen pripomoček ali izvedel določeno meritev [3].

Slovenski in tuji avtorji so za ocenjevanje eksperimentalnega dela razvili več večstopenjskih modelov ocenjevanja eksperimentalnega znanja, ki preverjajo znanje vse od zasnove eksperimenta do njegove izvedbe, zapisa ugotovitev in evalvacije rezultatov. Na podlagi teh učitelji razvijajo opisnike in kriterije ocenjevanja za ocenjevanje eksperimentalnega dela [4–9].

Da bi spodbudili slovenske učitelje k ocenjevanju eksperimentalnega dela, so v nadaljevanju predstavljeni povzetki raziskave, za katero so bila pripravljena gradiva za tri eksperimente iz različnih učnih tematik za 8. in 9. razred.

Metodologija raziskave

Cilji raziskave in raziskovalna vprašanja

Glavni cilj raziskave je bil oblikovati gradiva za ocenjevanje eksperimentalnega dela učencev pri pouku fizike v osnovi šoli ter jih ovrednotiti na podlagi pridobljenih mnenj učencev in učiteljev.

V ta namen so bila postavljena raziskovalna vprašanja:

- RV1: Kako izbrani učenci ocenjujejo zgradbo pripravljenih delovnih listov za ocenjevanje eksperimentalnega dela pri pouku fizike?
- RV2: Kako izbrani učitelji ocenjujejo pripravljena gradiva za ocenjevanje eksperimentalnega dela pri pouku fizike?
- RV3: Kako izbrani učenci in učitelji ocenjujejo izvedbo eksperimentalnega dela s pripravljenimi gradivi?

Struktura raziskave

V raziskavi je sodelovalo 45 učencev, starih od 13 do 15 let, in pet učiteljev fizike. Od tega je bilo 30 učencev osmošolcev in 15 učencev devetošolcev. Zajet je bil celoten razpon učencev od učno zmožnejših do učno šibkejših. Vsi učitelji, ki so sodelovali v raziskavi, poučujejo fiziko v 8. in 9. razredu in imajo od pet do 15 let izkušenj na tem področju. Od teh štirje učitelji že ocenjujejo eksperimentalno delo, in sicer vsak na svoj način. Noben od teh načinov ocenjevanja eksperimentalnega dela pa ni enak načinu ocenjevanja eksperimentalnega dela, pripravljenega za namen te raziskave.

Raziskava je bila izvedena v maju in juniju 2022 na petih osnovnih šolah v Sloveniji. Na dan raziskave so bili na šolo prineseni vsi potrebni pripomočki in gradiva za iz-

vedbo. Pred začetkom šolske ure so bile pripravljene ocenjevalne postaje z vsemi potrebnimi pripomočki, delovnim listom za učence in s kodo za zagotovitev anonimnosti učencev (slika 1).



Slika 1: Pripravljene ocenjevalne postaje.

Na začetku šolske ure je bil učencem predstavljen potek raziskave in bila sta jim razložena potek ocenjevanja eksperimentalnega dela ter koncept pomoči, ki jih lahko uporabljajo v drugem delu delovnega lista. Medtem ko so učenci na ocenjevalnih postajah izvajali eksperimentalno delo, so preostali učenci od učitelja dobili zaposlitev v obliki samostojne obravnave ali utrjevanja učne snovi. Delo učencev na ocenjevalnih postajah je s pomočjo ocenjevalnega pripomočka ocenjeval tudi učitelj fizike. Delovni listi so bili ocenjeni s pomočjo ocenjevalnega pripomočka in opisnikov za ocenjevanje.

Nazadnje so učenci in učitelji izpolnili anketni vprašalnik, v katerem so s petstopenjsko lestvico (od »5 – zelo se strinjam« do »1 – sploh se ne strinjam«) ovrednotili trditve o gradivih in izvedbi ocenjevanja. Učenci so ocenili delovni list in pripravljene pomoči, če so jih uporabljali. Učitelji so prav tako ocenili delovni list in pripravljene pomoči za učence ter dodatno še ocenjevalni pripomoček, opisnike za ocenjevanje in ocenjevalni kriterij. Učenci so podali svoje mnenje o dveh odprtih vprašanjih in morebitne predloge za spremembo izvedenega ocenjevanja. V polstrukturiranem intervjuju so svoje mnenje ubesedili učitelji.

Gradivo za ocenjevanje eksperimentalnega dela

Gradivo za ocenjevanje eksperimentalnega dela je sestavljeno iz delovnega lista za učence in iz pomoči, ocenjevalnega pripomočka z ocenjevalnim kriterijem ter iz opisnikov za ocenjevanje. Gradivo je pripravljeno za tri različne eksperimente:

Eksperiment 1: Gibanje avtomobilčka

Eksperiment 2: Tehtanje z vzmetjo

Eksperiment 3: Pod klancem

Delovni listi

Fizika, 8. razred	Kriteriji ocenjevanja:	Šifra:
Ocenjevanje eksperimentalnega dela	odl (5): 91–100 % (22–22 T)	Datum:
	pdb (4): 78–90 % (17–19,5 T)	Število točk: /22
	db (3): 64–77 % (14–16,5 T)	Ocena:
	zd (2): 50–63 % (11–13,5 T)	
	nzd (1): 0–49 % (0–10,5 T)	

GIBANJE AVTOMOBILČKA
I. del

1. Na skici je prikazano začetno stanje eksperimenta. S pomočjo skice in pripravljenih pripomočkov postavi eksperiment.

Pripomočki:

- tračni meter,
- flumaster,
- ravnilo,
- avtomobilček,
- štoparica.



____ / 2 T

2. Izmeri čas, ki ga avtomobilček potrebuje, da opravi dano pot. meritev ponovi trikrat in rezultate meritev vpiši v tabelo na eno decimalno mesto natančno.

Zaporedna številka meritve	t [s]
1.	
2.	
3.	

____ / 6 T

3. Iz izmerjenih podatkov izračunaj povprečni čas, ki ga avtomobilček potrebuje, da opravi dano pot. Rezultat zaokroži na eno decimalno mesto natančno.

____ / 2,5 T

4. S podatkom, ki si ga izračunal pri 3. nalogi, izračunaj povprečno hitrost avtomobilčka na dani poti. Rezultat zaokroži na eno mesto natančno.

____ / 3 T

II. del: Oblikuj in izvedi eksperiment.

Ugotovi ali se voziček giblje enakomerno.

a) Vse podatke, meritve in izračune tabeliraj v smiselno tabelo, ki naj ima skupno tri stolpce in štiri vrstice.

b) Podatke, meritve in izračune zaokroži na eno decimalno mesto natančno.

c) Ugotovitve zapiši v največ treh povedih in jih utemelji z izračuni hitrosti.

? V kolikor pri reševanju naloge potrebuješ pomoč, dvigni roko in pomoč prejmeš napisano na listku.

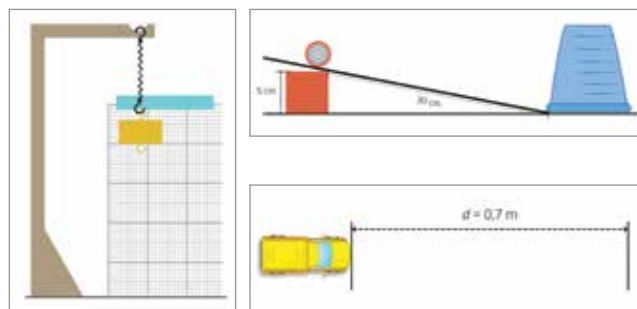
! POZOR, z vsako pomočjo se končna ocena zniža za eno oceno, zato nalogo opravi čim bolj samostojno.

____ / 8,5 T

Slika 2: Delovni list eksperimenta 1: Gibanje avtomobilčka.

Vsak od pripravljenih eksperimentov vsebuje delovni list, ki je razdeljen na dva dela, ki sta tudi vizualno ločena med seboj. V prvem delu učenec s pomočjo navodil in skice postavi eksperiment.

Nato učenec izvede in tabelira meritve ter izračuna podatke, ki jih naloge zahtevajo. V drugem delu rešuje nalogo, ki se vsebinsko navezuje na naloge iz prvega dela. Od učenca se pričakuje, da drugi del opravi samostojno.



Slika 3: Vsak delovni list vsebuje skico začetnega stanja eksperimenta.

no. Če ima pri samostojnem reševanju težave, ima na voljo tri pomoči. Pomoči, ki jih učenec prejme eno po eno, si sledijo od (1) življenjskega primera, (2) primera s podobnim fizikalnim eksperimentom do (3) navodila, kaj naj naredi. Vsaka pomoč pomeni spust za eno oceno. »Pomoč 1« pomeni spust z ocene odlično (5) na prav dobro (4), »pomoč 2« pomeni spust z ocene prav dobro (4) na oceno dobro (3) in »pomoč 3« pomeni spust z ocene dobro (3) na oceno zadostno (2). Končna ocena je vsota točk, znižana glede na uporabo pomoči.

Pomoč 1:

Marjanca se iz Kopra pelje v Celje. Pot iz Kopra do Ljubljane je dolga 90 km in jo opravi v 1 uri. Medtem ko je celotna pot iz Kopra do Celja dolga 180 km in jo opravi v 2 urah.

Ali se Marjanca ves čas pelje z enako hitrostjo?

Pomoč 2:

Avtomobilček je prevozil pot 0,5 m v času 10 s. Nato smo ga vrnili na začetek. Nato je prevozil pot 1 m v času 20 s.

Ali je hitrost avtomobilčka v obeh vožnjah enaka?

Pomoč 3:

Označi razdalje 20 cm, 40 cm in 60 cm. Izmeri čas, ki ga avtomobilček potrebuje za vsako razdaljo. Za vsako meritev izračunaj hitrost.

Ali se avtomobilček giblje z enako hitrostjo?

Ali lahko na podlagi rezultatov sklepamo, da se avtomobilček giblje enakomerno?

Slika 4: Pomoči za eksperiment 1.

Ocenjevalni list in ocenjevalni kriterij

Ocenjevalni list je pripomoček, ki ga učitelj uporablja med ocenjevanjem. Vsak ocenjevalni list vsebuje prostor za ime in priimek učenca ter datum in končno oceno. Ocenjevalni list je zasnovan za sočasno ocenjevanje treh učencev. Zato so na ocenjevalnem listu trije stolpci za ocenjevanje. Ocenjevalni list je razdeljen po nalogah na delovnem listu (slika 5). V levem stolpcu so skrajšani opisniki za ocenjevanje, v desnih treh pa je prostor za

GIBANJE AVTOMOBILČKA – OCENJEVALNI PRIPOMOČEK

Šifra učenca:				
Razred: 8.				
Število točk				
Ocena				

I. del

1. Na skici je prikazano začetno stanje eksperimenta. S pomočjo skice in pripomočkov, ki jih imaš v škatli, postavi eksperiment.

Ustrezna postavitev eksperimenta.	1 T	1 T	1 T
Ustrezna postavitev z eno pomočjo.	0,5 T	0,5 T	0,5 T
Neustrezna postavitev eksperimenta z eno pomočjo ali ustrezna postavitev z več pomočmi.	0 T	0 T	0 T
Odmerjena pot do vključno ± 3 mm.	1 T	1 T	1 T
Odmerjena pot do vključno ± 6 mm.	0,5 T	0,5 T	0,5 T
Odmerjena pot več kot ± 6 mm.	0 T	0 T	0 T
Skupaj	/ 2 T	/ 2 T	/ 2 T

TEHTANJE Z VZMETJO – OCENJEVALNI PRIPOMOČEK

Šifra učenca:				
Razred: 8.				
Število točk				
Ocena				

I. del

1. Na skici je prikazano začetno stanje eksperimenta. S pomočjo skice in pripomočkov, ki jih imaš v škatli, postavi eksperiment. Merjenec potrebuješ v drugem delu.

Komponente eksperimenta:

- 1 – sestavljeno stojalo,
- 2 – na ustrezni višini prilepljen milimetrski papir,
- 3 – na stojalo obešena vzmet,
- 4 – na vzmet obešena utež.

Ustreznost vseh štirih komponent.	2 T	2 T	2 T
Ustreznost dveh ali treh komponent ali ustreznost vseh z eno pomočjo.	1 T	1 T	1 T
Ustreznost ene ali več komponent ali ustreznost dveh ali treh komponent z eno pomočjo ali več pomoči.	0 T	0 T	0 T
Skupaj	/ 2 T	/ 2 T	/ 2 T

2. a) Na milimetrskem papirju označi lego spodnjega konca vzmeti, ko je vzmet prednapeta (to je, ko je nanjo obešena ena utež). Označi jo z x_0 .
- b) Na vzmet obešaj zaporedoma po eno utež in označuj nove lege spodnjega konca vzmeti. Pripiši jim oznake x_1 , x_2 in x_3 .
- c) Izmeri raztezke vzmeti Δx in jih vpiši v tabelo.
- d) Iz ustreznih parov podatkov izračunaj koeficient vzmeti in izračunane vrednosti vpiši v tabelo. Zapiši jih na enice natančno.

POD KLANCEM – OCENJEVALNI PRIPOMOČEK

Šifra učenca:				
Razred: 8.				
Število točk				
Ocena				

I. del

1. Na skici je prikazano začetno stanje eksperimenta. S pomočjo skice in pripravljenih pripomočkov postavi eksperiment. Škatlice potrebuješ v drugem delu.

Komponente eksperimenta:

- 1 – lesen kvader,
- 2 – klanec iz ravnila,
- 3 – plastični kozarec na vznožju klanca,
- 4 – prilepljen milimetrski papir.

Ustreznost vseh štirih komponent.	2 T	2 T	2 T
Ustreznost dveh ali treh komponent ali ustreznost vseh z eno pomočjo.	1 T	1 T	1 T
Ustreznost ene ali več komponent ali ustreznost dveh ali treh komponent z eno pomočjo ali več pomoči.	0 T	0 T	0 T
Skupaj	/ 2 T	/ 2 T	/ 2 T

2. Izmeri podatke, ki jih potrebuješ in izračunaj potencialno energijo baterije na vrhu klanca. Rezultat zaokroži na dve decimalni mesti natančno.

Izmerjena višina baterije z odstopanjem do vključno ± 2 mm.	0,5 T	0,5 T	0,5 T
Izmerjena višina baterije z odstopanjem več kot ± 2 mm.	0 T	0 T	0 T
Izmerjena masa z odstopanjem do vključno ± 2 g.	0,5 T	0,5 T	0,5 T

GIBANJE AVTOMOBILČKA – OPISNIKI OCENJEVANJA

I. del

1. Na skici je prikazano začetno stanje eksperimenta. S pomočjo skice in pripomočkov, ki jih imaš v škatli, postavi eksperiment.

Naloga učenca	Opisniki ocenjevanja s točkami
Učenec postavi eksperiment. Ustrezna postavitev eksperimenta pomeni, da sta narisani črti, ki označujeta začetek in konec poti, vzporedni ter na ustrezni razdalji. avtomobilček je postavljen pred začetno črto.	Učenec brez pomoči učitelja ustrezno postavi eksperiment. 1 T Učencu pri postavitvi eksperimenta učitelj pomaga z eno pomočjo (na primer: odgovorimo mu na vprašanje, damo namig, pomagamo pridržati pripomočke, ipd. 0,5 T Kljub temu, da učencu učitelj pomaga z eno pomočjo, je postavitev eksperimenta še vedno neustrezna. ali učencu pri postavitvi učitelj pomaga z več pomočmi. 0 T Skupaj največ 1 T. Učenec odmeri dano pot z napako do vključno ± 3 mm. 1 T Učenec odmeri dano pot z napako večjo do ± 3 mm do vključno ± 6 mm. 0,5 T Učenec odmeri dano pot z napako večjo do ± 6 mm. 0 T Skupaj največ 1 T. Skupaj 2 T

TEHTANJE Z VZMETJO – OPISNIKI OCENJEVANJA

I. del

1. Na skici je prikazano začetno stanje eksperimenta. S pomočjo skice in pripomočkov, ki jih imaš v škatli, postavi eksperiment. Merjenec potrebuješ v drugem delu.

Naloga učenca	Opisniki ocenjevanja s točkami
Učenec postavi eksperiment. Ustrezna postavitev eksperimenta pomeni, da so vse štiri komponente eksperimenta postavljene po navodilu.	Učenec brez pomoči s pomočjo skice ustrezno postavi vse štiri komponente eksperimenta. 2 T Učenec brez pomoči učitelja ustrezno postavi dve ali tri komponente eksperimenta ali z eno pomočjo ustrezno postavi vse štiri komponente eksperimenta. 1 T Učenec brez pomoči učitelja ustrezno postavi eno ali nič komponent eksperimente ali z eno pomočjo ustrezno postavi dve ali tri komponente eksperimenta ali mu pomagamo z več kot eno pomočjo. 0 T Skupaj največ 2 T. Skupaj 2 T

2. a) Na milimetrskem papirju označi lego spodnjega konca vzmeti, ko je vzmet prednapeta (to je, ko je nanjo obešena ena utež). Označi jo z x_0 .
- b) Na vzmet obešaj zaporedoma po eno utež in označuj nove lege spodnjega konca vzmeti. Pripiši jim oznake x_1 , x_2 in x_3 .
- c) Izmeri raztezke vzmeti Δx in jih vpiši v tabelo.
- d) Iz ustreznih parov podatkov izračunaj koeficient vzmeti in izračunane vrednosti vpiši v tabelo. Zapiši jih na enice natančno.

Učitelj opazuje izvedbo dveh meritev pri vsakem od ocenjevanih učencev. zaporedni številki meritev vpiše v za to namenjen prostor v tabeli ocenjevalnega pripomočka.

POD KLANCEM – OPISNIKI OCENJEVANJA

I. del

1. Na skici je prikazano začetno stanje eksperimenta. S pomočjo skice in pripomočkov, ki jih imaš v škatli, postavi eksperiment. Škatlice potrebuješ v drugem delu.

Naloga učenca	Opisniki ocenjevanja s točkami
Učenec postavi eksperiment. Ustrezna postavitev eksperimenta pomeni, da so vse štiri komponente eksperimenta postavljene po navodilu.	Učenec brez pomoči učitelja ustrezno postavi vse štiri komponente eksperimenta. 2 T Učenec brez pomoči učitelja ustrezno postavi dve ali tri komponente eksperimenta ali z eno pomočjo ustrezno postavi vse štiri komponente eksperimenta. 1 T Učenec brez pomoči učitelja ustrezno postavi eno ali nič komponent eksperimente ali z eno pomočjo ustrezno postavi dve ali tri komponente eksperimenta ali mu pomagamo z več kot eno pomočjo. 0 T Skupaj največ 2 T. Skupaj 2 T

2. Izmeri podatke, ki jih potrebuješ in izračunaj potencialno energijo baterije na vrhu klanca. Rezultat zaokroži na dve decimalni mesti natančno.

Naloga učenca	Opisniki ocenjevanja s točkami
Učenec izmeri višino baterije od tal do stika baterije s podlago in jo stehta.	Izmerjena višina baterije odstopa do vključno ± 2 mm. 0,5 T Izmerjena višina baterije odstopa več kot ± 2 mm. 0 T Skupaj največ 0,5 T.

Slika 5: Prva stran ocenjevalnih listov vseh treh eksperimentov.

Slika 6: Prva stran opisnikov za ocenjevanje vseh treh eksperimentov.

vnašanje točk. Za vsak del ocenjevanja so opisniki ločeni z debelejšo črto. Učitelju pri ocenjevanju pomagajo tudi barve. Kar je označeno z barvo, se oceni neposredno med opazovanjem učenca, medtem ko se belo obarvani opisniki uporabijo naknadno, ob pregledu delovnega lista. Na koncu ocenjevalnega lista je prostor za skupni seštevek točk in ocenjevalni kriterij.

Opisniki za ocenjevanje

Opisniki za ocenjevanje eksperimentalnega dela so podrobneje razdelani ocenjevalni pripomočki in učitelju služijo kot dodatna razlaga ocenjevanja. Razdeljeni so v dva stolpca. V levem stolpcu so natančno razloženi opisniki za ocenjevanje, v desnem pa točke (slika 6).

Rezultati

V nadaljevanju so predstavljeni rezultati raziskave, podani kot odgovori na raziskovalna vprašanja.

Evalvacija delovnih listov s strani učencev

RV1: Kako izbrani učenci ocenjujejo zgradbo pripravljenih delovnih listov za ocenjevanje eksperimentalnega dela pri pouku fizike?

Učenci so trditve o delovnem listu ocenili s povprečno oceno 4,42 (SD = 0,74). Sedem učencev (12 %) je naloge na delovnem listu opisalo kot pregledne in jasno zapisane. Kljub temu sta bili jasnost in razumljivost navodil s strani učencev ocenjeni najnižje. Razlog za to je najverjetneje dolžina navodil in natančne zahteve pri zaokroževanju rezultatov. K temu dodatno pripomore tudi to, da učenci niso izvajali eksperimentov takoj po končani obravnavi učne snovi, temveč šele na koncu šolskega leta, ko so določeno učno snov že pozabili.

Tabela 1: Mnenje učencev o delovnem listu.

	Ocena strinjanja					M	SD
	5 [%]	4 [%]	3 [%]	2 [%]	1 [%]		
Eksperiment 1	66	29	6	0	0	4,60	0,60
Eksperiment 2	60	33	4	2	0	4,51	0,69
Eksperiment 3	39	42	14	4	0	4,16	0,83
Skupaj	55	35	8	2	0	4,42	0,74

Učenci so najvišje ocenili jasnost in nazornost skic (M = 4,67). Kljub temu sta dva učenca (4 %) izpostavila predlog za njihovo izboljšavo. Eden od omenjenih učencev je imel težave pri postavitvi eksperimenta 2, saj je bilo vznožje stojala narisano kot pokonci stoječ pravo-

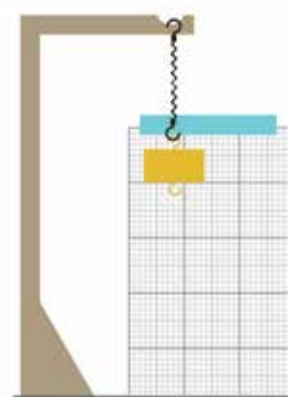
kotni trikotnik, medtem ko je bilo vznožje stojala med danimi pripomočki drugačno. Predlog za izboljšavo, ki ga je na eksperiment 3 podal drugi učenec, se nanaša na to, da bi morali biti v navodilih jasno izpostavljeni pomembnejši podatki.

1. Na skici je prikazano začetno stanje eksperimenta. s pomočjo skice in pripravljenih pripomočkov postavi eksperiment. Merjenec potrebuješ v drugem delu preverjanja.

Pripomočki:

- stojalo
- vzmet
- uteži
- milimeterski papir
- lepilni trak

___ / 2T



Slika 7: Eksperiment 2, naloga 1. Vznožje stojala na skici se razlikuje od vznožja stojala med danimi pripomočki.

Učenci so v drugem delu reševanja delovnega lista imeli možnost uporabe pomoči, ki pa jih v večini niso uporabili. Pomoč so uporabljali le učenci pri eksperimentu 1. Učenci so ponujene pomoči ocenili s povprečno oceno 3,67 (SD = 1,03). Trije učenci (7 %) so pohvalili možnost uporabe ponujenih pomoči. Med raziskavo je bilo mogoče opaziti, da učenci življenjskega primera niso znali preslikati na eksperimentalno nalogo, ki so jo reševali.

Evalvacija pripravljenih gradiv s strani učiteljev

RV2: Kako izbrani učitelji ocenjujejo pripravljena gradiva za ocenjevanje eksperimentalnega dela pri pouku fizike?

Učitelji so ocenili gradiva za ocenjevanje eksperimentalnega dela. Tako kot učenci so tudi učitelji najvišje ocenili delovne liste, in sicer s povprečno oceno 4,62 (SD 0,57). Delovne liste sta v polstrukturiranem intervjuju komentirala dva učitelja. Eden od njiju je delovne liste opredelil kot primernejše za učno zmožnejše učence. Medtem ko je drugi poudaril, da bi bilo treba delovne liste prilagoditi matematičnemu znanju učencev. Na tem mestu je

konkretno poudaril učno snov o reševanju enačb, česar se učenci učijo šele na polovici 9. razreda, medtem ko bi bilo to znanje pri fiziki potrebno že v 8. razredu.

Tabela 2: Mnenje učiteljev o delovnem listu.

	Ocena strinjanja					M	SD
	5 [%]	4 [%]	3 [%]	2 [%]	1 [%]		
Eksperiment 1	67	30	3	0	0	4,63	0,56
Eksperiment 2	73	20	0	0	0	4,67	0,61
Eksperiment 3	60	37	3	0	0	4,57	0,57
Skupaj	67	29	4	0	0	4,62	0,57

Ponujene pomoči so učitelji z zanemarljivo razliko ocenili nižje od učencev, in sicer s povprečno oceno 3,52 ($SD = 1,10$). Do ponujenih pomoči sta nestrinjanje in kritiko podala dva učitelja. Eden od učiteljev je koncept pomoči opredelil kot učenecem neznan in predlagal, da bi ga bilo dobro vpeljati prek skupinskega eksperimentalnega dela v razredu. Šele potem bi ga učenci lahko uporabljali pri ocenjevanju in pri tem tudi vedeli, kaj pričakovati. Predlagal je tudi, da bi učenecem ponudili samo tretjo od ponujenih pomoči.

Ocenjevalni pripomoček so učitelji ocenili s povprečno oceno 4,65 ($SD = 0,59$). V polstrukturiranem intervjuju sta ga omenila dva učitelja, ki sta ga označila kot praktičnega, jasnega, ki omogoča hitro ocenjevanje. Oba učitelja menita, da bi bilo težko oceniti tri učence hkrati in da je treba učni pripomoček dobro poznati, preden se lotimo ocenjevanja. Na podlagi slednjega je smiselno, da se ocenjevanja eksperimentalnega dela lotimo postopoma, najprej ocenjujemo po enega učenca in nato po več učencev skupaj.

Učitelji so opisnike ocenjevanja ocenili s povprečno oceno 4,61 ($SD = 0,59$). Podrobni opisniki ocenjevanja so bili uporabljeni le deloma pri ocenjevanju delovnih listov po končanem eksperimentalnem delu v primeru nejasnosti skrajšanih opisnikov za ocenjevanje v ocenjevalnem pripomočku. Iz slednjega lahko sklepamo, da so krajši opisniki že dovolj razumljivi za ocenjevanje.

S povprečno oceno 4,38 ($SD = 0,79$) so na koncu učitelji ocenili še kriterije ocenjevanja. Naloge na delovnih listih temeljijo na učnem načrtu za fiziko. Delovni list je zastavljen tako, da lahko učenec v prvem delu zbere dovolj točk za oceno zadostno (2), pri čemer ni nujno, da vse reši pravilno. Kljub temu je eden od izbranih učiteljev poudaril, da so v nalogah premalo zastopani minimalni standardi. Obenem meni, da je slednjih tudi v učnem načrtu premalo in ima zato težave pri sestavljanju ocenjevanj znanja. Minimalni standardi so v pripravljenih gradivih različno zastopani. V eksperimentu 1 je mini-

malnih standardov nad 50 %, medtem ko jih je v eksperimentu 2 in eksperimentu 3 okrog 40 %. Temu primerno so postavljeni tudi kriteriji ocenjevanja, ki predvidevajo, da učenec lahko doseže pozitivno oceno zgolj z doseganjem minimalnih standardov v prvem delu delovnega lista.

Evalvacija izvedbe eksperimentalnega dela

RV3: Kako izbrani učenci in učitelji ocenjujejo izvedbo eksperimentalnega dela s pripravljenimi gradivi?

V anketnem vprašalniku so učitelji in učenci ocenili pripravljenost učilnice na ocenjevanje eksperimentalnega dela. Učenci so to ocenili s povprečno oceno 4,26 ($SD = 1,03$), učitelji pa z nekoliko višjo povprečno oceno 4,36 ($SD = 0,57$). Dva učenca (3 %) sta pohvalila ločenost ocenjevalnih postaj od razreda. Trinajst učencev (22 %) je izrazilo zadovoljstvo nad opravljenim delom in potrebo po iznajdljivosti. Izvajanje eksperimentalnega dela so opredelili tudi kot zabavno, saj je pouk potekal drugače. Dva (3 %) sta izrazila zadovoljstvo ob uporabi logičnega razmišljanja. Obenem je šest učencev (13 %) predlagalo reševanje nalog v parih in željo po listu z enačbami kot pripomočkom. Dva učenca (3 %) sta predlagala, da bi ocenjevanje eksperimentalnega dela potekalo v drugem, mirnejšem prostoru. Med raziskavo je bilo opaziti, da so učenci želeli sodelovati med seboj. Vzrok za slednje je lahko nepoznavanje novega načina dela (ocenjevanja) ter nepoznavanje in neznanje uporabe fizikalnih pripomočkov. Učitelji so za predlagani način ocenjevanja eksperimentalnega dela izrazili potrebo po laborantu ali dodatnem učitelju.

Zaključek

Rezultati raziskave kažejo na kakovost pripravljenih gradiv. Izbrani eksperimenti in naloge so v večji meri primerni za uporabo pri ocenjevanju eksperimentalnega dela v osnovni šoli in se skladajo z učnim načrtom. Prav tako so tovrstnemu ocenjevanju primerno pripravljene tudi ocenjevalni pripomočki, opisniki za ocenjevanje in kriteriji ocenjevanja. Manj primerno je zastavljen koncept pomoči, ki jih učenci lahko uporabijo v drugem delu reševanja delovnega lista. Razlogi za slednje so nepoznavanje koncepta pomoči s strani učencev, strogi kriteriji nižanja končne ocene in sosledje pomoči, ki od učenca zahteva dodatne premisleke in preslikavo vsebine pomoči na fizikalni problem eksperimentalnega dela.

Glede na izvedbo in način predlaganega ocenjevanja učitelji izražajo časovno zahtevnost tovrstnega ocenjevanja in željo po možnosti sodelovanja z dodatnim učiteljem in laborantom. Obenem poudarjajo, da bi bilo treba za kakovostno ocenjevanje eksperimentalnega dela pripraviti večje število različnih eksperimentov.

Implementacija ocenjevanja eksperimentalnega dela bi v šolski proces zagotovo prinesla napredek v razvoju učenčevih praktičnih veščin in znanj. Slednja namreč ne smejo biti ocenjena drugače kot le z neposrednim ocenjevanjem učenčevega izvajanja eksperimentalnega

dela. Ocenjevanje eksperimentalnega dela prinaša tudi poglobitev znanja učencev o fizikalnih pojmi, razvoj strategij za reševanje problemov in razvoj danes zelo pomembnega kritičnega mišljenja.

Pripravljena gradiva so na voljo učiteljem fizike na spodaj navedeni povezavi in jih lahko uporabijo pri svojem delu ter nadgrajujejo. Veseli bomo odzivov in povratnih informacij ter izmenjave nadgrajenih gradiv. V ta namen spodaj dodajamo povezavo do gradiv in e-poštna naslova.

https://docs.google.com/document/d/1u21APN7ESIMQrKsu_cXLwlGytPVUCHxiCHbxR8BrcRI/edit?usp=sharing

E-poštna naslova:

monika.semic@gmail.com

katarina.susman@pef.uni-lj.si



Viri

1. Gott, R. in Duggan, S. (2002). Problems with the Assessment of Performance in Practical Science: Which way now?, *Cambridge Journal of Education*, 32(2), 183–201.
2. Wilcox, B. R., Lewandowski, H. J. (2017). Developing skills versus reinforcing concepts in physics labs: Insight from a survey of students' beliefs about experimental physics, *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* 13, 010108.
3. J. Bennett, J. in Kennedy, D. (2001). Practical work at the upper high school level: The evaluation of a new model of assessment, *International Journal of Science Education*, 23, 97–110.
4. Abrahams, I., Reiss, M. J. in Sharpe, R. M. (2013). The assessment of practical work in school science, *Studies in Science Education*, 49(2), 209–251.
5. Abrahams, I. in Sağlam, M. (2010). A study of teachers' views towards practical work in secondary schools in England and Wales, *International Journal of Science Education*, 32(06), 753–768.
6. Furiwai, S. in Singh-Pillay, A. (2020). The views and experiences of Grade 10 Life Sciences teachers on the compulsory practical examination, *Perspectives in Education*, 38(1), 242–254.
7. Banko, J., Božič, S. (2013). *Ocenjevanje eksperimentalnega dela V Posodobitve pouka v osnovno-šolski praksi* (A. Žakelj, M. Borstner), 81–88, Ljubljana: Zavod RS za šolstvo. https://www.zrss.si/digitalna_bralnica/posodobitve-pouka-v-osnovnosolski-praksi-fizika/
8. Pavlin, J. in Čepič, M. (2015). The education of pre-service primary school teachers for teaching the physics part of science in Slovenia, V *Proceedins of the GIREP - MPTL 2014 International Conference*, 7 Jul–12 Jul 2014, University of Palermo, Italy, 137–144.
9. Žakelj, A. in Borstner, M. (ur.) (2012). *Razvijanje in vrednotenje znanja*. Ljubljana: Zavod RS za šolstvo.

Ocenjevanje eksperimentalnega dela pri fiziki

Assessment Of Experimental Work in Physics

Neža Poljanc

Osnovna šola Križe

Izvleček

V članku je obravnavana problematika stresa pri učencih pri ocenjevanju eksperimentalnega dela. Poudarjen je pomen praktičnega eksperimentiranja za globlje razumevanje snovi. Podrobno je razložena priprava na ocenjevanje, ki vključuje uporabo interaktivnih simulacij in pripomočkov za eksperimentiranje. Predstavljeni so kriteriji ocenjevanja, ki temeljijo na praktičnih veščinah in teoretičnem znanju. Ocenjevanje poteka individualno z ocenjevalnimi listi, ki upoštevajo različne ravni znanja. V zaključku je poudarjeno, da takšen pristop k ocenjevanju eksperimentalnega dela ne le povzroča manj stresa pri učencih, temveč tudi spodbuja njihovo motivacijo in zadovoljstvo, kar vodi do boljših ocen in splošne uspešnosti pri fiziki. Na koncu je predstavljen razmislek o razširitvi tega pristopa na druge razrede in predmetne vsebine, s čimer bi še dodatno izboljšali kakovost izobraževanja in dobrobit učencev.

Ključne besede: ocenjevanje, eksperimentalno delo, elektrika, PhET simulacije, stres

Abstract

The article addresses the stress that students experience during the evaluation of experimental work. It emphasises the value of practical experimentation in gaining a deeper understanding of the subject matter. The evaluation preparation process is well-detailed, including interactive simulations and experimental tools. Evaluation criteria based on practical skills and theoretical knowledge are introduced. The evaluation is conducted individually using sheets that allow for varying levels of knowledge. In conclusion, the author acknowledges that such an approach to evaluating experimental work reduces stress among students while increasing their motivation and a sense of fulfilment, resulting in higher marks and overall performance in physics.

Finally, the potential implementation of this approach to other year groups and subject matters would further increase educational quality and student wellbeing.

Keywords: assessment, experimental work, electricity, Phet simulations, stress

Uvod

Učitelji si prizadevamo za prijazno in prijetno šolanje otrok. Uvajamo nove metode in oblike dela, ki naj bi zagotovile bolj kakovostnejše in trajnejše znanje. Če učenci pridobivajo nova znanja na podlagi izkušenj, je pridobljeno znanje trajnejše.

Pri ustnem ocenjevanju znanja pri učencih pogosto opazimo znake stresa, kot so plitko dihanje, mišična napetost, drhtenje, tresenje rok, nervoznost, nepotrpežljivost, vlažne dlani, grizenje nohtov ali ovijanje las okrog prsta. Stres je nalezljiv, zato se neredko zgodi, da se znaki prenesejo na preostale prisotne v razredu.

Učenci z eksperimentalnim delom usvajajo nova spoznanja. V splošnih ciljih učnega načrta za fiziko je

med drugim zapisano naj učenci sistematično odkrivajo pomen eksperimenta pri spoznavanju in preverjanju fizikalnih zakonitosti ter naj načrtujejo in izvajajo preproste poskuse. Uporabljajo naj strokovne spletne strani. Čeprav je pomnjenje nekaterih fizikalnih dejstev še vedno pomembno, se povečuje potreba po obvladovanju instrumentov, orodij in postopkov, s katerimi lahko izbiramo, obdelujemo in uporabljamo podatke. Pouk fizike omogoča udejanjanje mnogih kompetenc, na primer kompetenco digitalne pismenosti razvijamo z uporabo sodobne digitalne tehnologije (DT), tudi s simulacijami pojavov z interaktivnimi računalniškimi animacijami; sporazumevanje v tujih jezikih razvijamo predvsem z uporabo računalniških programov in interaktivnih računalniških animacij v tujem jeziku; socialna kompetenca

pa vključuje kompetenco varovanja zdravja in se razvija pri šolskih množičnih poskusih, pri čemer učenci pridobijo večšine varnega izvajanja poskusov, kar je posebej pomembno pri obravnavani učni enoti Električni tok.

Pri nekaterih operativnih ciljih je priporočljivo, da učenci cilje dosegajo z izvajanjem eksperimentov. Pri električnem toku so to poskusi, pri katerih spoznajo osnovne elemente električnega kroga, kjer uporabljajo dogovorjene znake za njegovo risanje. Samostojno izmerijo napetost na izviri in napetost na porabniku. S poskusi raziščejo zakonitosti električnega toka skozi zaporedno vezane upornike in zakonitosti porazdelitve napetosti na zaporedno vezanih upornikih. Prav tako raziščejo zakonitosti delitve toka skozi vzporedno vezane porabnike in spreminjanje toka skozi izvir, če se število vzporedno vezanih porabnikov povečuje, ter primerjajo napetost izvira z napetostjo na porabnikih.

Priprava na ocenjevanje

Ocenjevanje znanja je ugotavljanje in vrednotenje, koliko učenec dosegajo cilje oziroma standarde znanja iz učnih načrtov in se opravi po preverjanju znanja. Pri ocenjevanju znanja se osredotočimo na znanje, ne na neznanje.

Pri fiziki v osnovni šoli se znanje preverja in ocenjuje na različne načine, tudi s preverjanjem in ocenjevanjem eksperimentalnega dela. Ker je mogoče pouk popestriti z ustrezno programsko opremo, še posebej, če omogoča interaktivnost, jo s pridom uporabljamo. Seveda se zavedamo, da je uporaba digitalne tehnologije lahko le dopolnilo eksperimentiranju učencev, ne pa njegov nadomestek. V opisanem primeru bomo uporabili spletno aplikacijo PhET (slika 1).

Osnovna šola Križe ima odlično opremljen kabinet za fiziko, za kar gre zahvala zlasti prejšnjim učiteljicam

fizike in ravnateljici, ki je omogočala nakupe. Dovolj imamo pripomočkov za izvajanje šolskih množičnih poskusov. Pri električnem toku so to šolski malo-napetostni izviri (ŠMI), analogni in digitalni merilni instrumenti, vezne žice, grla za žarnice, stikala, žarnice, upori ...

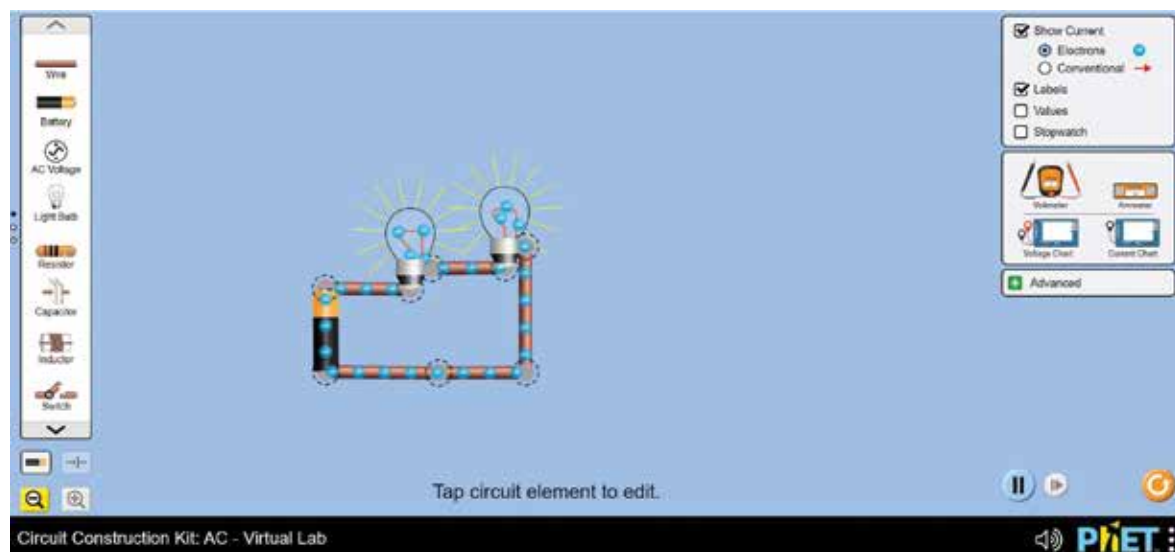
Pri elektriki skušamo pouk pripraviti tako, da skoraj vsako uro učenci samostojno eksperimentirajo. Pri eksperimentiranju imajo pomoč učitelja in laboranta, ki skrbi predvsem za varnost. Že po nekaj urah znajo sami poskrbeti za ustrezne pripomočke in na koncu eksperimentiranja tudi pospraviti. Ves čas se učijo risati električne sheme in samostojno uporabljati simulacije na telefonih. Učenci OŠ Križe v šoli ne smejo uporabljati telefonov, razen za pouk. Ker jih učimo uporabljati zavestno osredotočenost in poskušamo zmanjšati večopravnost, zlorab telefona med poukom v druge namene praktično ni.

Ko preverimo, da znajo vsi učenci samostojno ponoviti poskus, se pripravimo na ocenjevanje. Učence seznanimoz vprašanji in kriteriji ocenjevanja (slika 2).

Izvedba ocenjevanja

Pripravimo pripomočke za izvajanje poskusov in delovna mesta, na katerih se bo ocenjevalo. Ocenjujemo po štiri učence hkrati. Vsak dobi svoj ocenjevalni list. Pripravljenih imamo osem različnih ocenjevalnih listov, tako da učenci, ki so istočasno ocenjevani, rešujejo vsak svoje naloge. Ocenjevalni listi so pripravljeni tako, da vsebujejo notranjo diferenciacijo. Pri tem smo posebej pozorni na učence s specifičnimi učnimi težavami in na nadarjene učence (slika 3 in 4).

Tak način ocenjevanja je časovno ugoden, saj učenci za eksperimentalno delo potrebujejo največ petnajst minut, tako da je mogoče v dveh šolskih urah oceniti najmanj 24 učencev.



Slika 1: Primer uporabe spletne aplikacije PhET.

Kriteriji ocenjevanja

Standardi znanja, ki se preverjajo
Učenec:

1. skrbi za urejenost delovnega prostora, za lastno varnost in varnost drugih ter varnost opreme
2. **načrtno opazuje pojave in zapisuje opažanja**
3. **po navodilih izvede fizikalne poskuse ter ustrezno zabeleži dogajanja in meritve**
4. izbere ustrezne pripomočke (vključno z DT) in jih pravilno uporabi
5. **izmeri vrednosti izbranih fizikalnih količin, jih ustrezno zapiše z merskim številom in enoto**
6. pri delu uporabi osnovno matematično znanje
7. primerja dejanske rezultate z napovedmi in ugotavlja ujemanje
8. predstavi nova vprašanja, ki so se mu porajala med poskusom
9. **nariše preprost električni krog, pri čemer uporabi dogovorjene simbole**
10. **ve, da je enota za električni tok amper in da ga merimo z ampermetrom**
11. **ve, da je enota za napetost volt in da jo merimo z voltmetrom**
12. ve, da pri isti napetosti izvira večje število zaporedno vezanih porabnikov zmanjša tok skozi njega
13. ve, da je pri zaporedni vezavi na uporniku z večjim uporom večja napetost
14. ve, da zaradi večjega števila vzporedno vezanih porabnikov povečuje skupni tok skozi njega ob stalni napetosti izvira
15. loči vzporedno in zaporedno vezavo porabnikov v električnem krogu
16. za vezavo elementov v električnem krogu uporabi vzporedno in zaporedno vezavo in upošteva njune zakonitosti
17. uporabi ampermeter za merjenje toka
18. **uporabi voltmeter za merjenje napetosti izvira in napetosti na porabniku**
19. **zna vezati zaporedno več porabnikov**
20. **zna vezati vzporedno več porabnikov**

Meje za ocene

Nzd (1)	Zd (2)	Db (3)	Pdb (4)	Odl (5)
do 49 %	50–64 %	65–79 %	80–89 %	90–100 %
do 9 tč.	10–12 tč.	13–15 tč.	16–17 tč.	18–20 tč.

Slika 2: Kriteriji ocenjevanja znanja in meje za ocene. Odebeljeno so označeni minimalni standardi znanja.

Zaključek

V osnovni šoli pri fiziki je eksperimentiranje pomemben del učnega procesa. Učenci izvajajo eksperimente samostojno v skupinah s pomočjo ustnih ali pisnih navodil. Pri eksperimentiranju imajo ves čas na razpolago pomoč učitelja in laboranta. Učenci so med eksperimentiranjem zelo motivirani, le redko prihaja do poškodb opreme, ker so pri delu zelo zbrani.

Ko so eksperimentiranja dovolj večji, se opravi ocenjevanje znanja. Ker so vprašanja in kriteriji ocenjevanja dobro znani in ker so eksperimentiranje dovolj vadili, ocenjevanje zanje ni stresno. Med ocenjevanjem so sproščeni, mirni, potrpežljivi, dihaajo normalno, nimajo vlažnih dlani in niso živčni. Preostali učenci v razredu brez težav opravljajo svoje naloge.

Ocenjevanje eksperimentalnega dela

V električni krog zaporedno veži dve enaki žarnici na izvir enosmerne napetosti. Izmeri električni tok, ki ga poganja vir napetosti. Izmeri električni tok, ki teče skozi žarnico. Izmeri električno napetost na viru napetosti. Izmeri električno napetost na žarnicah.

- Nariši shemo vezave. _____ / 2
- Sestavi simulacijo vezave. _____ / 2
- Pripravi pripomočke za izvedbo poskusa. _____ / 2
- Nastavi ŠMI. _____ / 2
- V električni krog zaporedno veži dve enaki žarnici. _____ / 2
- Nastavi merilni instrument za merjenje električnega toka. _____ / 2
- Izmeri električni tok, ki ga poganja vir napetosti. _____ / 2
- Izmeri električni tok, ki teče skozi prvo žarnico. _____ / 1
- Katero zakonitost električnega toka si pri tem ugotovil? _____ / 1
- Nastavi merilni instrument za merjenje električne napetosti. _____ / 2
- Izmeri električno napetost na viru napetosti. _____ / 2
- Izmeri električno napetost na drugi žarnici. _____ / 1
- Katero zakonitost električne napetosti si pri tem ugotovil? _____ / 1
- Predstavi novo vprašanje, ki se ti je porajalo med poskusom. + _____ / 2

Slika 3: Primer ocenjevalnega lista za nadarjene učence.

Čeprav ocenjujemo poskuse, hkrati preverjamo tudi teoretično znanje. Po Bloomovih taksonomskih stopnjah tako pridemo tudi do analize in sinteze znanja. Učenci so zadovoljni, saj praviloma dobivajo zelo dobre ocene, kar pa je velika spodbuda za nadaljnje delo.

Žal z vsako novo generacijo ugotavljamo, da so učenci motorično bistveno manj sposobni, prav tako imajo manj izkušenj iz vsakdanjega življenja.

Ocenjevanje eksperimentalnega dela

V električni krog zaporedno veži dve enaki žarnici na izvir enosmerne napetosti. Izmeri električni tok, ki ga poganja vir napetosti. Izmeri električni tok, ki teče skozi žarnico. Izmeri električno napetost na viru napetosti. Izmeri električno napetost na žarnicah.

- Nariši shemo vezave. _____ / 2
- Sestavi simulacijo vezave. _____ / 2
- Pripravi pripomočke za izvedbo poskusa. _____ / 2
- Nastavi ŠMI. _____ / 2
- V električni krog zaporedno veži dve enaki žarnici. _____ / 2
- Nastavi merilni instrument za merjenje električnega toka. _____ / 2
- Izmeri električni tok, ki ga poganja vir napetosti. _____ / 2
- Izmeri električni tok, ki teče skozi prvo ž žarnico. _____ / 2
- Nastavi merilni instrument za merjenje električne napetosti. _____ / 2
- Izmeri električno napetost na viru napetosti. _____ / 2
- Izmeri električno napetost na drugi žarnici. _____ / 2

Slika 4: Primer ocenjevalnega lista za učence z učnimi težavami.

Ocenjevanje eksperimentalnega dela v 9. razredu je dobro sprejeto, zato razmišljamo, da bi podobno ocenjevali še v 8. razredu. Najprimernejši vsebini za vrednotenje eksperimentalnega dela bi bili gostota in tlak. Ocenjevanje bi lahko pripravili tako, da bi bilo še bolj diferencirano. Učenci z učnimi težavami bi že znane poskuse zgolj ponovili. Najboljšim učencem bi zastavili le vprašanje, oni pa bi sami zasnovali ter izvedli poskuse in nato iz izmerjenih vrednosti izračunali iskane količine.

Viri

1. Krek, J., Hodnik Čadež, T., idr. (2008). *Učitelj v vlogi raziskovalca*, Pedagoška fakulteta Univerze v Ljubljani.
2. Elkin, A. (2014). *Obvladovanje stresa za telebane*, Pasadena.
3. https://www.gov.si/assets/ministrstva/MVI/Dokumenti/Osnovna-sola/Ucni-nacrti/obvezni/UN_fizika.pdf (10. 10. 2024)
4. <https://phet.colorado.edu/en/simulations/circuit-construction-kit-ac-virtual-lab> (10. 10. 2024)

Alternativno vrednotenje znanja pri predmetu fizika

Alternative Assessment in Physics

Tilen Fidler

Srednja zdravstvena in kozmetična šola Maribor

Izvleček

Vrednotenje eksperimentalnega dela z ustreznimi povratnimi informacijami za učence in dijake pri pouku fizike je ključnega pomena za celovito razumevanje snovi in razvoj kritičnih miselnih sposobnosti. Eksperimentalno delo omogoča učencem ter dijakom aktivno sodelovanje pri procesu učenja, spodbuja radovednost ter omogoča povezavo med teoretičnim znanjem in praktičnimi izkušnjami. Klasične metode ustnega in pisnega ocenjevanja, ki se osredotočajo predvsem na razumevanje konceptov, lahko dopolnimo z vključevanjem ocenjevanja eksperimentalnega dela, kar omogoča bolj celovito in realistično oceno znanja. Z ustrezno uporabo vrednotenja eksperimentalnega dela lahko učitelji spodbudijo večjo angažiranost in motivacijo učencev ter prispevajo k boljšemu razumevanju fizikalnih konceptov tako v osnovni kot tudi v srednji šoli.

Ključne besede: eksperimentalno delo, kognitivne sposobnosti, medpredmetne povezave, metode ocenjevanja, vrednotenje

Abstract

Evaluation of experimental work with appropriate feedback for students in physics lessons is crucial for a comprehensive understanding of the subject and for developing critical thinking skills. Experimental work allows students to participate in learning actively, fosters curiosity, and facilitates the connection between theoretical knowledge and practical experience. Traditional methods of oral and written assessments, which primarily focus on understanding concepts, can be complemented by an evaluation of experimental work, providing a more comprehensive and realistic assessment of knowledge. By utilising experimental work evaluation appropriately, teachers can encourage greater engagement and motivation among students, contributing to a better understanding of physical concepts in elementary and secondary schools.

Keywords: experimental work, cognitive abilities, cross-curricular connections, assessment methods, evaluation

1 Uvod

Fizika je znanost, ki proučuje, kako delujejo stvari v vesolju. Obravnava vse, od najmanjših delcev, kot so kvarki, do ogromnih galaksij v vesolju. Fizika nam pomaga razumeti, zakaj se stvari premikajo, kako med seboj delujejo sile in zakaj svet deluje tako, kot deluje. Po televiziji in na spletu so na voljo dokumentarni filmi o raznih temah s področja fizike, ki pritegnejo milijone ljudi, v šoli pa je fizika običajno eden izmed manj priljubljenih predmetov. Delni razlog za to je učni načrt in morda ravno klasični način ocenjevanja, ki ga uporabljamo za vrednotenje znanja.

2 Klasično ocenjevanje pri predmetu fizike

Fizika je za učence in dijake osnovne šole zahtevna in spada na višjo taksonomsko stopnjo zaradi več razlogov, predstavljenih v nadaljevanju. Ocenjevanje znanja je zato toliko zahtevnejše, saj nekateri učenci in dijaki ne dosežejo niti minimalnih standardov, ki so potrebni za pozitivno oceno.

2.1 Abstraktni koncepti

Fizika se ukvarja z abstraktnimi koncepti in teorijami, ki jih še posebej učenci v zgodnji adolescenci težko razumejo. Abstraktno razmišljanje se nanaša na sposobnost razmišljanja o konceptih, idejah in odnosih prek konkretnih, oprijemljivih predmetov ali izkušenj, ki pa jih učenci kot dijaki v tej starostni skupini velikokrat še nimajo dovolj. Vključuje miselne procese, kot so sklepanje, reševanje problemov in razumevanje kompleksnih odnosov, ne da bi se zanašali izključno na konkretne primere. Abstraktno razmišljanje je bistvena kognitivna spretnost, ki se razvija postopoma, pri čemer otroci to sposobnost običajno začnejo kazati v zgodnji adolescenci in jo s popravljanjem nadaljujejo skozi odraslost. Abstraktno razmišljanje ima tudi ključno vlogo na različnih področjih, vključno z matematiko, znanostjo, filozofijo in umetnostjo. Posameznikom omogoča, da raziskujejo in razumejo kompleksne ideje onkraj območja neposrednih čutnih izkušenj [1].

2.2 Matematika pri pouku fizike

Fizika se močno opira na matematične enačbe za natančen opis fenomenov. Za razumevanje fizike v osnovni in srednji šoli so že potrebni dobro razumevanje vektorjev, ulomkov, preoblikovanje enačb, reševanje sistemov enačb ter razumevanje matematičnih simbolov in drugih pojmov. Če imajo učenci težave pri matematiki, preden spoznajo fiziko, bodo težave pri fiziki najverjetneje imeli tudi v srednji šoli. Razumevanje in uporaba teh matematičnih konceptov sta za večino učencev velik izziv. Medpredmetna povezava med fiziko in matematiko je glede na učni načrt obeh predmetov v Sloveniji zelo šibka [2].

2.3 Kritična miselnost

Fizika zahteva močne analitične in kritične miselne sposobnosti za reševanje problemov ter razumevanje osnovnih načel, kar predstavlja oviro pri mnogih učencih v osnovni šoli, saj možgani pri teh starostnih skupinah še niso dovolj razviti. Uporaba spomina je zelo pomembna, saj morajo učenci priklicati temeljna načela, zakone, enačbe in definicije v fiziki. Čeprav ta raven predstavlja nižje miselne procese, je temeljna za višje ravni kognitivnih procesov v fiziki. To vključuje razlago pojavov, tolmačenje podatkov in dokazovanje razumevanja snovi. Učenci morajo nato svoje razumevanje konceptov fizike uporabiti za reševanje problemov in obravnavanje realnih situacij. Učenci morajo uporabiti svoje znanje v novih kontekstih in pokazati sposobnost prenosa učenja na nove scenarije. V srednji šoli pa se to samo še stopnjuje [3].

3 Eksperimentalno delo

Upeljevanje eksperimentalnega dela je potrebno, da lahko učenci in dijaki razumejo osnove fizikalnih procesov. Eksperimentiranje je temeljno za razumevanje in navigacijo učenca pri pouku fizike. Učenci in dijaki prek eksperimentiranja aktivirajo svoje čute, radovednost in kognitivne sposobnosti, da lažje razumejo koncepte fizikalnih načel, razvijajo spretnosti in dojemajo povezavo med teorijo in prakso.

Po televiziji in na spletu so na voljo dokumentarni filmi o raznih temah s področja fizike, ki pritegnejo milijone ljudi, v šoli pa je fizika običajno eden izmed manj priljubljenih predmetov.

Učenci in dijaki prek eksperimentiranja aktivirajo svoje čute, radovednost in kognitivne sposobnosti, da lažje razumejo koncepte fizikalnih načel, razvijajo spretnosti in dojemajo povezavo med teorijo in prakso.

3.1 Čutila

Vsi ljudje fiziko raziskujejo prek čutov, kot so vid, sluh, tip in vonj. Opazujejo barve, oblike, teksture, zvoke in vonjave. Čuti nam pomagajo razumeti značilnosti fizikalnih načel in njihove okolice.

3.2 Radovednost

Otroci so naravno radovedna bitja, ki jih žene želja po razumevanju neznane. Postavljajo vprašanja, iščejo odgovore in eksperimentirajo s pripomočki in pojavi, da bi zadovoljili svojo radovednost. Z raziskovanjem se učijo o vzročno-posledičnih odnosih in načelih, ki vladajo pri fizikalnih zakonih. Učenci in dijaki pri pouku raziskujejo z interakcijo.

Uporabljajo pripomočke, da odkrivajo fizikalne zakonitosti ter fizikalne lastnosti teles in snovi. Fizično raziskovanje pomaga pri razvoju motoričnih sposobnosti, prostorske zavesti in koordinacije pri nadaljnjem laboratorijskem delu.

3.3 Kognitivno raziskovanje

Učenci in dijaki se v kognitivno raziskovanje vključujejo z eksperimentiranjem, idejami, reševanjem problemov in razumevanjem svojih opazovanj in izkušenj. Srečajo se v vlogi raziskovalca, konstruirajo mentalne modele in preizkušajo hipoteze, ki so jih spoznali pri uri fizike [4]. Kognitivno raziskovanje spodbuja kritično mišljenje, ustvarjalnost in intelektualno rast. Na splošno je kognitivno raziskovanje ključni del človeškega razvojnega procesa, ki oblikuje njegovo razumevanje o predmetu. Spodbujanje in podpiranje eksperimentiranja spodbujata radovednost, učenje in rast skozi šolanje [5].

4 Vrednotenje eksperimentalnega dela

Tako otroci kot mladostniki kažejo naravno radovednost za svet okoli sebe, kar lahko prav učenje fizike naredi zabavno in zadovoljujoče. Eksperimentalni del fizike je pomemben del poučevanja v osnovni šoli, saj lahko z eksperimenti pritegnemo pozornost dijakov te starostne skupine. Klasično ocenjevanje se osredotoča predvsem na razumevanje konceptov, vendar bi bilo zaradi zgoraj navedenih razlogov smiselno vključiti tudi ocenjevanje eksperimentalnega dela. Zato je tudi pomembno, da se več pozornosti nameni eksperimentalnemu delu in da se to delo tudi ovrednoti, bodisi s samostojno oceno ali kot del ustnega in pisnega ocenjevanja. Učenec ali dijak lažje razume in pojasni poskus, ki ga je naredil med učno uro, kot pa razume vse druge koncepte teorije fizike, ki so mu bili predstavljeni brez eksperimentalnega dela. Pri ocenjevanju eksperimentalnega dela je pomembno uporabiti jasne kriterije, merila in metode ocenjevanja, ki zajemajo načrtovanje, izvedbo, zbiranje podatkov in analizo eksperimentov. Eksperimentalno delo bi na primer lahko bilo vključeno v ustno ali pisno ocenjevanje. Učenci in dijaki bi lahko opravljali eksperimente in nato pri ustnem ocenjevanju pojasnili svoje rezultate in ugotovitve. To bi omogočilo celovitejše ocenjevanje njihovega razumevanja fizikalnih konceptov [6]. Pri ocenjevanju znanja je treba ob načelih pedagoške stroke seveda upoštevati še zahteve učnega načrta za pouk fizike v osnovni in srednji šoli [7] ter pravilnika o ocenjevanju znanja [8].

4.1 Kriteriji vrednotenja eksperimentalnega dela

Ocenjevanje učencev in dijakov med eksperimentalnim delom v fiziki običajno vključuje ocenjevanje več vidikov njihovega dela in razumevanja. Priprava: ocenimo lahko, kako dobro se je dijak pripravil na eksperiment. To vključuje razumevanje teoretičnih ozadij, pregled ustreznih konceptov in seznanjenost s postopkom eksperimenta. Učencu zagotovimo konstruktivne povratne informacije, ki poudarjajo njegove močne točke in področja za izboljšanje. Spodbudi se refleksija njegovega dela in ponudijo se usmeritve, kako izboljšati svoje veščine pri prihodnjih eksperimentih. Določiti moramo jasna ocenjevalna merila ali rubrike, ki obravnavajo pričakovanja za vsak vidik eksperimentalnega dela. To pomaga zagotoviti poštenost in doslednost ocenjevanja. Nekateri kriteriji so predstavljeni v nadaljevanju [9].

Učenci in dijaki se z raziskovanjem učijo o vzročno-posledičnih odnosih in načelih, ki vladajo pri fizikalnih zakonih.

Določiti moramo jasna ocenjevalna merila ali rubrike, ki obravnavajo pričakovanja za vsak vidik eksperimentalnega dela. To pomaga zagotoviti poštenost in doslednost ocenjevanja.

4.1.1 Eksperimentalna tehnika

Oceni se sposobnost natančnega in varnega izvajanja eksperimenta. Upoštevati moramo dejavnike, kot so pravilno ravnanje z opremo, spoštovanje varnostnih protokolov in natančnost meritev.

4.1.2 Zbiranje podatkov

Oceni se kakovost podatkov, zbranih med eksperimentom. Iščeta se natančnost in doslednost podatkov, ki jih je učenec ali dijak zbral.

4.1.3 Analiza podatkov

Oceni se sposobnost analize podatkov, pridobljenih iz eksperimenta. Ocenita se razumevanje ustreznih matematičnih in statističnih tehnik ter njegova interpretacija rezultatov.

4.1.4 Kritično razmišljanje

Oceni se veščina kritičnega razmišljanja med izvajanjem eksperimenta. To vključuje njegovo sposobnost prepoznavanja virov napak, predlaganja izboljšav eksperimentalne postavitve in oblikovanje pomembnih zaključkov na osnovi podatkov.

4.1.5 Komunikacija

Preveri se, kako učinkovito dijak komunicira o svojih ugotovitvah. To vključuje jasnost pisnih ali ustnih poročil, organizacijo podatkov in rezultatov ter uporabo ustreznih znanstvenih izrazov.

4.1.6 Reševanje problemov

Ocenijo se veščine reševanja problemov, ki jih je dijak pokazal med izvajanjem eksperimenta. To lahko vključuje njegovo sposobnost odpravljanja težav pri eksperimentu, prilagajanja nepričakovanim izzivom in uporabo teoretičnega znanja v praktičnih situacijah.

Zgoraj naštetе kategorije od 4.1.1 do 4.1.6 lahko najdemo v učnem načrtu za pouk fizike v osnovni šoli [7] med splošnimi cilji.

4.2 Vrednotenje eksperimentalnega dela med ustnim in pisnim ocenjevanjem

Vrednotenje znanja se nanaša na proces ocenjevanja razumevanja in sposobnosti pri določenem predmetu ali področju učenja, v tem primeru fizike. Ta proces vključuje uporabo različnih metod za pridobivanje informacij o tem, koliko in kako dobro učenec ali dijak obvlada gradivo. Vrednotenje znanja v fiziki je ključno za zagotavljanje učinkovitega poučevanja in za zagotavljanje, da dijaki pridobijo potrebno znanje in veščine za uspeh pri predmetu [10]. H klasičnemu ustnemu ali pisnemu ocenjevanju lahko zdaj dodamo še dodatna vprašanja, ki se nanašajo na eksperimentalno delo. Primer klasičnega ocenjevanja bi bil: dijak odgovori na tri teoretska vprašanja in reši dve računski nalogi pred tablo. Njegovo znanje se ovrednoti glede na število točk, ki jih je dosegel z odgovori na ta vprašanja [11].

5 Alternativno vrednotenje znanja

Primer alternativnega vrednotenja znanja vključuje tudi vrednotenje eksperimentalnega dela. Vrednoti se tako, da se na učenca ali dijaka izvaja minimalni pritisk. Proces poteka takole: učenec ali dijak na belem listu papirja dobi eno vprašanje iz eksperimentalnega dela, eno vprašanje iz teorije ter dve računski nalogi, eno nižje taksonomske stopnje in eno višje taksonomske stopnje. Vsa štiri vprašanja so lahko med seboj povezana.

Preprost primer, ki sem ga izvajal na osnovni šoli, je bilo preverjanje znanja, pri katerem je učenec razložil, kako deluje influenčni stroj. Učenec razloži, da ima influenčni stroj več vrtečih se diskov, ki se ob vrtenju dotikajo in drgnejo ob kovinske krtačke. Trenje povzroči, da se na diskih nabere električni naboj. To je podobno, kot ko z roko drgneš balon in ga nabiješ z električnim nabojem. Na diskih se postopoma kopiči čedalje več električnega naboja, ki se

Vrednotenje znanja v fiziki je ključno za zagotavljanje učinkovitega poučevanja in za zagotavljanje, da dijaki pridobijo potrebno znanje in veščine za uspeh pri predmetu.

potem prenese na določene dele stroja, kjer se shrani (kondenzator). Ko se nabere dovolj naboja, lahko preskoči iskra med dvema deloma stroja. Ko učenec izvede eksperiment, dobi dodatno podvprašanje, kaj je kondenzator, kakšno vlogo ima v influenčnem stroju in kje vse ga uporabljamo. Na Srednji zdravstveni in kozmetični šoli v Mariboru pa od dijakov zahtevam nekoliko višjo raven razumevanja, saj jih veliko izbere študij radiologije in podobno.

Dijak izvede in razloži eksperiment enako kot v osnovni šoli ter dodatno izračuna še napetost prek prebojne razdalje. To izvede tako, da zmanjšuje razdaljo med ploščama (če uporablja ploščate kondenzatorje), dokler ne opazi preboja (iskre). S kljunastim merilom izmeri razdaljo (d), nato pa uporabi znano vrednost prebojne električne jakosti zraka ($E = 3 \cdot 10^6 \frac{V}{m}$). Z enačbo

$$U = E \cdot d \quad (1)$$

tako izračuna napetost med ploščama. Naslednji račun višje taksonomske stopnje bi nato bil izračun kapacitivnosti kondenzatorja in energije, ki se shrani v kondenzatorju. Dijak nadaljuje eksperiment tako, da z ravnilom izmeri premer plošče ter izračuna njeno ploščino (S). Z upoštevanjem dielektrične konstante vakuumu ($\epsilon_0 \approx 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m}$) zdaj izračuna kapacitivnost (C) kondenzatorja

$$C = \epsilon_0 \cdot \frac{S}{d} \quad (2)$$

in energijo (W)

$$W = \frac{1}{2} CU, \quad (3)$$

shranjeno na kondenzatorju iz predhodno izračunanih podatkov. Iz teh izmerjenih in izračunanih podatkov je mogoče izračunati še preostale količine.

Namesto da dijak stoji pred tablo, naloge rešuje v klopi pred učiteljem (če želi, lahko tudi pred tablo). Če so učenci ali dijaki ocenjeni pred celotnim razredom, lahko na oceno vpliva tudi stopnja samozavesti. Nekateri dijaki občutijo večji pritisk in anksioznost, ko so ocenjeni pred razredom, in to negativno vpliva na njihovo uspešnost in rezultat. Na koncu je pomembno, da učitelji in profesorji upoštevajo individualne potrebe in preference svojih učencev in dijakov pri določanju najboljšega pristopa k ocenjevanju, saj želimo poiskati znanje in ne neznanja.

Učenec ali dijak se v miru pripravi in odgovori na vprašanja ter reši naloge. Odgovore in rešitve nato predstavi učitelju ali profesorju, ko je pripravljen, ter razloži, kako je prišel do danega rezultata. Medtem ko rešuje naloge, ga izpraševalec lahko opozori ali popravi, da lahko naloge uspešno dokonča. Ker je vključeno tudi ustno preverjanje znanja, naj ima učenec ali dijak možnost postaviti vprašanja in podvprašanja, če potrebuje dodatno pomoč. Nato naj se mu pomaga z nasveti in temu primerno dodeli tudi oceno.

Pri vrednotenju eksperimentalnega dela se upošteva tudi, kako dobro je bil eksperiment izveden, vključno z natančnostjo in natančnostjo meritev, upoštevanjem varnostnih protokolov ter sposobnostjo učinkovitega sledenja eksperimentalnim postopkom. Upošteva naj še natančnost in celovitost podatkov, zbranih med eksperimentom, pa tudi, ali so bila uporabljena ustrezna orodja in tehnike za zbiranje podatkov ter ali je bilo zbranih dovolj podatkovnih točk za podajanje pomembnih zaključkov. Oceniti se lahko tudi sposobnost analize podatkov, vključno z uporabo ustreznih matematičnih izračunov, statističnih metod (če je ustrezno) in grafičnih prikazov za analizo in interpretacijo rezultatov [12].

6 Zaključek

Učenci in dijaki v osnovni in srednji šoli se srečujejo z razumevanjem fizike in vrednotenjem tega razumevanja. Soočajo se z naravo fizikalnih konceptov, medpredmetnimi povezavami in pomembnostjo eksperimentalnega dela pri spodbujanju razumevanja in vrednotenja znanja.

Svoje kognitivne sposobnosti, ki vplivajo na njihovo sposobnost razumevanja abstraktnih idej, razvijajo skozi eksperimentalno delo in spoznavajo vlogo učenja ob eksperimentiranju pri povezovanju teoretičnih konceptov s praktičnimi aplikacijami v resničnem svetu, zato je

Učenci in dijaki svoje kognitivne sposobnosti, ki vplivajo na njihovo sposobnost razumevanja abstraktnih idej, razvijajo skozi eksperimentalno delo in spoznavajo vlogo učenja ob eksperimentiranju pri povezovanju teoretičnih konceptov s praktičnimi aplikacijami v resničnem svetu.

pomembno, da se eksperimentalno delo ovrednoti kot individualno oziroma samostojno področje. Tako bi učitelji bolje ovrednotili razumevanje in spretnosti dijakov. Z obravnavanjem teh izzivov in s poudarkom na praktičnem eksperimentiranju lahko učitelji v osnovni šoli izboljšajo angažiranost in razumevanje fizikalnih konceptov pri učencih in dijakih.

Viri

- [1] Hestenes, D., Wells, M., in Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*, 30(3), 141–158. <https://doi.org/10.1119/1.2343497>
- [2] Redish, E. F. (2005). Problem Solving and the Use of Math in Physics Courses. *American Journal of Physics*, 73(5), 433–436. <https://doi.org/10.1119/1.1845981>
- [3] Paul, R., in Elder, L. (2006). *Critical thinking: Learn the tools the best thinkers use*. Pearson Education.
- [4] White, R. T. (1996). The link between the laboratory and learning. *International Journal of Science Education*, 18(7), 761–774. <https://doi.org/10.1080/0950069960180703>
- [5] Gopnik, A., Meltzoff, A. N., in Kuhl, P. K. (1999). *The scientist in the crib: Minds, brains, and how children learn*. William Morrow.
- [6] Millar, R. (2004). The role of practical work in the teaching and learning of science. *High School Science Laboratories: Role and Vision*, 1, 59–69. <https://doi.org/10.17226/11311>
- [7] Verovnik, I., idr. (2011). *Program osnovna šola, FIZIKA, Učni načrt* https://www.gov.si/assets/ministrstva/MVI/Dokumenti/Osnovna-sola/Ucni-nacrti/obvezni/UN_fizika.pdf (2. 9. 2024)
- [8] *Pravilnik o preverjanju in ocenjevanju znanja ter napredovanju dijakov v osnovni šoli*, <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=PRAV11583> (2. 9. 2024)
- [9] Kovačič, G., in Jereb, E. (2012). *Fizika za srednje šole*. DZS.
- [10] National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>
- [11] Black, P., in Wiliam, D. (1998). Assessment and Classroom Learning. *Assessment in Education: Principles, Policy in Practice*, 5(1), 7–74. <https://doi.org/10.1080/0969595980050102>
- [12] Nicol, D. J., in Macfarlane-Dick, D. (2006). Formative assessment and self-regulated learning: A model and seven principles of good feedback practice. *Studies in Higher Education*, 31(2), 199–218. <https://doi.org/10.1080/03075070600572090>



Eksperimentalno delo pri obravnavi električnih vezij

Electric Circuits Experiments

mag. Primož Susman

Osnovna šola Brezovica pri Ljubljani

Izvleček

V prispevku je opisana vključitev eksperimentalnega dela v pouk fizike v devetem razredu s poudarkom na učni snovi elektrika. Ker želi avtor kot učitelj v osnovni šoli fiziko približati učencem in jih za ta predmet bolj motivirati pa tudi navdušiti, je natančneje predstavil nekatere primere eksperimentalnega dela, ki jih uporablja pri pouku, in opisal postopke njihovega ocenjevanja.

Ključne besede: eksperiment, elektrika, samostojno delo, fizika

Abstract

The article describes experimental work in the ninth-grade physics classroom, focusing on electricity. As a teacher, the author strives to make physics more accessible to students while motivating and inspiring them so that, in his classes, students are provided with detailed examples of experimental work. Finally, the author considers the assessment of such work.

Keywords: experiment, electricity, independent work, physics

Uvod

Kot učitelj fizike se velikokrat znajdem v stiski, saj težko razumem učence. Eno uro so vsi vedoželjni in želijo slišati vse o črnih luknjah, manipulaciji tlaka za morebitno naselitev planetov ipd., spet drugo uro pa ne znajo več niti pretvarjati merskih enot. Opazil pa sem, da je vsem učencem nekaj skupnega: to je želja po eksperimentiranju.

Med šolskim letom poskušam v pouk vključiti čim več poskusov. Pri pouku zato opravimo veliko eksperimentov, se o njih pogovorimo, učenci jih narišejo v zvezke. Z eksperimenti tudi spoznamo določene fizikalne zakone.

Eksperimentiranje

Elektrika je po mojem mnenju ena izmed takšnih tem v devetem razredu, kjer je mogoče učencem ogromno snovi razložiti ob eksperimentalnem delu.

Po končanem teoretskem sklopu o vrstah nabojev, naelektritvi, električnem toku in napetosti, kjer eksperimente izvedem frontalno: naelektritev palice, uklon vode s pomočjo naelektrene palice, uporaba elektroškopa, Van der Graaffov generator za naelektritev in vpeljavo napetosti – odboj med ploščami, je čas za samostojno eksperimentiranje in spoznavanje električnih krogov.

Elektrika je po mojem mnenju ena izmed takšnih tem v devetem razredu, kjer je mogoče učencem ogromno snovi razložiti ob eksperimentalnem delu.

V učnem načrtu za fiziko je zapisano:

»Učenje pojmov in dejstev naj bo čim bolj prepleteno z dejavnostmi učencev, eksperimentiranjem, manjšimi projektnimi nalogami in projektnim delom, ki vodi k razumevanju obravnavane snovi in usvajanju spoznavnih ter drugih ciljev.

Splošni cilji za učence so:

- sistematično odkrivajo pomen eksperimenta pri spoznavanju in preverjanju fizikalnih zakonitosti,*
- načrtujejo in izvajajo preproste poskuse in raziskave, obdelujejo podatke, analizirajo rezultate poskusov in oblikujejo sklepe,*
- preverjajo izide preprostih napovedi,*
- spoznavajo pomembnost povezovanja eksperimentalnega znanja s teoretičnim, analitičnim in sintetičnim razmišljanjem.« [1]*

Učenci so razdeljeni v trojice ali četverice. Učitelj lahko sam oblikuje skupine na podlagi njihovega znanja ali pa prepusti izbiro njim. Zdi se mi, da če skupino oblikujejo učenci sami, deluje veliko bolje. Izkazalo se je, da skupina s samimi fanti uspešnejše opravi eksperimentalni del. Prav tako velikokrat preseneti skupina, ki med poukom ne pokaže veliko teoretskega znanja, praktično jim pa gre. Vsaka skupina ima svoj komplet pripomočkov. Prvo uro izberejo »pripomočkarja« skupine, ki skrbi, da so pripomočki vedno pripravljeni in po končanem eksperimentalnem delu tudi pospravljeni (ta me pred začetkom izvedbe opozori, če kaj manjka). Če po opravljenem delu kaj ne dela ali kaj manjka, to opazijo šele v naslednjem razredu. Zato si zabeležim skupino (od prejšnje ure) in ji pri naslednji uri fizike naročim, naj po končanem pouku pridejo k meni na pogovor.

Potek ure

Pri prvi uri eksperimentiranja je prisoten tudi laborant, ki pomaga pri vezavah in spoznavanju pripomočkov. Učenci se razdelijo po skupinah, »pripomočkar« poskrbi za pripomočke, drugi v skupini pa pride po mapo z navodili.

Začnem z razlago šolskih malonapetostnih virov (ŠMI), kako jih uporabljamo, kakšna je naloga vsakega stikala, vrtljivega gumba in priključkov. Učenci vedno izvajajo eksperimente le z enosmernim tokom. Sledi razlaga pripomočkov v kompletih. Na prvi uri dobi vsaka skupina komplet, v katerem sta dve vezni žici, vezna plošča in različni vezni elementi, kot so vodnik, žarnica in vezna plošča.

Učenci poslušajo razlago in v škatli s pripomočki poiščejo omenjene elemente. Elemente postavljajo na vezno ploščo in sestavljajo električne kroge v skladu z navodili. Učencem med drugim razložim tudi, kaj so pogosti vzroki nedelujočih električnih krogov, npr. slab stik, ugasnjena varovalka na ŠMI-ju, slabo privita žarnica, zamenjani simboli na veznih elementih ipd. Če imajo težavo, jo najprej lahko sami poskusijo razrešiti in tako razvijajo iznajdljivost pri iskanju rešitev.

Točkovanje nalog

Razložim tudi način pridobivanja točk. Pri eksperimentalnem delu točkujem: urejenost delovnega mesta (ena točka), medsebojno sodelovanje (ena točka) in pravilno vezavo elementov (dve točki). Vsaka dodeljena naloga ima različno število točk, tako dobijo točko za vsak pravičen odgovor na zastavljeno vprašanje in vsako pravilno narisano shemo električnega kroga. Povem jim, da bom med eksperimentiranjem hodil po razredu in si v rokovnik beležil njihovo (ne)delo. Če učenec ne dela, si to zapišem. Za vsako zabeleženo nedelo se posamezniku odbije ena točka. Med samim eksperimentiranjem z laborantom kroživa med skupinami in po potrebi pomagava. V primeru učiteljevega namiga (namigi so velikokrat ravno tisti, o katerih spregovorim prvo uro) se celotni skupini odbije točka. Če je kateri izmed učencev v skupini preglasen ali ne dela v skladu z navodili (igranje s pripomočki, nastavljanje prevelike napetosti ipd.), se mu odvzame možnost nadaljnjega eksperimentiranja in njegovo delo se oceni z nič točkami. Ta učenec nadaljuje raziskovanje električnega kroga teoretično z učbenikom in delovnim zvezkom. To se skoraj nikoli ne zgodi, saj učenci presodijo, da je omenjeni ukrep prehud.

Učitelj lahko sam oblikuje skupine na podlagi njihovega znanja ali pa prepusti izbiro njim. Zdi se mi, da če skupino oblikujejo učenci sami, deluje veliko bolje.

Točke učencem podeljujem za orientacijo o doseženem znanju, torej za namen preverjanja, kasneje pa tudi za ocenjevanje.

Primer učne ure o zaporedni vezavi

To uro bomo preverjali zaporedno vezavo enakih žarnic. V škatli s pripomočki bodo učenci našli vezno ploščo, vezne elemente, tri žarnice in ampermeter.

»Pripomočkar« skupine vstane in vzame svojo škatlo s pripomočki. Drugi razdelijo delovne liste [2].

Pri eksperimentih morajo učenci pokazati iznajdljivost in praktično uporabo prej pridobljenega znanja ob branju navodil. V skupini se učenci posvetujejo, preden zapišejo odgovore na zastavljena vprašanja. Vzdušje v razredu je lahko glasnejše kot pri rednih urah, vendar je to po navadi dober znak, da učenci v svojih skupinah sodelujejo in diskutirajo.

Če se pri delu pojavi težava pri sestavljanju električnega kroga, sem jim na voljo, vendar se učencem za vsak učitelj namig odbije ena točka za eksperimentalne veščine. Njihova naloga je biti samostojen in s pomočjo sošolcev odkriti nastalo težavo ter jo tudi smiselno odpraviti. Če je napaka takšna, da je učenci ne bi mogli sami odkriti (nedelujoči pripomočki ipd.), se točka po presoji učitelja ne odbije.

Med eksperimentiranjem sam hodim po razredu in si beležim njihovo delo v rokovnik. Če učenec ne dela, to zabeležim. Med eksperimentiranjem jih večkrat opominim na preostali čas. Nalogo morajo dokončati pet minut pred koncem šolske ure, da lahko zadnjih pet minut namenimo pospravljanju učilnice in pripomočkov.

Ko učenci zaključijo eksperiment, »pripomočkar« poskrbi, da se pripomočki vrnejo na prvotno mesto, drugi v skupini pa odda liste v temu namenjeno mapo.

Pregledam, ali je vse res na svojem mestu in ali so ŠMI-ji izklopljeni.

Zaključek

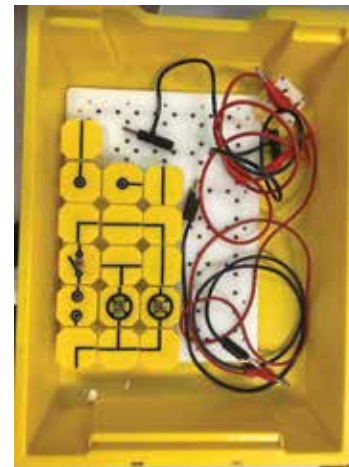
Pri tej temi vsako uro učenci opravijo eno eksperimentalno nalogo. Nekatere naloge so krajše, zato preostanek ure namenimo spoznavanju nove snovi ali utrjevanju.

Naloge sproti pregledujem in vračam učencem, sam pa si tudi zabeležim njihov napredek oz. uspeh.

Eksperimentalno delo je pomemben del pouka fizike zaradi izkušenj, ki jih učenci ob tem pridobijo. Ne pridobijo samo fizikalnega znanja, temveč tudi kompetence, kot so praktične veščine, sodelovanje, iskanje informacij, samokritičnost ipd., ki jim bodo služile vse življenje. Z eksperimentalnim delom lahko odpravijo svoje napačne predstave o fizikalnih pojmi, ki so pri fiziki zelo pogoste.

Eksperimentalno delo zahteva ogromno dela učitelja, vendar je največja nagrada oz. pohvala iznajdljivost učencev in navsezadnje njihov pozitiven pristop k fiziki.

Delovni listi in potek pouka so nastali ob pomoči mentoric na različnih šolah, za kar se jim najlepše zahvaljujem.



Slika 1: Pripomočki.

Eksperimentalno delo je pomemben del pouka fizike zaradi izkušenj, ki jih učenci ob tem pridobijo. Ne pridobijo samo fizikalnega znanja, temveč tudi kompetence, kot so praktične veščine, sodelovanje, iskanje informacij, samokritičnost ipd., ki jim bodo služile vse življenje.

Viri

- [1] Učni načrt za fiziko v osnovni šoli. Spletni vir:
https://www.gov.si/assets/ministrstva/MVI/Dokumenti/Osnovna-sola/Ucni-nacrti/obvezni/UN_fizika.pdf (10. 1. 2024)
- [2] Fizika 9, i-učbenik za fiziko v 9. razredu OŠ. *Električni tok*. Spletni vir:
<https://eucbeniki.sio.si/fizika9/193/index1.html> (10. 1. 2024)

Ime in priimek: _____

Razred: 9 _____

VAJA – ZAPOREDNA VEZAVA

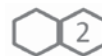
Sestavi boš električni krog z dvema žarnicama, med seboj boš primerjal njihovo svetilnost in meril električne tokove skozi žarnice. Če žarnica sveti zelo močno, pri nalogi obkroži 5, če sveti zelo šibko, pa 1.

Potrebuješ tri žarnice, vezne žice, vir napetosti (nastavi na 5 V in ga med eksperimentiranjem ne spreminjaj) in ampermeter.

Navodila:

- a) Sestavi električni krog z eno žarnico in nariši shemo vezave.

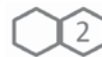
Svetlost žarnice (ustrezno obkroži): 5 4 3 2 1



- b) Sestavi električni krog, kjer bosta dve žarnici vezani zaporedno, in nariši shemo vezave. Označi tudi, katera je žarnica 1 in katera žarnica 2.

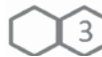
Svetlost žarnice 1 (ustrezno obkroži): 5 4 3 2 1

Svetlost žarnice 2 (ustrezno obkroži): 5 4 3 2 1



- c) Izmenično odvij posamezne žarnice, ko so priklopljene na vir napetosti. Najprej odvij prvo žarnico in opazuj, kaj se zgodi. Privij jo nazaj. Enako naredi tudi za drugo žarnico.

Kaj se zgodi, ko odvijesh žarnico?



Ali je pomembno, katero žarnico odvijesh?

DA NE

Zakaj ugasne druga žarnica, ko odvijesh prvo?

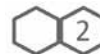
VAJA – ZAPOREDNA VEZAVA – MERJENJE TOKA

Navodila:

- a) Sestavi električni krog z eno žarnico in izmeri električni tok.

Nariši shemo vezave in odčitaj električni tok.

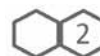
Električni tok je: _____



- b) Sestavi električni krog, kjer bosta dve žarnici vezani zaporedno, in izmeri električni tok.

Nariši shemo vezave in odčitaj električni tok.

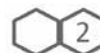
Električni tok je: _____



- c) Sestavi električni krog, kjer bodo tri žarnice vezane zaporedno, in izmeri električni tok.

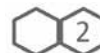
Nariši shemo vezave in odčitaj električni tok.

Električni tok je: _____

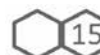


Na podlagi meritev odgovori na spodnja vprašanja:

Ali je velikost električnega toka odvisna od števila žarnic v vezavi? Če je odgovor da, kako?



Napovej, kako bi svetilo vezje s štirimi enakimi žarnicami.

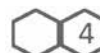


Dosežene točke in eksperimentalne veščine:

urejenost delovnega mesta ____/1 T,

medsebojno sodelovanje ____/1 T in

pravilna vezava elementov ____/2 T.



Potovanje med ozvezdji južnega neba z GoChile

A Journey Among the Constellations of the Southern Sky

Damjan Kobale

Osnovna šola Hajdina

Izvleček

Z GoChile – pedagoško-raziskovalnim projektom Centra za astrofiziko in kozmologijo Univerze v Novi Gorici in astronomske revije *Spika* – sem raziskoval in snemal objekte globokega vesolja na južni polobli ter posnel astrofotografije. Končne astrofotografije prikazujejo objekte globokega vesolja na južni polobli, in sicer kroglaste kopice, razsute kopice, refleksijske in emisijske meglice, planetarne meglice ter galaksije. Projekt GoChile je edinstven prav v tem, da učencem v osnovni šoli omogoča opazovanje objektov globokega vesolja na daljavo ob podpori učitelja.

V ta namen sem učencem pri izbirnem predmetu Zvezde in vesolje predstavil posamezne faze snemanja s teleskopom. Fotografije, ki jih učenec sam posname in izdela, so zanj neprecenljive. Tako pridobljeno znanje bogati mlade raziskovalce nočnega neba. Predstavljene astrofotografije sva posnela in obdelala avtor članka ter Nik Vintar, nadarjeni učenec iz 9. razreda OŠ Hajdina.

Ključne besede: slovenski teleskop v Čilu, daljinsko upravljanje teleskopa in opreme, astronomska opazovanja, objekti globokega vesolja, astrofotografija

Abstract

Through the GoChile pedagogical research project of the Faculty of Natural Sciences, Center for Astrophysics and Cosmology, University of Nova Gorica, and the astronomical magazine *Spika*, I have been researching and capturing deep sky objects in the southern hemisphere of the Earth and producing astrophotographs. The final astrophotographs depict deep sky objects in the southern hemisphere of the Earth, including globular clusters, open clusters, reflection and emission nebulae, planetary nebulae, and galaxies. The GoChile project is unique in that it allows primary school students to observe deep sky objects remotely with the support of a teacher. For this purpose, I introduced students in the elective subject Stars and Space to the various phases of telescope imaging. The photographs taken and processed by the students themselves are invaluable to them and enrich the knowledge of young researchers of the night sky. The presented astrophotographs were taken and processed by the author of the article and Nik Vintar, a talented 9th-grade student from Hajdina Primary School.

Keywords: Slovenian telescope in Chile, astronomical observations, remotely controlling telescope and equipment, deep sky object, astrophotography.

Uvod

GoChile je nekomercialni izobraževalni projekt, ki ga vodita Center za astrofiziko in kozmologijo Univerze v Novi Gorici in astronomska revija *Spika* [1, 4]. Gre za prvi slovenski robotski teleskop, ki je nameščen v observatoriju El Sauce v puščavi Atakama v Čilu [2] ($-30,472^\circ$ južne zemljepisne širine, $-70,765^\circ$ zahodne zemljepisne dolžine) (slika 1).

Projekt GoChile predstavlja 400-milimetrski zrcalni teleskop GoT1 z goriščnim razmerjem $f/6,5$ in optičnim

sistemom tipa Ritchey-Chrétien ter na njem pritrjeni 72-milimetrski lečni teleskop GoT2 z goriščnim razmerjem $f/5,6$ (slika 2). Teleskopa sta krmiljena na daljavo in namenjena astronomskemu raziskovanju ter opazovanju južnega neba. Vsa opazovanja sem izvedel s teleskopom GoT1.

Namen raziskovanja s projektom GoChile je razvoj digitalnih kompetenc pri učencih ter spoznavanje prvih korakov raziskovalnega procesa pri astronomskem opazovanju objektov globokega vesolja na južni polobli.



Slika 1: Observatorij El Sauce v puščavi Atakama v Čilu.



Slika 2: Teleskopa GoT1 in GoT2 v puščavi Atakama v Čilu.

Teleskop GoT1 in vsa dodatna oprema, ki je nameščena v Čilu, sta avtomatizirana; to omogoča daljinsko upravljanje vseh operacij iz Slovenije in spremljanje opazovalnih razmer (vsenebna kamera, kamera observatorija, model oblačnosti, satelitska animacija vremenskih razmer, trenutno zvezdno nebo). Puščava Atakama s temnim nebom, minimalno zračno vlago in več kot tristo jasnimi nočmi na leto je izjemna lokacija [1].

Metoda raziskovalnega dela astrofotografije zajema več stopenj, in sicer:

- načrtovanje opazovanja,
- priprava teleskopa GoT1,
- snemanje s teleskopom GoT1,
- obdelava fotografij.

Načrtovanje opazovanja

Po uspešni rezervaciji termina se je treba na opazovanje pripraviti. Za to sem uporabil program Stellarium, s katerim sem izbral objekte, primerne za opazovanje [3].

V programu izberemo navpična zavijhka za nastavitev kraja ter datuma in časa načrtovanega opazovanja. Pri opazovanju s teleskopom projekta GoChile so namreč vidna ozvezdja južnega neba. Poiskal sem nekaj zanimivih objektov globokega vesolja, ki sem jih želel posneti in obdelati.

Predhodno je treba še preveriti trenutne vremenske razmere in napovedi v puščavi Atakama prek satelitskih radarskih slik, modela oblačnosti in vsenebne kamere na observatoriju.

Dostopno na spletnem naslovu:

<https://gochile.si/vreme-kamere-podatki>.

Priprava teleskopa GoT1

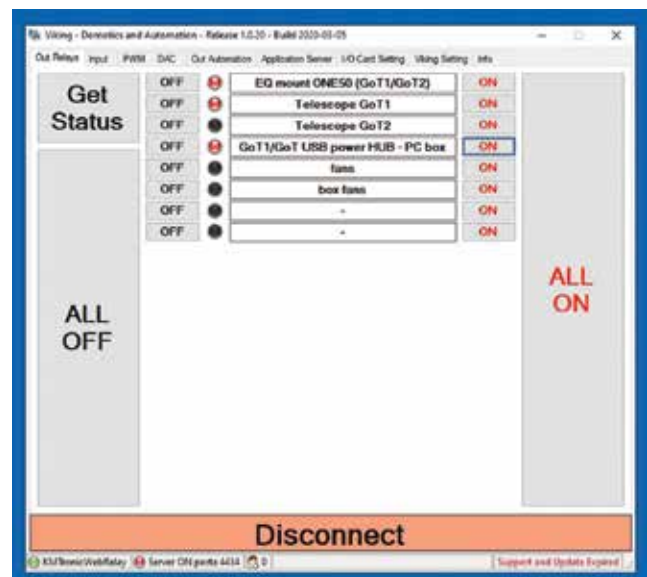
1. Prijava v nadzorni računalnik Vega

V nadzorni računalnik Vega se prijavimo v brezplačnem programu AnyDesk, ki si ga moramo namestiti na računalnik. ID za prijavo in geslo dobimo pri skrbniku.

2. Vklp teleskopa in kamer za snemanje ter vodenje na daljavo

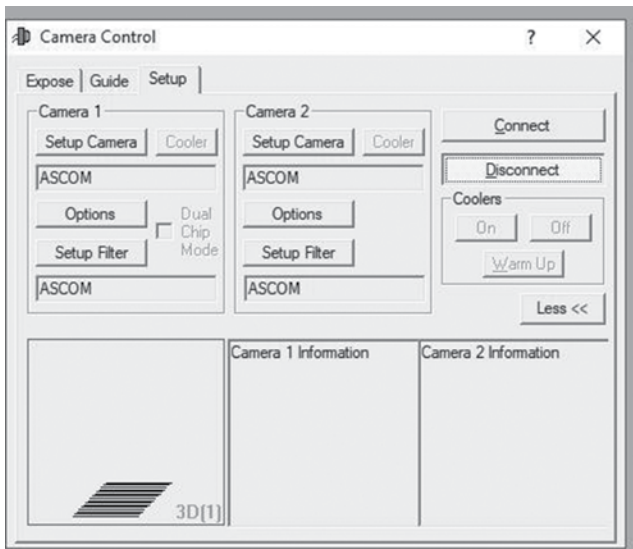
V programu Viking vklopimo teleskop GoT1 in vse naprave, ki so povezane z njim (slika 3).

V programu MaximDL izberemo kamero ASI6200 in ustrezno filtrsko kolo za teleskop GoT1 s sedmimi filtri. To so štirje širokopasovni filtri: L (luminance), ki prepušča spekter vidne svetlobe, R (red), ki prepušča rdečo svetlobo, G (green), ki prepušča zeleno svetlobo, B (blue), ki prepušča modro svetlobo, dva ozkopasovna filtra: H α , ki prepušča vodikovo Balmerjevo črto H α (656,28 nm), ter OIII (500,7 nm), ki prepušča dvakrat ionizirani kisik (amaterski astronomi ga označujejo kot O $_3$), zadnji pa je tako imenovani filter D, tj. temna ploščica, ki ne

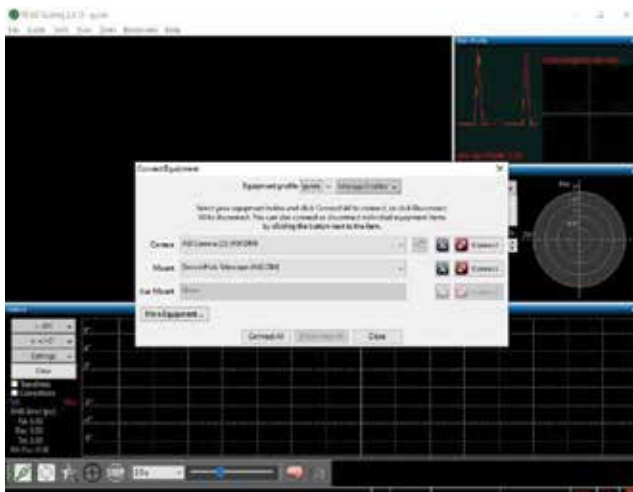


Slika 3: Vklp naprav za teleskop GoT1.

prepušča svetlobe (slika 4). Kamera za snemanje in filtersko kolo sta nameščena na teleskopu GoT1. V programu PHD Guiding izberemo še kamero ASI174 za natančnejše vodenje teleskopa prek izbrane zvezde vodnice. Tu je treba vpisati goriščno razdaljo teleskopa, tj. 2600 mm [5] (slika 5). Dostopno na spletnem naslovu: <https://gochile.si/navodila>.



Slika 4: Program MaximDL – nastavev kamere za snemanje in filterskega kolesa s sedmimi filtri za teleskop GoT1.



Slika 5: Vklp kamere ASI174 za natančnejše vodenje teleskopa v programu.

Snemanje s teleskopom GoT1

Pri snemanju na daljavo s teleskopom uporabljamo programe, ki nadzirajo premikanje teleskopa ter poiščejo in snemajo objekte. V programu Voyager (slika 6) opazujemo in snemamo posamezno sekvenco, tj. zaporedje ukazov izbranega objekta, zato najprej izberemo in aktiviramo ustrezen profil GoT1. Program poveže vse naprave iz predhodnih nastavev programov Maxim DL in PHD Guiding.

Pri snemanju vsake sekvence vnesemo v polje:

- ime objekta: npr. NGC 3372, sistem bo samodejno našel koordinate izbranega objekta;
- filtre: LRGBH α OIII;
- čas osvetlitve posnetka: 30 sekund ali 60 sekund;
- število posnetkov: 20 za posamezni filter.

Sekvenco lahko shranimo v ustrezno mapo na računalniku.

Kamero predhodno ohladimo na -10° C. Ko poženemo sekvenco, se prične snemanje na monokromatsko hlajeno kamero CMOS ASI6200MM Pro. Program samodejno krmili teleskop in ves čas imamo popoln pregled nad snemanjem prek komandnega in statusnega panela. V komandnem panelu so ročne komande, s katerimi upravljamo teleskop, rotator polja in fokuser. V statusnem panelu pa spremljamo povratne informacije o tem, kaj se z našim teleskopom ali sekvenco trenutno dogaja. Kontroliramo lahko koordinate, operacije, ki se izvajajo, podatke o fokusu, hlajenju kamere, snemanju signala kamere, začetku in predvidenem koncu sekvence, trenutku vzhoda, kulminacije in zahoda opazovanega objekta, začetku in koncu astronomske noči (slika 6).

Na koncu posnamemo še kalibracijske posnetke teme (DARK), ravnega polja (FLAT) in ničle (BIAS). Ničla korigira elektroniko, ker detektor pokaže naključen signal tudi takrat, ko ne snemamo. Tema korigira napako termičnega šuma, ker temperatura senzorja ni 0 K. Ravno polje pa korigira različno občutljivost točkovnih elementov na senzorju in nečistoče, ki se naberejo na optiki in kameri. Temo in ničlo posnamemo s filtrom D, tj. ploščico, ki ne prepušča svetlobe. Pri snemanju ravnega polja pa posnamemo nebo pred nočjo ali zjutraj za vsak filter posebej. Pri vseh treh vrstah kalibracijskih posnetkov naredimo po 20 slik, čas osvetlitve je pri ničli najmanjši (~ 0 s), pri temi enak kot pri snemanju posnetkov in pri ravnem polju pa tolikšen, da signal ni prešibek ali prenasičen [11].



Slika 6: Program Voyager za snemanje s teleskopom GoT1.

Obdelava posnetkov

Obdelava posnetkov je razdeljena na dva sklopa. S programom AstroPixel Processor [6] posnetke poravnamo

in združimo v eno samo sliko po posameznih filterih. Program PixInsight [7] pa posamezne signale LRGB združi v eno barvno fotografijo.

AstroPixelProcessor (APP) je specializirani program za obdelavo astrofotografij, ki ponuja številne funkcije za izboljšanje kakovosti astronomskih slik.

Obdelava posnetkov v programu Astro Pixel Processor poteka po posameznih fazah, in sicer:

1. **LOAD:** naložimo vse posnetke, ki smo jih posneli po posameznih filterih **LRGBH α OIII**.
2. **CALIBRATE:** naložimo kalibracijske posnetke teme, ničle in ravnega polja, da zmanjšamo šum.
3. **ANALYSE STAR:** detektira lego zvezd in analizira zvezde po posameznih filterih **LRGBH α OIII**. Slike nato razvrsti po kakovosti in izbere najboljše delež posnetkov, ki ga določimo.
4. **REGISTER:** poravna vse slike po posameznih filterih glede na položaje zvezd na referenčni sliki.
5. **NORMALIZE:** prilagodi svetlost in barvno ravnovesje vsem slikam po posameznih filterih.
6. **INTEGRATE:** združi vse poravnane posnetke v en sam posnetek po posameznih filterih **LRGBH α OIII**.

Sestavljeno sliko shranimo v formatu fits (slika 7).



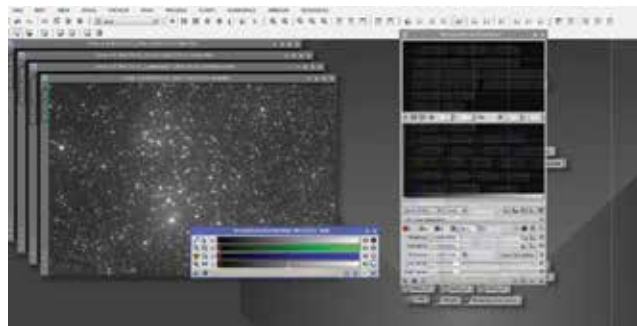
Slika 7: Obdelava razsute kopice Škatla draguljev v programu AstroPixelProcessor.

V zadnjem koraku vse sestavljene posnetke po posameznih filterih v formatu fits naložimo v program PixInsight [7–10]. PixInsight je platforma, prilagojena potrebam astronomov, in ponuja specializirana orodja za obdelavo astrofotografij [9]. Na voljo je za operacijske sisteme Linux, macOS in Windows. Pri obdelavi astrofotografij, kjer so podrobnosti pogosto skrite v šibkih signalih, uporabimo nelinearne algoritme, ki prilagodijo nivoje sivine na sliki v danem filteru na nelinearen način in tako prikažejo šibke strukture, ki so sicer očem nevidne (slika 8).

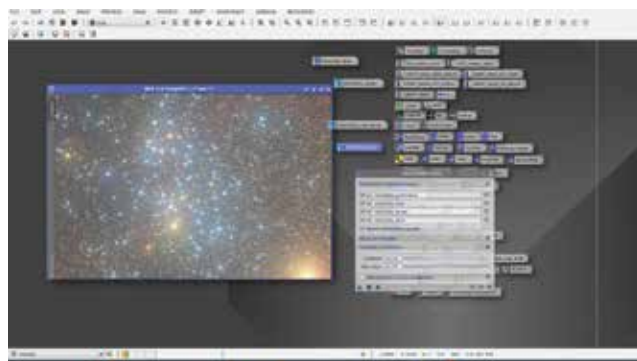
Funkcija LRGB [8] v PixInsightu je ključna za obdelavo astrofotografij, saj omogoča združevanje posameznih

barvnih signalov LRGB v sestavljeno barvno astrofotografijo. Uporabimo orodje LRGB Combination in ustvarimo barvno astrofotografijo (slika 9).

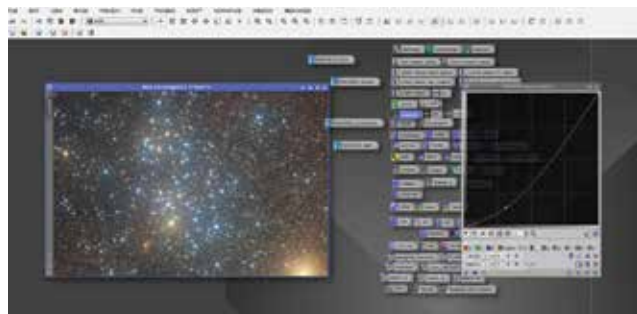
Z uporabo orodij Curves Transformation (CT) in Histogram Transformation (HT) pa prilagodimo svetlost, kontrast in barvno nasičenost sestavljene barvne fotografije [10] (slika 10).



Slika 8: Nelinearna transformacija nivojev sivine kopice Vodnjak želja (NGC3532) pri obdelavi fotografije LRGB.



Slika 9: Primer sestavljene barvne fotografije kopice Vodnjak želja (NGC2352) iz filtrov LRGB.



Slika 10: Prilagoditev svetlosti, kontrasta in barvne nasičenosti sestavljene barvne fotografije kopice Vodnjak želja (NGC 3532).

Objekti globokega vesolja

Učenec iz 9. a Osnovne šole Hajdina, Nik Vintar, je pri urah, ki so v razširjenem programu šole namenjene astronomiji, izbral objekte globokega vesolja, proučil njihove lastnosti, jih posnel s teleskopom GoT1 in obdelal v barvne astrofotografije. Predstavljeni sta po dve avtorski astrofotografiji učitelja in učenca.

Meglica Gredelj z oznako NGC 3372 (Carina Nebula)



Slika 11: Meglica Gredelj (NGC 3372), posneta 28. 1. 2023 s kamero ASI6200MM Pro + in filtri LRGBH α . Čas osvetlitve 30 sekund. (Foto: N. Vintar)

Meglica Gredelj, prikazana na sliki 11, je od nas oddaljena približno 8500 svetlobnih let. V meglici je več razsutih kopic z mladimi, vročimi zvezdami. Najslavnejša je nedvomno Eta Gredlja – sistem vsaj dveh zvezd, od katerih bo ena verjetno kmalu eksplodirala kot supernova.

Kopica Vodnjak želja z oznako NGC 3532 (Wishing Well Cluster)



Slika 12: Kopica Vodnjak želja (NGC 3532), posneta 19. 2. 2023 s kamero ASI6200MM Pro + in filtri LRGB. Čas osvetlitve 60 sekund. (Foto: N. Vintar)

Kopica Vodnjak želja, prikazana na sliki 12, je svetla razsuta kopica, ki se nahaja približno 1321 svetlobnih let daleč v južnem ozvezdju Gredelj. Kopica je sestavljena iz približno 400 zvezd, od katerih so mnoge dvojne zvezde. Najsvetlejše so zvezde sedme magnitude. Ocenjena starost je približno 300 milijonov let, torej je srednje stara v primerjavi z drugimi odprtimi zvezdnimi kopici. Astronomi so v kopici zaznali sedem rdečih orjakinj in sedem belih pritlikavk.

Razsuta zvezdna kopica Škatla draguljev z oznako NGC 4755 (Jewel Box)



Slika 13: Škatla draguljev (NGC 4755), posneta 2. 12. 2021 s kamero ASI6200MM Pro + in filtri LRGB. Čas osvetlitve 60 sekund. (Foto: D. Kobale)

NGC 4755, prikazana na sliki 13, je razsuta zvezdna kopica v ozvezdju Južnega križa in spada med najmlajše znane razsute zvezdne kopice, saj je njena starost ocenjena na 14 milijonov let. Velika je približno 20 svetlobnih let in vsebuje nekaj več kot sto zvezd. Najsvetlejše zvezde so nadorjakinje. Ena od osrednjih zvezd kopice je rdeča nadorjakinja in je obdana z masivnimi modrimi zvezdami. Te masivne mlade zvezde bodo najverjetneje v naslednjih nekaj milijonih let eksplodirale kot supernove.

Kentaver A z oznako NGC 5128 (Centaurus A)



Slika 14: Kentaver A (NGC 5128), posneta 26. 12. 2022 s kamero ASI6200MM Pro + in filtri LRGB. Čas osvetlitve 30 sekund. (Foto: D. Kobale)

Kentaver A, prikazan na sliki 14, je eliptična galaksija, oddaljena 11 milijonov svetlobnih let. Je najbližja galaksija z aktivnim galaktičnim jedrom: črna luknja, v katero bi lahko spravili milijardo Sonc, neprestano požira okoliško snov, pri tem pa v vesolje seva svetlobo v celotnem elektromagnetnem spektru (od radijskih valov do sevanja gama). Galaksija je rezultat trka dveh galaksij.

Zaključek

Projekt GoChile ima zame velik pomen pri raziskovanju vesolja in v kontekstu izobraževanja, saj poučujem izbirni predmet astronomija v vseh treh sklopih. Mladi si danes pri izbirnem predmetu astronomije želijo predvsem izvedbe astronomskih večerov in opazovanja s teleskopom. Projekt GoChile je edinstven prav v tem, da

učencem že v osnovni šoli omogoča opazovanje vesolja na daljavo ob podpori učitelja. Tako učenci pridobijo veliko izkušenj. Fotografije, ki jih učenec posname sam, so zanj neprecenljive in to znanje bogati mlade raziskovalce nočnega neba.

Veliko prednosti pri delu s teleskopom vidim v tem, da je vesolje mogoče opazovati praktično vsak dan v letu – nebo v puščavi Atakama, kjer stoji teleskop GoT1, ima 300 jasnih noči na leto in ugoden časovni termin. Observatorij El Sauce v Čilu je v časovnem pasu, kjer velja čilski standardni čas (Chile Standard Time CLT), ki je štiri ure za univerzalnim časom, UTC–4. Od septembra do aprila, ko je v veljavi čilski poletni čas (CLST), pa tri ure, UTC–3. Projekt GoChile priporočam vsem učiteljem, ki poučujejo astronomijo v osnovnih in srednjih šolah.

Viri in literatura

- [1] *GoChile, slovenski teleskop v Čilu*, Atakama: Univerza v Novi Gorici in astronomska revija *Spika*. Dostopno na spletnem naslovu: <https://gochile.si/> (14. 9. 2024).
- [2] Observatorij El Sauce, puščava Atakama v Čilu. Dostopno na spletnem naslovu: <https://help.telescope.live/hc/en-us/articles/360002577798-El-Sauce-Observatory-Chile-CHI> (14. 9. 2024).
- [3] Stellarium: odprtokodni astronomski program. Dostopno na spletnem naslovu: <https://stellarium.org/> (14. 9. 2024).
- [4] Mihelčič, M. (2020). Projekt GoChile. *Spika*, XXVII (7–8), 306–309.
- [5] Mihelčič, M. (2020). Slikovni sistem projekta GoChile. *Spika*, XXVIII (11), 488–491.
- [6] AstroPixelProcessor: astronomski program. Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.astropixelprocessor.com/> (14. 9. 2024).
- [7] PixInsight: program za astrofotografijo, Puebla de Vallbona. Dostopno na spletnem naslovu: <https://pixinsight.com/> (14. 9. 2024).
- [8] PixInsight: Kombinacija LRGB. Dostopno na spletnem naslovu: https://www.theastrogeek.com/dark_sky_journal/pixinsight-lrgb-combine-tutorial (14. 9. 2024).
- [9] PixInsight: Skripti BlurXTerminator, StarXTerminator, NoiceXTerminator. Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.rc-astro.com/> (14. 9. 2024).
- [10] Keller, Warren A. (2018). *Inside PixInsight*. Cham: Springer Nature Switzerland AG.
- [11] Japelj, J. (2021). *Umerjanje astronomskih posnetkov*. Projekt GoChile.



(Foto: IJSO 2023)



Fizikalna eksperimentalna naloga na IJSO 2023

Physics Experimental Exam at IJSO 2023

dr. Barbara Rovšek

Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

Izvilleček

V prispevku je predstavljena fizikalna eksperimentalna naloga z 20. Mednarodne mladinske naravoslovne olimpijade (IJSO), ki je potekala decembra 2023 v Bangkoku na Tajskem. Tekmovanje ima tri dele, pri čemer je zadnji, eksperimentalni del, ekipni.

Ključne besede: naravoslovje, olimpijada, IJSO, eksperimentalna naloga, absorpcija svetlobe

Abstract

This paper presents a physics experimental problem from the 20th International Junior Science Olympiad (IJSO), held in Bangkok, Thailand, in December 2023. The competition consists of three parts, the practical part being a team competition.

Keywords: science, Olympiad, IJSO, experimental exam, light absorption

Uvod

V prvi letošnji številki *Fizike v šoli* [1] smo predstavili priprave na Mednarodno mladinsko naravoslovno olimpijado (IJSO), ki se je z delegacijo šestih slovenskih učenk in učencev (dijakinj in dijakov) ter treh vodij ekip udeležujemo od leta 2019 [2–4]. Tekmovanje ima tudi eksperimentalni del. Za razliko od obeh teoretičnih testov, kjer tekmujejo posamezniki, eksperimentalne naloge rešujejo ekipno. Ekipo sestavljajo trije člani (vsako sodelujočo državo lahko zastopata dve tričlanski ekipi). Naši tekmovalci se v obe ekipi razvrstijo po svojih željah.

Eksperimentalni test traja vsaj tri ure (čas trajanja določijo organizatorji vsako leto posebej). Sestavljajo ga vsaj tri eksperimentalne naloge, ki so različno naravoslovno obarvane: ena je fizikalna, druga kemijska in tretja biološka. Člani ekipe se vnaprej dogovorijo, katere naloge se bo kdo lotil; se pa lahko med testom posvetujejo in si pomagajo. Naloge običajno niso enako časovno zahtevne, in kdor prej konča s svojim delom, pomaga preostalima sotekmovalcema.

V tem prispevku je predstavljena fizikalna eksperimentalna naloga z zadnje, 20. Mednarodne mladinske na-

ravoslovne olimpijade, ki je potekala decembra 2023 v Bangkoku na Tajskem. Avtorji so v nalogi posrečeno prepletli vsebine iz električnih krogov in svetlobe.

Naloga bi lahko imela naslov »Absorpcija svetlobe v kolorimetru«. Ideja naloge, predstavljena v uvodu navodil, je bila, da tekmovalci spoznajo princip delovanja enostavne naprave, s katero lahko merimo koncentracijo obarvanih raztopin, tako napravo sestavijo in umerijo. Podobno napravo (spektrometer) so uporabili tudi pri kemijskem eksperimentu. Celotno v slovenščino prevedeno besedilo naloge, s tipkarskimi napakami vred, je na spletni strani [5], originalno angleško besedilo pa na spletni strani [6].

Eksperimentalna naloga

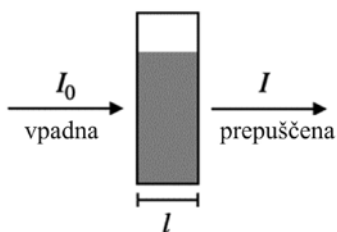
V kratkem teoretičnem uvodu eksperimentalne naloge je najprej predstavljena osnova delovanja te naprave, absorpcija svetlobe v merjenem vzorcu. Vzorec presvetlimo s svetlobo in merimo, koliko svetlobe prepusti. Za posamezni vzorec, v katerem merimo absorpcijo, definiramo količino, imenovano absorbanca (A),

$$A = \log_{10} \left(\frac{I_0}{I} \right), \quad (1)$$

kjer sta I_0 in I intenziteta vpadne in prepuščene svetlobe, prikazani na sliki 1. Izkaže se, da je absorbanca vzorca sorazmerna koncentraciji snovi, ki v vzorcu vpija svetlobo (c), in dolžini poti, ki jo svetloba v vzorcu opravi (l). Opisani sorazmernosti zajema Beer-Lambertov zakon,

$$A = \epsilon c l, \quad (2)$$

kjer je ϵ molarni absorpcijski koeficient.



Slika 1: Ob prehodu plasti vzorca z debelino l se intenziteta svetlobe zmanjša z začetne I_0 na končno I .

Poskus je bil sestavljen iz treh delov. Pri prvem delu so tekmovalci sestavili preprosto napravo za merjenje absorbance, kolorimeter, pri drugem delu so preučevali odvisnost absorbance od debeline vzorca in pri tretjem odvisnost od koncentracije barvila v vzorcu. V uvodu vsakega od treh delov poskusa so avtorji jasno zapisali cilje posameznega dela, kar daje tekmovalcem oporo. V vsakem trenutku jim lahko pogled na zapisane cilje pomaga pri osredotočanju na temo poskusa. (Kot ste učitelji, ki poučujete fiziko v osnovni šoli, gotovo opazili, zapišemo kratek cilj oziroma namen poskusa tudi na začetku vsake eksperimentalne naloge na državnem tekmovanju v znanju fizike za osnovnošolce.)

Tako so avtorji zapisali cilje treh delov fizikalnega poskusa:

1. del:

1. Povezava električnih elementov v električna kroga kolorimetra, kot prikazujeta shemi električnih krogov.
2. Merjenje osnovnih električnih količin v obeh krogih.

2. del:

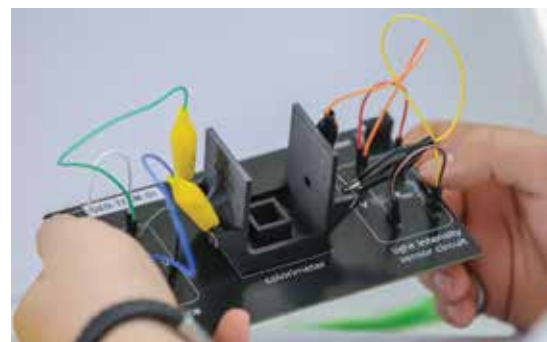
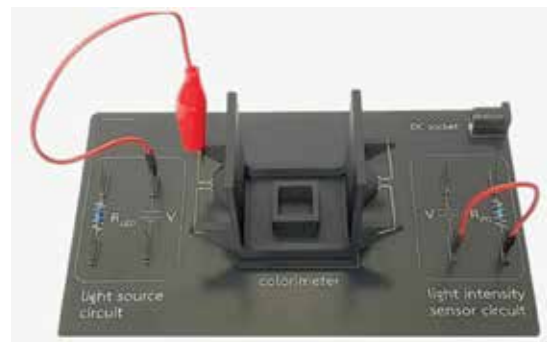
1. Merjenje absorbance sklada modrikastih akrilnih ploščic.
2. Določitev koeficienta sorazmernosti ϵ_{ac} modrega akrila, iz katerega so ploščice.

3. del:

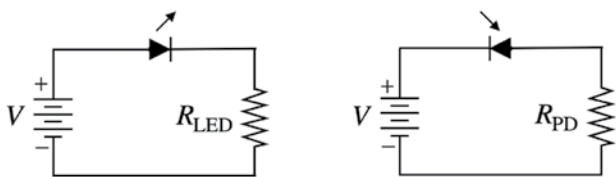
1. Merjenje absorbance raztopin rdečega barvila.
2. Umerjanje kolorimetra za določanje koncentracije barvila v neznanem vzorcu.

Prvi del poskusa: sestava naprave

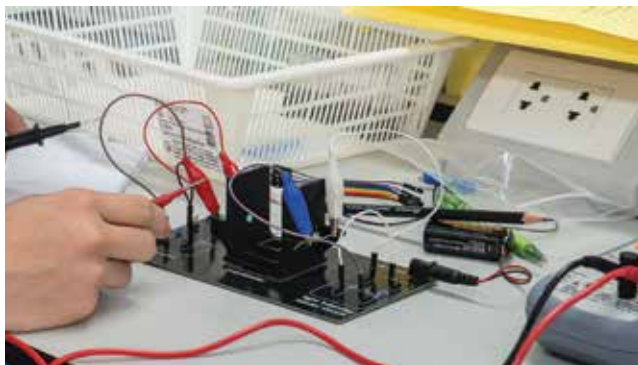
Iz elementov, naštetih med pripomočki, so tekmovalci najprej sestavili napravo, kolorimeter. Na ploščici s pritrjenimi električnimi elementi za dva med seboj nepovezana električna kroga (slika 2) so med seboj po shemah (slika 3) z veznimi žicami povezali ustrezne elemente in oba kroga priključili na isti vir napetosti (baterijo za 9 V). Prvi krog je vseboval svetlobni vir (LED), drugi krog pa fotodetektor (fotodiodo). Pri vezavi obeh diod (LED in fotodiode) so seveda morali paziti na ustrezno polariteto priključkov. Če so LED vezali pravilno, je svetila.



Slika 2: Ploščica z elementi obeh električnih krogov (vir napetosti, ki ga uporabijo v obeh krogih, upornika R_{LED} in R_{PD} , LED in fotodioda) in stojalom za vzorec (na sredini, črna plastika). (Foto: IJSO 2023)



Slika 3: Shema dveh električnih krogov: kroga z virom svetlobe, svetlečo diodo (LED), in kroga s fotodiodo (PD).



Slika 4: Merjenje napetosti na elementih v obeh krogih. (Foto: IJSO 2023)

V nadaljevanju so morali z digitalnim multimetrom izmeriti napetosti na vseh elementih v obeh krogih (bateriji, upornikih, LED in fotodiodi) ter iz podanih uporov uporabljenih upornikov in izmerjenih napetosti izračunati električni tok v obeh krogih.

Drugi del poskusa: odvisnost absorbance od dolžine poti (oziroma debeline vzorca)

V sestavljeni napravi zaznava svetlobo fotodioda. Iz navodil so tekmovalci izvedeli, da je električni tok i_{ph} , ki teče v krogu detektorja (fotodiode), sorazmeren intenziteti svetlobe I , ki vpada na fotodetektor. Ko upoštevamo še Ohmov zakon za upornik R_{PD} , ki je vezan v tem krogu, $U_{RPD} = i_{ph} \cdot R_{PD}$, ugotovimo, da velja $I = k \cdot U_{RPD}$, kjer je k sorazmernostna konstanta. Ker pa v absorbanci (1) nastopa le razmerje različnih intenzitet svetlobe, se k v razmerju pokrajša. V navodilih so avtorji eksplicitno zapisali, naj tekmovalci povsod v nadaljevanju naloge, kjer je omenjeno merjenje intenzitete svetlobe, dejansko izmerijo le napetost U_{RPD} .

Tekmovalci so morali v stojalo za vzorec po vrsti vstaviti $n = 0, 1, 2 \dots 5$ modro obarvanih akrilnih ploščic (slika 5) in v vsakem primeru z merjenjem napetosti U_{RPD} izmeriti intenziteto svetlobe, ki jo oddaja LED, prehaja celo skladovnico n ploščic in na koncu vpada na fotodiodo. Izmerke so vpisovali v tabelo, kjer so v enega od stolpcev tabele vpisovali skupno debelino ploščic v skladovnici, v

zadnji stolpec pa zapisali iz meritev izračunane vrednosti absorbance A_n , opredeljene z izrazom (1)

$$A_n = \log_{10} \left(\frac{U_{RPD,n=0}}{U_{RPD,n}} \right). \quad (3)$$



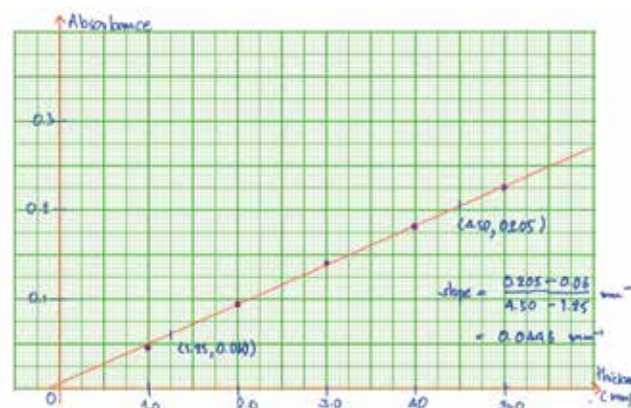
Slika 5: Modro obarvane akrilne ploščice. (Foto: Talal Al-Rashidi)

V nadaljevanju so narisali graf odvisnosti absorbance A od debeline akrilnih ploščic l , iz grafa pa določili vrednosti parametrov ϵ_{ac} in w , ki nastopata v Beer-Lambertovem zakonu za absorbanco (1),

$$A = \epsilon_{ac} \cdot l + w. \quad (4)$$

Parameter ϵ_{ac} iz enačbe (4) nima istega pomena (in enote) kot parameter ϵ v enačbi (2). Zaradi negotovosti meritev se je lahko v linearnem grafu absorbance v odvisnosti od debeline ploščic pojavil tudi konstantni člen w .

Na sliki 6 je graf absorbance v odvisnosti od debeline akrilnih ploščic iz uradnih rešitev eksperimentalne naloge (žal nimamo fotografije grafov, ki so ju iz meritev narisali naši tekmovalci).



Slika 6: Odvisnost absorbance od debeline akrilnih ploščic iz uradnih rešitev.

Tretji del poskusa: odvisnost absorbance od koncentracije raztopine barvila

V zadnjem delu poskusa so tekmovalci v stojalo za vzorec po vrsti vstavljali enako oblikovane kivete, ki so vsebovale raztopino rdečega barvila v različnih koncentracijah ($c_n = n \cdot 1,0 \text{ ppm}$, slika 7), in merili intenziteto

prepuščene svetlobe (napetost U_{RPD}). Absorbanco n -te kivete so iz meritev napetosti izračunali z enačbo (3), kjer $n = 0$ ustreza primeru, ko svetlobo absorbira kiveta, v kateri je čista voda (koncentracija barvila je 0 ppm). Izmerke in račune so vpisali v tabelo ter narisali graf, ki prikazuje odvisnost absorbance A od koncentracije rdečega barvila c (graf iz uradnih rešitev je na sliki 8). Absorbanca je premo sorazmerna s koncentracijo c (kot pove Beer-Lambertov zakon (1)), zapišemo lahko linearno zvezo

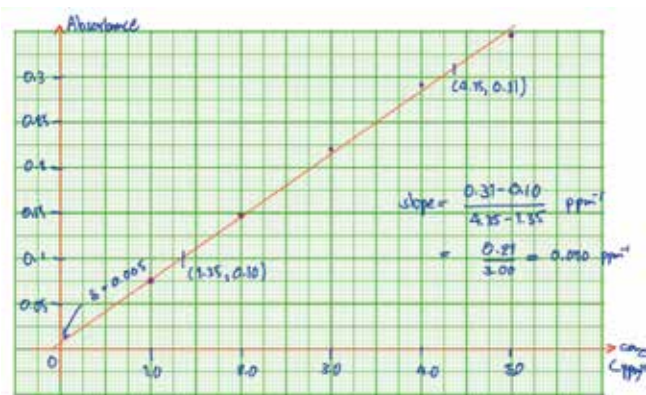
$$A = \epsilon_l \cdot c + \delta. \quad (5)$$

Oba parametra linearne funkcije $A(c)$ (enačba 5) so določili iz grafa. Parameter ϵ_l nima istega pomena (in enote) kot parameter ϵ v enačbi (2). Zaradi negotovosti meritev se je lahko v linearnem grafu absorbance v odvisnosti od koncentracije barvila pojavil tudi konstantni člen δ .



Slika 7: Kivete z raztopino rdečega barvila v različnih koncentracijah. (Foto: Mateja Golubič)

Narisan graf $A(c)$ je tudi umeritvena krivulja kolorimetra, ko ga uporabljamo kot napravo za merjenje koncentracije danega rdečega barvila v vodi v standardnih (uporabljenih) kivetah. V zbirki z $n + 1 = 6$ kivetami z raztopinami rdečega barvila v različnih znanih koncentracijah je bila tudi sedma kiveta X z neznano koncentracijo barvila c_X . Zadnje vprašanje, na katero so pri fi-



Slika 8: Graf absorbance v odvisnosti od koncentracije barvila (umeritvena krivulja kolorimetra) iz uradnih rešitev naloge.

zikalni eksperimentalni nalogi tekmovalci morali odgovoriti, je spraševalo po koncentraciji barvila v kiveti X . Z merjenjem intenzitete prepuščene svetlobe, izračunom absorbance A_X in odčitavanjem vrednosti iz umeritvene krivulje $A(c)$ so za konec določili neznano koncentracijo c_X .

Komentar absorbance

Zgodbo z absorpcijo svetlobe pri pouku fizike običajno začnemo teoretično: s tem, da povemo, da se v tanki plasti (kapljevine ali prozorne trdne snovi) z debelino Δl absorbira določen delež svetlobe oziroma energije, ki jo svetloba nosi. Na poti z dolžino Δl se zato intenziteta svetlobe I zmanjša za ΔI , ki je sorazmeren I in tudi (kratki) dolžini poti Δl . Razliko v intenziteti ΔI lahko zapišemo kot

$$\Delta I = -I\mu\Delta l, \quad (6)$$

kjer je μ absorpcijski koeficient snovi, ki vpija svetlobo in ima enoto m^{-1} . Z integracijo enačbe (6) ugotovimo, da se intenziteta svetlobe z opravljeno potjo l v snovi eksponentno zmanjšuje,

$$I = I_0 e^{-\mu l}. \quad (7)$$

Kakšna je zveza med absorpcijskim koeficientom μ in absorbanco A ? Kratka vaja iz logaritmiranja nam da zvezi

$$\mu = \epsilon c \ln 10 \text{ oziroma } A = \frac{\mu l}{\ln 10}. \quad (8)$$

Ker ta matematična vaja presega pričakovana matematična znanja povprečnega tekmovalca na IJSO (oziroma bi za reševanje zahtevala nekoliko več časa, kot je na voljo pri eksperimentalni nalogi), so se tekmovalci v uvodu naloge seznanili že kar z rezultatom oziroma definicijo absorbance, ki so jo v nadaljevanju uporabljali. Absorbanca (včasih jo nadomesti pojem ekstinkcija) je s svojo preprosto odvisnostjo od koncentracije topljenca (glej enačbo 2) količina, ki se uporablja pri kemijski analizi raztopin. Kot je očitno iz njene definicije (1), absorbanca nima enote.

Zaključek

V prispevku je bil predstavljen fizikalni del eksperimentalne naloge na 20. Mednarodni mladinski naravoslovni olimpijadi. Naloga ima teoretični uvod, kjer je vpeljan pojem absorbance, in tri praktične dele. V prvem praktičnem delu tekmovalci sestavijo merilno pripravo, ki jo uporabijo v drugem in tretjem delu, pri katerih merijo absorbanco v odvisnosti od debeline vzorca in koncentracije barvila v vzorcu.

Naši ekipi sta fizikalno eksperimentalno nalogo reševali zelo dobro. Od 13 mogočih točk jih je prva ekipa dosegla 12,7 (skoraj vse; nekaj desetink so izgubili – po našem mnenju neutemeljeno, a se ocenjevalci na moderaciji niso pustili prepričati – zaradi zapisa rezultatov z eno

pomembno števko preveč), druga pa 11,2. Druga ekipa je točke (tudi neupravičeno, po naši sodbi) izgubila, ker v pravilno narisanih grafih niso dovolj poudarjeno označili vnesenih mer-skih točk (tudi tu je bil izplen pogajanj z ocenjevalci slab).



Slika 9: Naši tekmovalci med reševanjem eksperimentalnih nalog. (Foto: IJSO 2023)

Viri

- [1] Rovšek, B. (2024). Mednarodna mladinska naravoslovna olimpijada, četrtič, *Fizika v šoli*, 29(1), 51–55.
- [2] Rovšek, B. (2020). Mednarodna juniorska naravoslovna olimpijada, *Presek*, 47(5), 27–29.
- [3] Rovšek, B., in Vaupotič, D. (2022). Priprave na mednarodno mladinsko naravoslovno olimpijado 2021, *Presek*, 49(4), 12–14.
- [4] Rovšek, B. (2023). Selection Process and Training of the Slovenian Team for IJSO: A Case Study, *GPG Journal of Science Education*, 4(2), 1–9.
- [5] V slovenščino prevedena eksperimentalna naloga <https://drive.google.com/file/d/1jNmVbobLq7W3D5CVqePuXjPdIOCCKwP/>
- [6] Teoretične in eksperimentalne naloge s preteklih olimpijad: <https://ijsoweb.org/downloads>

Rešitve treh nalog z IJSO 2023



Solutions to Three IJSO 2023 Tasks

dr. Barbara Rovšek

Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

Izvleček

V prispevku so obrazložene rešitve treh nalog izbirnega tipa, ki so bile sestavni del testa z nalogami izbirnega tipa na 20. Mednarodni mladinski naravoslovni olimpijadi (IJSO), ki je potekala decembra 2023 v Bangkoku na Tajskem.

Ključne besede: naravoslovje, olimpijada, IJSO, naloge izbirnega tipa, vzgon, indukcija

Abstract

The article explains the solutions of three multiple-choice tasks that were part of the multiple-choice exam at the 20th International Junior Science Olympiad (IJSO) held in Bangkok, Thailand, in December 2023.

Keywords: science, Olympiad, IJSO, multiple-choice tasks, buoyancy, induction

V prejšnji številki revije *Fizika v šoli* smo opisali Mednarodno mladinsko naravoslovno olimpijado (IJSO), priprave, ki jih organiziramo, in navedli primere treh nalog izbirnega tipa, ki jih je naša velespešna ekipa reševala na 20. IJSO decembra 2023 v Bangkoku na Tajskem [1]. V uvodu bomo za ogrevanje razložili sklepanje, ki vodi do pravilne rešitve naloge iz vzgona. V jedru članka se bomo na dolgo in široko posvetili kompleksni nalogi z indukcijo. V zaključku bomo zapluli v manj zahtevne vode preproste (a neintuitivne) kinematične naloge.

Naloga iz vzgona

Na sliki 1 je konceptualna naloga iz vzgona. Opiše zaporedje treh »poskusov«, ki bi jih lahko opravili z isto kroglo in s tremi različnimi kapljevini A , B in C z gostotami ρ_A , ρ_B in ρ_C . Iz izida prvega »poskusa« izvem, kolikšna je prostornina krogle: to je V_A . Iz izida drugega poskusa izvem, kolikšna je teža krogle F_g : kroglja plava, teža krogle F_g pa uravnovesi sila vzgona na kroglo $F_{v,B}$, ki je po velikosti enaka teži izpodrinjene kapljevine. Ker je v kapljevini B potopljen natančno pol krogle, je $F_{v,B} = \rho_B \frac{1}{2} V_A g$.

Ker kroglja plava tudi v kapljevini C , ugotovimo, da tudi tam teža krogle uravnovesi sila vzgona. Teža krogle se ob selitvi krogle iz kapljevine B v kapljevino C ne spremeni, iz česar sklepamo, da tudi v kapljevini C na kroglo deluje sila vzgona $F_{v,C} = F_g = F_{v,B} = \rho_B \frac{1}{2} V_A g$.

Pravilni odgovor je torej C. (Bonus: Iz izida prvega »poskusa« izvem, da je gostota snovi ρ , iz katere je kroglja, večja od gostote ρ_A kapljevine A . Iz drugega »poskusa« dodatno izvem, da je ρ enaka polovici gostote ρ_B kapljevine B . Iz tretjega »poskusa« pa izvem, da je gostota ρ_C kapljevine C , v kateri je potopljen večji del krogle kot v kapljevini B , manjša od gostote kapljevine B – in seveda večja od gostote snovi, iz katere je kroglja. Gostote kapljev in snovi, iz katere je kroglja, bi lahko uredili: $\rho_A < \rho < \rho_C < \rho_B$.)

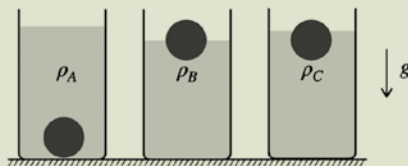
Razlaga sklepanja, ki vodi do pravilne rešitve naloge iz vzgona.

Ko kroglo spustimo v kapljevino z gostoto ρ_A , se krogla potopi do dna, kot prikazuje slika na levi. Krogla pri tem izpodrine prostornino kapljevine V_A .

Ko isto kroglo spustimo v kapljevino z gostoto ρ_B , krogla v njej plava potopljena do polovice, kot prikazuje slika v sredini.

Ko isto kroglo spustimo v kapljevino z gostoto ρ_C , krogla v njej plava, kot prikazuje slika na desni.

Kolikšna je sila vzgona na kroglo, ko plava v kapljevini z gostoto ρ_C ?



- A. $\rho_C V_A g$ B. $\frac{1}{2} \rho_A V_A g$ C. $\frac{1}{2} \rho_B V_A g$ D. ni dovolj podatkov

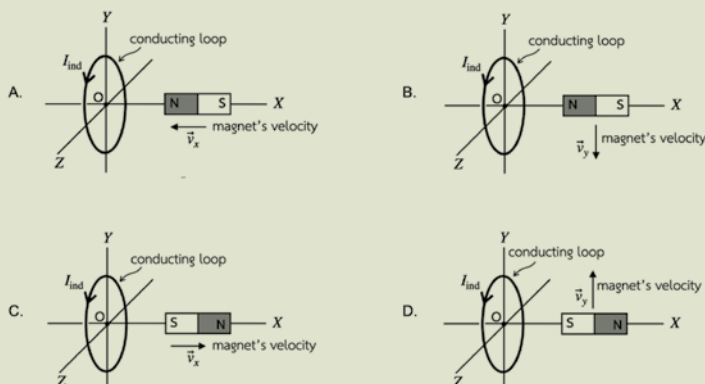
Slika 1: Konceptualna fizikalna naloga iz vzgona z IJSO 2023.

Na eni od slik je **napačno** prikazana smer električnega toka I_{ind} inducirane v prevodni zanki. Na kateri?

(Prevodna zanka leži v ravnini y-z, inducirani tok pa teče v nasprotni smeri urinega kazalca, če na zanko gledamo od strani, kjer je $x > 0$.)

magnet's velocity = hitrost magneta

conducting loop = prevodna zanka



Slika 2: Konceptualna fizikalna naloga iz indukcije z IJSO 2023.

Naloga iz indukcije

Druga predstavljena naloga (ki je na sliki 2) je iz indukcije. Da jo lahko pravilno rešimo, moramo vedeti:

- da je okoli vodnika, po katerem teče tok, magnetno polje (in tudi, kako je polje okoli vodnika orientirano),
- kako je orientirano magnetno polje znotraj sklenjene zanke, ko po njej teče električni tok v znani smeri,
- da je magnetno polje tudi okoli trajnega magneta; da silnice (oziroma gostotnice) magnetnega polja izhajajo iz severnega (N) pola in poniknejo na južnem polu magneta (S),
- da je v bližini magneta (predvsem njegovih polov) magnetno polje večje in se manjša, ko se od polov oddaljujemo,
- kaj je magnetni pretok (skozi neko ploskev, zanko),
- kaj je indukcija: da sprememba magnetnega pretoka skozi prevodno zanko povzroči, da se v zanki pojavi električna (inducirana) napetost, ki po Lenzovem pravilu požene (inducirani) tok v zanki v taki smeri, da magnetno polje tega toka zmanjša velikost spremembe magnetnega pretoka skozi zanko (zanka se z inducirano napetostjo $\rightarrow$ tokom $\rightarrow$ magnetnim poljem upira spremembi magnetnega pretoka skozi samo sebe).

Skratka, zelo kompleksna naloga – kot je kompleksen pojav sama indukcija. Za povrh so od štirih prikazanih situacij tri pravilne in je treba med njimi najti napačno.

Predstavitev rešitve kompleksne naloge z indukcijo.

Pri reševanju te naloge si lahko pomagamo s simetrijo. Opazimo, da se v vseh primerih magnet giblje in da je v vseh primerih s svojo vzdolžno osjo v danem trenutku, prikazanem na slikah, poravnana z osjo zanke. Opazimo še, da sta si podobni situaciji na slikah A in C ter na slikah B in D.

Ko primerjamo sliki A in C, ugotovimo, da sta pri postavitvi zanke in magneta različni dve orientaciji: orientacija polov magneta (središču zanke je bližje severni ali južni pol magneta) in smer gibanja magneta (ki se giblje proti središču zanke ali stran od njega). Če bi se situaciji razlikovali le po eni od teh dveh orientacij, bi inducirana tokova v zankah A in C tekla v nasprotnih smereh; ker se razlikujeta v dveh, ki vsaka zase vplivata na smer inducirane toka v zanki, pa tokova v zankah A in C tečeta v isti smeri, kot pravilno prikazujeta obe sliki A in C.

Napačen prikaz, ki ga iščemo, je bodisi B bodisi D. V naslednjem koraku lahko primerjamo sliki A in B (ali pa, ekvivalentno, sliki C in D). V paru slik sta magneta orientirana enako, različni sta smeri gibanja magneta. Predpostavimo, da slika A pravilno prikazuje smer inducirane toka (kot smo že prej ugotovili). V obeh primerih (A in B) je magnetno polje magneta na območju zanke v danem trenutku (prikazanem na slikah) usmerjeno v smeri osi $-x$ (negativne osi x).

Ker se v primeru A magnet zanki približuje vzdolž osi zanke, se magnetni pretok skozi zanko po velikosti povečuje. Inducirani tok, ki v zanki teče v označeni smeri, ustvarja znotraj zanke magnetno polje, ki ima nasprotno smer kot polje magneta (zanka se upira spremembi – povečanju – magnetnega pretoka skozi samo sebe); inducirano magnetno polje je torej usmerjeno vzdolž osi $+x$. Smer inducirane toka na sliki A ustreza takemu primeru.

V primeru B pa se magnet premika pravokotno na os zanke in stran od osi, kar pomeni, da se magnetni pretok skozi zanko v prikazanem trenutku po velikosti zmanjšuje. Tok, ki se v zanki zato inducira, prispeva magnetno polje, ki ima isto smer kot polje magneta, kar pomeni, da teče v nasprotni smeri, kot je označeno. Napačen prikaz, ki ga iščemo, je torej na sliki B. (Vsak bralec je vabljen, da poskusi s podobnim razmislekom ugotoviti, da sliki C in D obe pravilno prikazujeta smer inducirane toka.)

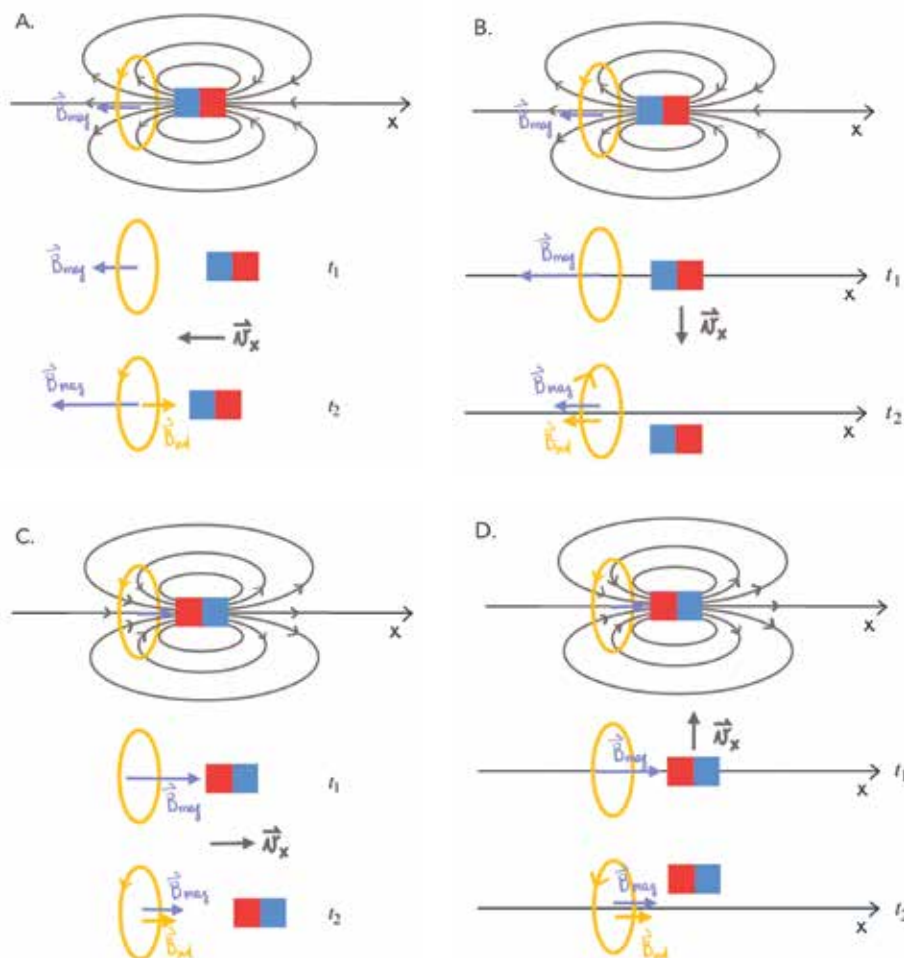
Bralec, ki se je prebil do tega mesta z željo, da sledi sklepanju in razume rešitev naloge, se je pri branju zadnjega odstavka najbrž nekoliko utrudil. Sledi prikaz, kako prikladna je pri fiziki uporaba skic (kar seveda vsi vemo; to je le še en primer). Avtorici tega članka je bistveno ljubši razmislek ob skici kot pa sledenje zgolj abstraktni razlagi pojava z besedami (čeprav se je zanj precej potrudila), kjer skice rišemo le v svojih glavah.

V mislih imejmo, da je za smer inducirane magnetnega polja $\vec{B}_{ind}$, ki ga ustvarja inducirani tok, pomembna **sprememba** magnetnega pretoka skozi zanko, ki ga povzroča magnetno polje trajnega magneta. Sprememba se zgodi v času: od trenutka t_1 , ki ga v nalogi prikazujejo slike od A do D, do naslednjega t_2 , v katerem je magnet že nekoliko premaknjen (v primerih A in C vzdolž osi zanke proti središču zanke ali stran od nje, v primerih B in D pa stran od osi zanke).

Vsi primeri so prikazani na sliki 3 skupaj s (povprečnim) magnetnim poljem magneta (smerjo in relativno velikostjo $\vec{B}_{mag}$) skozi zanko ob t_1 in t_2 ter smerjo inducirane magnetnega polja $\vec{B}_{ind}$, ki ga povzroči inducirani tok v zanki. Iz smeri $\vec{B}_{ind}$ ugotovimo smer inducirane toka. V primerih A, C in D ima inducirano magnetno polje $\vec{B}_{ind}$ povsod enako smer, kar pomeni, da ga povzroča inducirani tok, ki v vseh zankah teče v isti smeri. Le v primeru B ima inducirano polje nasprotno smer in ga povzroča tok, ki teče v zanki v nasprotni smeri. To je v nalogi napačna skica, ki jo iščemo.

Dodajmo k nalogi še dva komentarja. Prvi se nanaša na **simetrijo** med primeroma B in D. Na hitro se nam lahko zazdi, da se tudi ta primera razlikujeta po dveh okoliščinah, pri katerih je pomembna smer, a bomo kmalu razumeli, da se razlikujeta le v eni. Magneta sta v primerih B in D orientirana vzdolž osi zanke nasprotno, kar vpliva na smer magnetnega polja skozi zanko. To je razlika, ki vpliva na smer inducirane toka. Gibanje magneta pa je v obeh primerih stran od osi zanke; po smeri hitrosti se ta primera ne ločita med seboj, čeprav se s skice zdi, da se v primeru B magnet giblje navzdol, v primeru D pa navzgor.

Avtorici tega članka je bistveno ljubši razmislek ob skici kot pa sledenje zgolj abstraktni razlagi pojava z besedami (čeprav se je zanj precej potrudila), kjer skice rišemo le v svojih glavah.



Slika 3: Položaj magneta glede na zanko v zaporednih trenutkih t_1 in t_2 v vseh štirih primerih. Predpostavimo, da je v trenutku t_1 os magneta poravnana z osjo zanke.

A kar se simetrije tiče, sta to povsem ekvivalentni gibanji, ker ima celotna postavitve paličastega magneta in zanke cilindrično simetrijo. Pomembno je le, ali se magnet, ki ostaja vzporeden osi zanke, osi zanke *približuje* ali se od nje *oddaljuje* (iz česar bi lahko sestavili novo, nekoliko drugačno nalogo ...). Ko to uvidimo, razumemo, da morata inducirana tokova v zankah B in D teči v nasprotnih smereh.

Drugi komentar pa se nanaša na podrobnost, ki smo jo na olimpijadi med časovno omejeno diskusijo o nalogah in prevajanjem spregledali in se pojavi kot okoliščina že v prvem komentarju: za smer induiranega polja in toka v zanki je pomembno, ali se paličasti magnet v primerih B in D osi zanke približuje ali se od nje oddaljuje (kot so predpostavili sestavljavci nalog, vsi vodje ekip iz 54 držav in na srečo tudi naše tekmovalke in tekmovalci). V trenutku, ko je os magneta točno v osi zanke, je magnetni pretok skozi zanko po velikosti največji (ekstremen) in se v kratkem času okoli tega trenutka ne spreminja – zato tedaj ni niti inducirane napetosti, niti induiranega toka, niti induiranega magnetnega polja. Kot rečeno, pa smo vsi po vrsti nalogo razumeli tako, da je vprašanje, v kateri smeri teče inducirani tok, ko se magnet **od osi oddaljuje**. Ustrezneje bi se besedilo naloge glasilo: *Na eni od slik je napačno prikazana smer električnega toka I_{ind} , induiranega v prevodni zanki, ki teče, ko se magnet iz lege, prikazane na sliki, giblje v označeni smeri. Na kateri?*

Naloga iz kinematike

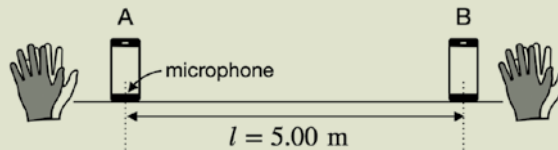
Tretja predstavljena naloga (slika 4) je iz gibanja.

Naj prva dijakinja zaploska ob trenutku $t_1 = 0$. V istem trenutku $t_{A,1} = 0$ zvok zazna telefon A, na katerem se sproži štoparica. Štoparica telefona B se sproži, ko ta zvok pripotuje do telefona B, za kar potrebuje čas $\Delta t = \frac{l}{c} = 0,0147$ s. Štoparica B se torej sproži ob $t_{B,1} = \Delta t = 0,0147$ s. Druga

V trenutku, ko je os magneta točno v osi zanke, je magnetni pretok skozi zanko po velikosti največji (ekstremen) in se v kratkem času okoli tega trenutka ne spreminja – zato tedaj ni niti inducirane napetosti, niti induiranega toka, niti induiranega magnetnega polja.

Pametni telefon lahko uporabimo kot zvočno štoparico, ki meri časovni interval med zaporednima zvočnima dogodkoma, ki ju zazna mikrofonski telefon. Štoparica se sproži, ko telefon zazna prvi zvočni signal, in ustavi, ko zazna drugi zvočni signal.

Z zvočno štoparico dveh telefonov, ki sta na razdalji $l = 5,00$ m, merimo hitrost zvoka v zraku ($v = 340$ m/s), kot prikazuje slika. Najprej prva dijakinja zaploska zraven telefona A in čez kratek čas druga dijakinja zaploska zraven telefona B. Obe ploskanji zaznata zvočni štoparici obeh telefonov, a ob različnih trenutkih, ker zvok potuje s končno hitrostjo. Katera časovna intervala prikazeta zvočni štoparici telefonov A in B?



- | | | | |
|----|--------------------------|----|--------------------------|
| A. | A: 0.0147 s, B: 0.0147 s | C. | A: 3.1000 s, B: 3.1294 s |
| B. | A: 2.0147 s, B: 2.0000 s | D. | A: 2.1294 s, B: 2.1000 s |

Slika 4: Fizikalna naloga iz kinematike z IJSO 2023.

dijakinja zaploska ob trenutku t_2 in ob istem trenutku ta zvok zazna telefon B; $t_{B,2} = t_2$ in njegova štoparica se ustavi. Časovni interval, ki ga izmeri štoparica B, je $\Delta t_B = t_{B,2} - t_{B,1} = t_2 - \Delta t$. Zvok ploskanja druge dijakinje potuje do telefona A, ki ga zazna ob trenutku $t_{A,2} = t_2 + \Delta t$. Časovni interval, ki ga izmeri štoparica A, je $\Delta t_A = t_{A,2} - t_{A,1} = t_2 + \Delta t$. Krajši časovni interval izmeri štoparica telefona B, za $\Delta t_A - \Delta t_B = 2\Delta t = 0,0294$ s, daljšega pa štoparica telefona A. Edini par intervalov, ki ustreza temu pogoju, je zapisan pri odgovoru D.

Za zaključek povejmo še, kako so opisane tri naloge reševali vsi tekmovalci v povprečju in kako jih je reševala naša šesterica. Naloga iz indukcije je bila med desetimi fizikalnimi nalogami izbirnega tipa v povprečju najslabše reševana fizikalna naloga; pravilni odgovor je obkrožilo le 28 % vseh tekmovalcev. Od naših šestih tekmovalcev jo je pravilno rešilo pet. Nekoliko bolje so v povprečju vsi reševali nalogo z dvema telefonoma; pravilni odgovor je izbralo 35 % vseh tekmovalcev – in vsi naši. Še nekoliko lažja je bila naloga iz vzgona, kjer je bilo pravih 39 % odgovorov; od naših pa je nalogo pravilno rešilo pet tekmovalcev (naš, ki je nalogo rešil narobe, je potem zavijal z očmi). Pa niso bile le fizikalne naloge težke; še težje so bile nekatere kemijske in biološke. Najslabše reševano kemijsko nalogo je pravilno rešilo 26 % vseh tekmovalcev (od naših pet), najslabše reševano biološko pa le 13 % (od naših trije).

Vabim vas, da z nalogami izbirnega tipa z IJSO 2023 preizkusite tudi svoje dijakinje in dijake. Vse v slovenščino prevedene naloge so na spletni strani [2], originalne angleške pa na [3].

Razlaga rešitve manj zahtevne in preproste (a neintuitivne) kinematične naloge.

Vabim vas, da z nalogami izbirnega tipa z IJSO 2023 preizkusite tudi svoje dijakinje in dijake.

Viri

1. Rovšek, B. (2024). Mednarodna mladinska naravoslovna olimpijada, četrtič, *Fizika v šoli*, 29(1), 51–55.
2. Slovenski prevod izbirnega testa z IJSO 2023: <https://drive.google.com/file/d/1-ea9ttvqH9mPx9gmDq91nlyojopR2GLu/>
3. Teoretične in eksperimentalne naloge s preteklih olimpijad: <https://ijsoweb.org/downloads>

Analiza rezultatov s 44. tekmovanja osnovnošolcev v znanju fizike za Stefanova priznanja 2024

Analysis of 44th Stefan Award Primary School Physics Competition Results

dr. Saša Dolenc

Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

Izvleček

V prispevku je predstavljena analiza rezultatov 229 udeležencev letošnjega že 44. tekmovanja osnovnošolcev v znanju fizike za Stefanova priznanja. Predvsem devetošolci so izkazali zelo dobro znanje na mnogih področjih, izvrstno so se odrezali tudi v eksperimentalnem delu. Glede na opravljeno analizo sklepamo, da so osmošolci letos reševali malenkost pretežke naloge, predvsem v eksperimentalnem delu.

Ključne besede: tekmovanje, analiza rezultatov, fizika, Stefanova priznanja

Abstract

This paper analyses the results of 229 participants of the 2024 Stefan Prize for Primary School Physics. The ninth-graders, in particular, demonstrated excellent knowledge in many areas and excelled in the experimental task. Based on the findings, we conclude that this year's eighth-graders were a trace too demanding, especially the experimental part.

Keywords: competition, result analysis, physics, Stefan Awards

1 O tekmovanju

Začetki tekmovanja segajo v leto 1981, ko se je na Pedagoški akademiji v Mariboru odvilo prvo republiško tekmovanje. Od leta 1992 so tekmovanja prešla na državno raven, priznanja pa so leta 1994 dobila ime po fiziku slovenskih korenin Jožefu Stefanu. Tekmovanje se je skozi leta razvijalo in delno spreminjalo obliko, pri čemer se od vseh preostalih tekmovanj že od začetka razlikuje po tem, da udeleženci rešujejo tudi eksperimentalne naloge. Sprva so se tekmovanj udeleževale osnovnošolske dvočlanske ekipe, pozneje pa so uvedli tekmovanje posameznikov v teoretičnem (od leta 2000) in eksperimentalnem delu (od leta 2006). Prav tako se je skozi čas spreminjalo število eksperimentalnih nalog. Učenci so do leta 2013 reševali dve eksperimentalni nalogi, od tedaj pa le eno [1, 2].

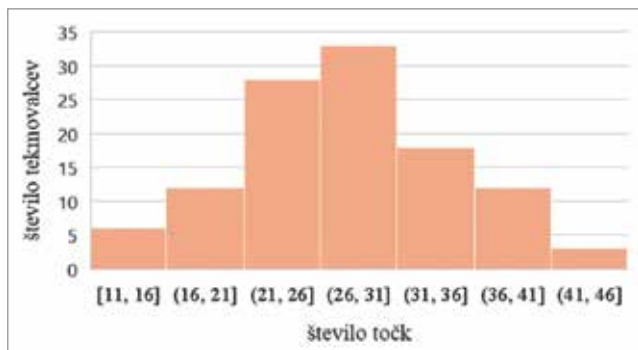
Komisija in organizatorji tekmovanja si prizadevamo za širjenje in poglobljanje znanja, popularizacijo fizike ter za odkrivanje in spodbujanje nadarjenih učencev. Ker je fizika že od nekdaj eksperimentalna veda, tudi na tekmovanju poudarjamo eksperimentalno delo in ne nazadnje spodbujamo druženje mladih iz različnih šol in okolij [1].

2 Splošna uspešnost na državnem tekmovanju

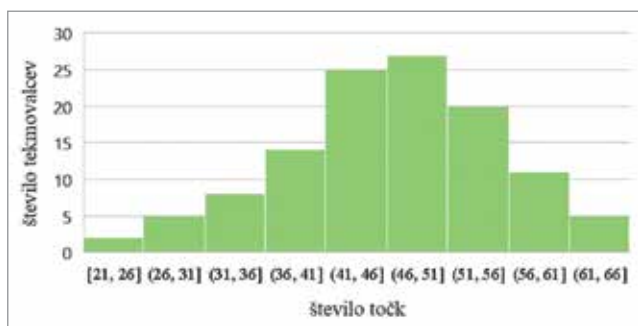
Kot pretekla leta je tudi letošnje državno tekmovanje organiziralo Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije v sodelovanju s Pedagoško fakulteto Univerze v Ljubljani in Fakulteto za naravoslovje in matematiko Univerze v Mariboru. Na tekmovanju, ki je potekalo 19. maja 2024, je sodelovalo 112 osmošolcev in 117 devetošolcev. Tekmovali so za zlata Stefanova priznanja, ki jih je prejelo 43 osmošolcev in 48 devetošolcev. Učenci so imeli na voljo 90 minut za reševanje teoretičnega dela in ravno tako 90 minut za eksperimentalno nalogo. Teoretični del je vseboval pet nalog izbirnega tipa (naloge A) in dve strukturirani nalogi (nalogi B). V eksperimentalnem delu je bila naloga z več podvprašanji.

V 8. razredu so učenci pri nalogah B skupaj lahko zbrali največ 20 in pri eksperimentalni nalogi 27 točk, skupaj z nalogami A 62 točk. V 9. razredu so učenci pri nalogah B zbrali največ 23 točk in pri eksperimentalni nalogi 28 točk, skupaj z nalogami A 66 točk. Porazdelitvi udeležencev državnega tekmovanja po številu doseženih točk

sta prikazani na slikah 1 in 2. V 8. razredu je bilo največje doseženo število točk 45, povprečje pa je bilo 28. V 9. razredu so bili rezultati boljši, in sicer je en tekmovalce dosegel skoraj vse točke, 65. Povprečje je bilo 47.



Slika 1: Porazdelitev osmošolcev po številu doseženih točk.



Slika 2: Porazdelitev devetošolcev po številu doseženih točk.

3 Naloge izbirnega tipa

V tabelah 1 in 2 so prikazani odstotki odgovorov pri nalogah A. Odstotki pravih odgovorov so zapisani

odebeljeno, neodgovorjeni so označeni z X. Objektivno težavnost določa odstotek pravih rešitev. Naloga je objektivno lahka, če je delež pravilno rešenih velik, in težka, če je delež pravilno rešenih majhen. V tem šolskem letu sta bili objektivno najlažji nalogi A4 v 8. razredu in A5 v 9. razredu, objektivno najtežji pa A1 v 8. razredu in ravno tako A1 v 9. razredu. Omenjene naloge in njihova krajša analiza so predstavljene v nadaljevanju.

Tabela 1: Deleži odgovorov (v %) pri nalogah A v 8. razredu.

naloga	A	B	C	D	X
A1	4	31	54	1	10
A2	3	16	72	4	5
A3	53	13	25	5	4
A4	3	5	88	0	4
A5	33	5	12	8	42

Tabela 2: Deleži odgovorov (v %) pri nalogah A v 9. razredu.

naloga	A	B	C	D	X
A1	3	40	40	6	11
A2	2	2	74	22	1
A3	12	84	1	2	1
A4	1	74	0	1	14
A5	2	85	9	2	3

3.1 Objektivno najlažji nalogi izbirnega tipa

Slika 3 prikazuje nalogo A4 za 8. razred. Nalogo je pravilno rešilo kar 88 % osmošolcev (odgovor C). 4 % udele-

A4 Na kolesarskem kronometru, ki je dolg 32 km, kolesarji štartajo z razmakom dveh minut. Opazujemo tri zaporedne kolesarje. Prvi štarta ob 9.57 in prikolesari v cilj ob 10.39. Drugi in tretji kolesar prikolesarita do cilja istočasno, ob 10.40. Vsak od kolesarjev je kronometer prevozil z drugačno povprečno hitrostjo. Kolikšna je povprečna vrednost teh treh povprečnih hitrosti?

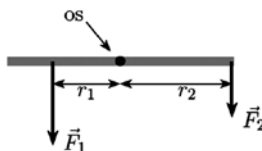
- (A) $12,5 \frac{m}{s}$ (B) $12,9 \frac{m}{s}$ (C) $13,1 \frac{m}{s}$ (D) $20,0 \frac{m}{s}$

Slika 3: Objektivno najlažja naloga na tekmovanju za 8. razred.

A5 Če metlo podpremo v točki T, je le ta v ravnovesni (vodoravni) legi (slika spodaj). Metlo prerežemo v točki T na dva dela. Prvem delu rečemo ročaj in drugemu krtača. Katera trditev o masi ročaja in masi krtače je pravilna? (Namig: Slika na desni prikazuje vzvod v ravnovesni legi. Upoštevaj, da v ravnovesni legi velja $F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2$, kjer sta F_1 in F_2 sili, ki delujeta na vzvod na razdaljah r_1 oz. r_2 od osi vrtenja.)



- (A) Masa ročaja je večja od mase krtače.
 (B) Masa ročaja je manjša od mase krtače.
 (C) Masa ročaja je enaka masi krtače.
 (D) Iz danih podatkov ne moremo sklepati o masah ročaja in krtače.



Slika 4: Objektivno najlažja naloga na tekmovanju za 9. razred.

žencev ni podalo odgovora, preostali so se zmotili bodisi pri pretvarjanju bodisi pri računanju časa.

Slika 4 prikazuje objektivno najlažjo nalogo, A5, kjer je 85 % devetošolcev izbralo pravilni odgovor (B). 9 % jih je nalogo rešilo z ravnovesjem sil, kljub temu da je v nalogi zapisan namig o ravnovesju navorov.

3.2 Objektivno najtežji nalogi izbirnega tipa

Na slikah 4 in 5 sta prikazani nalogi A1 za 8. oziroma 9. razred. Zanimivo je, da sta obe objektivno najtežji nalogi povezani z vzmetjo in s silo, ki deluje na vzmet. V 8. razredu je nalogo pravilno rešilo le 4 % učencev. Največ, dobra polovica, se jih je odločilo za odgovor (C). Ta graf kaže, kako se spreminja sila, ki deluje na prst (in ne na vzmet). To lahko najbrž pripišemo površnemu branju ali nepoznavanju 3. Newtonovega zakona, vsekakor pa je bila naloga prezahtevna za osmošolce.

V 9. razredu je pravilni odgovor (C) in napačni odgovor (B) izbral enak delež (40 %) učencev. Intuitivno bi rekli, da je pri zaviranju vzmet res manj skrčena (odgovor B), ker kaže rezultanta sil v smeri pospeška (navpično navzgor), in to je najbrž razlog za visok delež napačnih odgovorov.

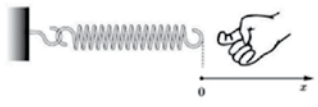
4 Strukturirane naloge

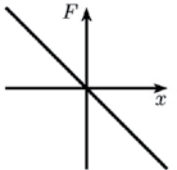
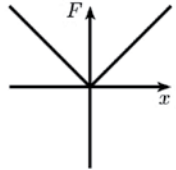
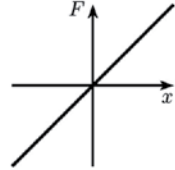
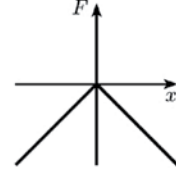
Prva naloga za osmošolce je obravnavala delovanje teleskopskih škarij. Naloga je učencem delala preglavice, saj je vključevala dve novi snovi, navor in škripec. Povprečno so dosegli 3,4 točke. Veliko težav so imeli že na samem začetku, ko so računali ploskev, na kateri deluje sila. Še več težav so jim povzročali škripci, kjer so napačno zapisali, da se pri pritritenem škripcu sila razpolovi.

Tudi druga naloga je bila iz vsakdanjega življenja. Učenci so raziskovali goriščno razdaljo očesne leče, leče oči in spoznali osnove dioptrije. Povprečno število doseženih točk je bilo 4,3, en učenec je dosegel vse točke. Točke so izgubljali predvsem v zadnjem delu, kjer naloge niso mogli rešiti samo z žarkovno sliko, ampak so morali s pomočjo načrtovanja žarkov le pojasniti svoj odgovor. Presenetljivo je bilo veliko napačnih odgovorov (60 %) pri nalogi določanja goriščne razdalje zdrave očesne leče. Bodisi niso upoštevali merila bodisi niso vedeli, kako izmeriti goriščno razdaljo.

Devetošolci so pri strukturiranih nalogah dosegli boljše rezultate. Pri prvi nalogi je kar 25 % učencev doseglo vse točke, povprečje pa je bilo 8,6 točke. Naloga je vključevala kinematiko in energije (odbijajoča se žoga). Boljšim je največjo zagato predstavljal le zadnji del naloge, kjer so morali izračunati višino po petem odboju. Druga naloga, povezana z vzgonom, je bila nekoliko manj uspešno reševana. Povprečno so dosegli 6,2 točke, 10 % jih je doseglo vse točke. Vzgon je pogosta tema na tekmovanjih in je običajno slabo reševana (tako na tekmovanjih kot na testih). Naj na tem mestu naštejemo zgolj nekaj osnovnih napak, ki so jih storili učenci na tekmovanju: namesto teže kocke so izračunali zgolj maso; na mirujočo kocko, ki leži na dnu akvarija, niso narisali sile podlage/tal; napačno so narisali prijemališča sil; napačno so narisali kocki, ko obmirujeta; sile niso narisali v merilu ipd. Predzadnje vprašanje je bilo težje, ker so morali upoštevati še 2. Newtonov zakon za izračun pospeška, s katerim se gibljeta kocki, ko ju spustimo z dna akvarija. Zadnji del naloge je bil najtežji, vključeval je risanje grafa pospeška v odvisnosti od globine kocke. Predvidevamo, da so učenci imeli težave zaradi obrnjenega koordinatnega sistema (koordinata x oziroma globina je naraščala navzdol).

A1 Lahka prožna vzmet je na enem krajišču toga vpeta v steno. Koordinatni sistem postavimo tako, da je raztezek vzmeti enak koordinati konca vzmeti, izhodišče pa je v točki, kjer je krajišče neobremenjene vzmeti. Vzmet počasi raztegujemo. Kateri graf pravilno kaže, kako je sila, s katero deluje vzmet na roko, odvisna od raztezka vzmeti?



(A)  (B)  (C)  (D) 

Slika 5: Objektivno najtežja naloga na tekmovanju za 8. razred.

A1 Na stropu dvigala je obešena vzmet, na vzmeti pa utež. V mirovanju se vzmet raztegne za 4 cm, ko nanjo obesimo utež z maso 100 g. Kolikšen je raztezek vzmeti, ko dvigalo med spuščanjem zavira s pojemkom $1 \frac{m}{s^2}$?

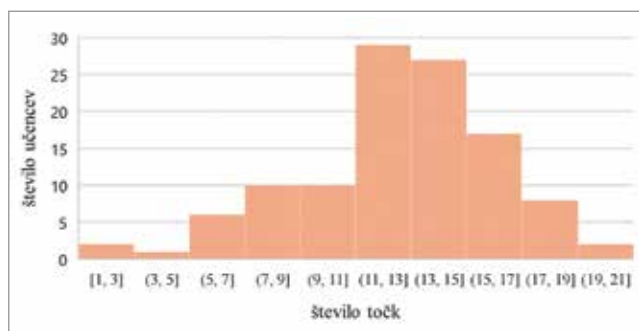
(A) 0,23 cm (B) 3,6 cm (C) 4,4 cm (D) 8,0 cm

Slika 6: Objektivno najtežja naloga na tekmovanju za 9. razred.

5 Eksperimentalni nalogi

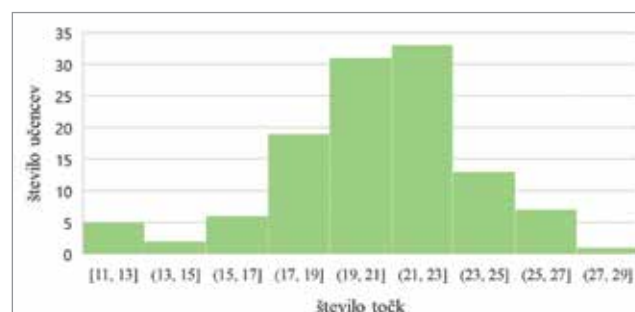
Devetošolci so se pri eksperimentalni nalogi izkazali mnogo bolje kot osmošolci. Povprečno so dosegli 21 točk od 28, osmošolci pa zgolj 13 od 27.

Na sliki 7 so prikazani dosežki osmošolcev pri eksperimentalni nalogi. Letošnja naloga je zahtevala več samostojnega raziskovanja, kar je osmošolcem povzročalo težave. Prvi deli naloge so bili običajni, vodeni. Umerjali so vzmet, risali graf in izračunali koeficient vzmeti. Približno polovici učencev je uspelo pridobiti vse točke. Nekateri so napačno zaokroževali (ali sploh niso), v tabelo pisali dolžino vzmeti namesto raztezka, niso izračunali koeficienta vzmeti, veliko je bilo takih, ki so risali lomljeno črto namesto premice. V nadaljevanju so izbran plastični lik položili na vodno gladino in ga s pomočjo vzmeti vlekli navzgor, dokler se ni odlepil od gladine. Le četrtnina učencev je pravilno narisala sile na lik, tik preden se odlepi od gladine. Preostali so imeli težave z velikostmi sil, nekateri niso narisali sile vode in/ali sile vzmeti ipd. Trije učenci so do tu zbrali vse točke. Preostanek naloge je bil pretrd oreh tudi za najboljše, saj je bil zasnovan na osnovi samostojnega raziskovanja. Ugotoviti so morali vzrok za silo, ki je potrebna, da se lik odlepi od gladine. Na začetku je bilo podanega veliko besedila in nekaj učencev je že med samim tekmovanjem spraševalo, ali morajo res prebrati celotno besedilo. Če niso zares pozorno prebrali besedila, nalog niso mogli uspešno rešiti, saj sta bili dve mogoči rešitvi podani v besedilu. 9 % učencev je uspešno opravilo meritve in izračune, a se jim je nato zataknilo pri pojasnilu, risanju grafa in izračunu smernega koeficienta. Iz te podrobne analize sklepamo, da je bil ta del naloge zagotovo pretežak za osmošolce.



Slika 7: Porazdelitev osmošolcev po številu doseženih točk pri eksperimentalni nalogi.

Na sliki 8 so prikazani dosežki devetošolcev pri eksperimentalni nalogi. Raziskovali so, od česa je odvisna električna prevodnost grafitne mine, in v zaključku prišli do izračuna specifične prevodnosti mine. Vse naloge, pri katerih so opravljali meritve, so bile zelo dobro rešene. Kar dve tretjini učencev je pri teh štirih nalogah dobilo vse točke. Nekateri niso opravili dovolj meritev, niso pravilno izračunali upora grafitne mine ali pa zaradi nenatančnega branja navodil niso zapisali ugotovitev. Risanje in interpretacija grafov sta se izkazala za zahtevnejšo nalogo. Kar 62 % učencev ni znalo izračunati naklona premice v grafu in/ali pojasniti, katero fizikalno količino predstavlja smerni koeficient premice. Veliko učencev skozi izmerjene točke ni potegnili premice. Naloga je bila ravno pravšnje težavnosti, saj je imela dovolj »lažjih« delov, da so učenci v povprečju dosegli visoko število točk, in hkrati tudi »težje« dele, ki so ločili najboljše od dobrih.



Slika 8: Porazdelitev devetošolcev po številu doseženih točk pri eksperimentalni nalogi.

6 Zaključek

Analiza rezultatov z letošnjega že 44. tekmovanja osnovnošolcev v znanju fizike za Stefanova priznanja je v prvi vrsti nakazala smernice za pripravo nalog za nadaljnja tekmovanja. V prispevku so predstavljene ugotovitve s primeri, manjša statistika in vsebinske pripombe. Ugotovitve iz analize povedo veliko o tem, s katerimi fizikalnimi vsebinami imajo učenci največ težav. Uporabne so tudi za učitelje, mentorje, ki pripravljajo učence na tekmovanje, saj vsebujejo kar nekaj koristnih napotkov/usmeritev. Med drugim smo ugotovili, da so učenci vajeni delati po navodilih in da jim zmanjka idej, ko pridejo do samostojnega reševanja problemov. Ker se naravoslovje v današnjem času vedno bolj usmerja v učenje z raziskovanjem, bo tudi tekmovanje (predvsem eksperimentalni del) sledilo temu.

Viri in literatura

- [1] <https://www.dmfa.si/Tekmovanja/FiIOS/OpisTekmovanja.aspx> (26. 9. 2024)
- [2] Rovšek, B. (2014). Analiza rezultatov šolskega tekmovanja za Stefanova priznanja v letu 2013/2014. *Fizika v šoli*, 20(2), 109–116.

Razlaga opaženega dogajanja

dr. Mojca Čepič

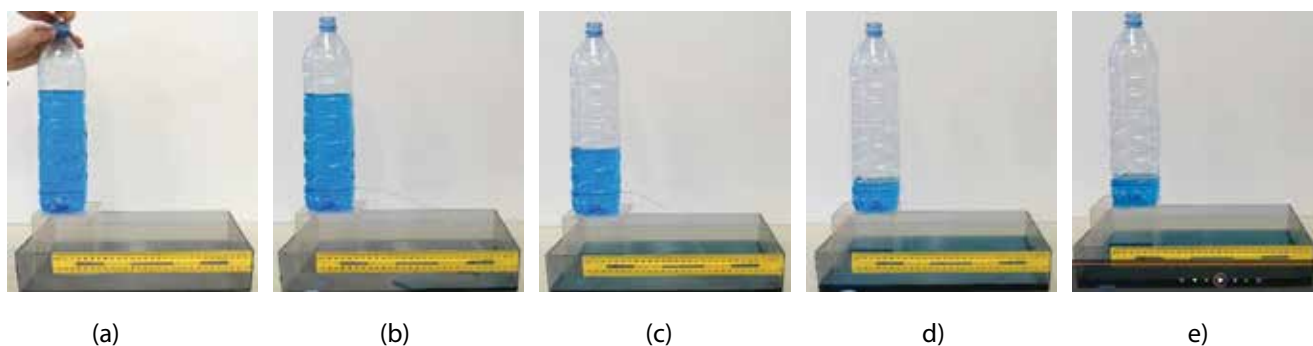
Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

Po dveh letih se bližamo koncu zgodbe, imenovane »Nariši, opiši, razloži«. Pravilna raba vseh treh je izjemno pomembna za učitelja. V vse tri »stopnje«, torej risanju sledi opisovanje kot njegova nadgradnja in ga zaključuje razlaga, je mogoče vključevati tudi učence ob izvajanju eksperimentov, a tudi v preverjanjih znanja.

Preostala nam je le še razlaga. V opisu smo opredelili konstante oziroma količine, ki se med eksperimentom ne spreminjajo, v zaporednih izvedbah istega eksperimenta pa se načrtno lahko spreminjajo, npr. temperatura. Če načrtno oziroma kontrolirano spreminjamo okoliščine izvedbe poskusa, jih imenujemo tudi *kontrolne* spremenljivke. Opredelili smo količine, ki se med poskusom spreminjajo, torej *spremenljivke*. Ker smo opazovali *dogajanje*, smo opazovano debato omejili na časovno odvisne pojave. Vemo pa, da lahko marsikatero krajevno odvisnost s preiščlenim načrtovanjem izvedbe spremenimo v časovno in obratno, zato razprava ob časovno odvisnem dogajanju ne predstavlja pomembne omejitve.

Opisali smo, kako se spremenljivke spreminjajo v odvisnosti od časa, ali vrednosti merljivih količin naraščajo ali padajo. Opisali smo tudi, ali se količine med dogajanjem spreminjajo enako ali pa so njihove spremembe najprej majhne in se večajo ali obratno. Po matematično bi rekli, da smo opisali odvisnosti in njihove odvode. Opredelili smo tudi sočasna spreminjanja, lahko bi rekli korelacije. Opisali smo npr., kateri spremenljivki hkrati naraščata ali padata in obratno ter kateri spremenljivki se zdita povezani tako, da kadar ena narašča, druga pada in obratno.

Zakaj so spremembe takšne, kakršne so, želimo podrobneje pojasniti v razlagi z uporabo fizikalnih zakonitosti. Ilustrirajmo ponovno s primerom, ki ga uporabljamo skozi celotno razpravo. Da ne bo treba brskati po starih revijah, na tem mestu ponovno objavljamo fotografijo poskusa.



Slika 1: Časovno zaporedje iztekanja vode iz plastenke: a) začetek poskusa, b) takoj po začetku poskusa, c) na sredini dogajanja, d) proti koncu dogajanja, e) konec poskusa [1].

Identificirali smo tri zvezne spremenljivke: višino gladine v plastenki, domet curka in višino gladine v prestrezni posodi, poleg tega pa še spremenljivko, ki jo lahko opazijo zelo pozorni opazovalci, hitrost spuščanja gladine v plastenki.

Spremembe so bile naslednje:

- višina gladine v plastenki se je zmanjševala,
- domet curka se je krajšal,
- višina gladine v prestrezni posodi se je povečevala,
- hitrost nižanja gladine v plastenki se je manjšala.

Opazili smo tudi naslednje povezave med spremenljivkami:

- čim višja je bila gladina vode v plastenki, tem daljši je bil domet curka,
- čim višja je bila gladina vode v plastenki, tem nižja je bila gladina vode v prestrezni posodi,
- čim višja je bila gladina vode v plastenki, tem hitreje se je nižala.

Ne bomo pojasnjevali vseh, saj imajo nekatera navedena opažanja zelo očitne vzroke. Npr. če voda izteka iz plastenke, se gladina niža, saj vode v plastenko nismo dolivali, iz nič pa tudi ne more nastati. Krajšanje dometa zahteva več razlage in učencem navadno predstavlja težavo. Domet učenci dobro povežejo z izkušnjami »hitro vržen kamen pade na tla dlje od metalca kot počasi vržen kamen«. Namenoma je bila uporabljena vsakdanja govorica. In res, kapljice v curku letijo enako, če so združene v curek ali pa ne. Torej, daljši domet curka pomeni večjo hitrost vodnih kapljic v njem. Da je hitrost vode v curku večja, kadar je domet daljši, lahko sklepamo tudi iz opazovanja višine gladine. Na začetku iztekanja se gladina znižuje hitreje. Zato mora biti hitrost vode v curku večja, saj očitno izteka na začetku več vode v enakih časovnih obdobjih. A zakaj je hitrost vode v curku na začetku iztekanja večja? Snovne tokove poganjajo tlačne razlike. Zaradi hidrostatskega tlaka vode nad odprtino je v plastenki tlak na notranji strani odprtine, kjer voda izteka, večji kot na zunanji. Sile na del vode v bližini odprtine, ki nastanejo zaradi tlaka, vodo pri prehodu iztoka pospešijo, in to tem bolj, čim večja je razlika tlakov na notranji in zunanji strani plastenke. Ta del se učencem rad zatakne. Povedo sicer, da je v plastenki večji tlak, težave pa nastopijo z opredelitvijo, »večji od katerega tlaka«. Zato moramo biti ob razlagi tudi zelo pozorni na natančno strokovno govorico in povezati razliko tlakov s krajema, na katerih tlak opazujemo/merimo.

Risanje, opisovanje in razlaga so pogosto izhodišče za matematične opise povezav med spremenljivkami. Naj na tem mestu omenim še eno izkušnjo. Učenci opise »čim večji je A, tem večji je B« zelo radi enačijo s premim sorazmerjem, opise »čim večji je A, tem manjši je B ...« pa z obratnim. Opisi oblike »A pada« so kvalitativni. Povedo le, kako se zadeve spreminjajo, ne podajajo pa nobenih dodatnih informacij, da bi lahko podobne pojave urejali. Npr. »temperatura ponoči običajno pada« je kvalitativna informacija. »Temperatura ob jasnih nočeh običajno pade bolj kot ob oblačnih« pa podaja neko semikvantitativno informacijo. Vemo, kdaj je sprememba večja in kdaj manjša. Šele če bi temperature zvečer in zjutraj izmerili, bi bila informacija tudi kvantitativna.

Premo sorazmerje podaja kvantitativen opis. Če sta spremenljivki A in B povezani premo sorazmerno, vemo, ko je A dvakrat večji, je dvakrat večji tudi B, in analogno za obratno so-

Domet učenci dobro povežejo z izkušnjami »hitro vržen kamen pade na tla dlje od metalca kot počasi vržen kamen«.

Risanje, opisovanje in razlaga so pogosto izhodišče za matematične opise povezav med spremenljivkami.

razmerje: ko je A dvakrat manjši, je B dvakrat večji. Zveza »čim ..., tem...« ponuja šibkejšo informacijo, npr. izvemo le, da se A in B oba zmanjšata, in to je vse. Zato so zveze »čim ..., tem ...« semikvantitativne, učitelj pa mora biti pozoren, da učenci ne povlečejo prehitro kvantitativnih zaključkov, ki se vsiljujejo iz pogoste rabe sorazmerij pri matematiki.

Naj to dolgo temo zaključim. Risanje opazovanega omogoči učencem pridobivanje izkušenj. Ob opazovanju so uporabljali vid. Ob risanju so morali videno predelati v poenostavljeno risano predstavitev, o videnem so morali risarji razmišljati, aktiviral se je drug del možganov kot med preprostim opazovanjem. Opisovanje oziroma ubesediti videno je večšina. Ob tem se aktivira še en del možganov, kar vodi do boljšega pomnjenja in lažjega priklica izkušenj. Tudi ločevanje med tem, kaj smo res videli, in kaj smo na podlagi videnega sklepali iz svojih izkušenj, je pomembna večšina. Končno, oblikovanje razlage lahko prevzame učitelj, kadar ve, da učenci kljub novo pridobljenim izkušnjam še nimajo dovolj znanja za oblikovanje razlage. Učitelj pa ve, da imajo učenci izkušnje, s katerimi lahko razlago povezujejo. Razlago lahko oblikujejo tudi učenci. V sodobnih metodah, kot je učenje z raziskovanjem (IBL) ali pristop Investigative Science Learning Environment (ISLE), je oblikovanje *možnih* razlag, ki temeljijo na izvedenih poskusih, ne na branju literature, še posebej poudarjeno. Včasih so možne razlage imenovane tudi hipoteze, a v nasprotju s klasično hipotezo, ki jo lahko tudi potrdimo, v fiziki možne razlage lahko zavrnemo, ne moremo pa jih dokončno potrditi. Če je možna razlaga v skladu z dogajanjem, če s to razlago lahko še nekaj napovemo in s poskusom preverimo tudi skladnost napovedi, potem razlaga postane bolj verjetna, nikoli pa ne moremo reči, da je zagotovo pravilna. Zato se zavzemam za rabo termina *možna razlaga* in ne hipoteza. Ne nazadnje ima hipoteza v javnosti zelo slabšalen pomen, saj jo javnost enači z ugibanjem brez resnih podlag.

V sodobnih metodah, kot je učenje z raziskovanjem (IBL) ali pristop Investigative Science Learning Environment (ISLE), je oblikovanje *možnih* razlag, ki temeljijo na izvedenih poskusih, ne na branju literature, še posebej poudarjeno.

Vir

- [1] Čepič, M. (2023). »Risanje pojavov II: Koliko slik je potrebnih za predstavitev pojava.« *Fizika v šoli*, 28 (2), str. 28, slika 1.

IZ ZALOŽBE ZAVODA RS ZA ŠOLSTVO



Kako najbolje podpreti mlade,
da prepoznajo svoja močna področja in
se izognejo prezgodnjemu opuščanju šolanja.

Intervju s slovensko znanstvenico



dr. Andreja
Gomboc

Uredniški odbor revije *Fizika v šoli*

Na observatoriju Paranal Evropskega južnega observatorija v Čilu.

Andreja Gomboc je redna profesorica astronomije na Fakulteti za naravoslovje Univerze v Novi Gorici in znanstvena svetnica v Centru za astrofiziko in kozmologijo. Doktorirala je z doktorsko disertacijo *Hitre spremembe izseva ob interakciji s črno luknjo* na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani pod mentorstvom prof. dr. Andreja Čadeža. Podoktorski študij je opravila v Liverpool John Moores University v Veliki Britaniji kot štipendistka sklada Marie Curie, kjer se je začela raziskovalno ukvarjati z najsilovitejšimi izbruhi v vesolju, imenovanimi izbruhi sevanja gama.

Do leta 2015 je bila zaposlena na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani, sprva kot asistentka in kasneje kot predavateljica astronomskih predmetov in raziskovalka. Od leta 2015 je zaposlena na Univerzi v Novi Gorici. Raziskovalno jo zanimajo prehodni pojavi v vesolju, kot so plimska raztrganja zvezd v bližini masivnih črnih lukenj, izbruhi sevanja gama, relativistični navigacijski sistemi, zlitja nevtronskih zvezd in rotacijske hitrosti simbiotskih zvezd. Proučevanje prehodnih pojavov je ključno za razumevanje fizike v ekstremnih pogojih, zgodnjega vesolja in nastanka prvih zvezd in galaksij ter črnih lukenj. Njeno delo ima tudi operativni pomen, saj je sodelovala z Evropsko vesoljsko agencijo (ESA) pri navigacijskem satelitu Galileo za izboljšanje natančnosti satelitske navigacije z uporabo splošne teorije relativnosti.

S sodelavci je objavila več kot 450 znanstvenih člankov z več kot 18.000 citati. Objavlja v uglednih strokovnih revijah, tudi v najprestižnejših *Science* in *Nature*. Je članica mednarodnih projektov Observatorij Vere C. Rubin, Gaia, Theseus, Hermes-SP idr.

Za raziskovalno delo je leta 2015 prejela Zoisovo priznanje. Je članica mednarodne astronomske zveze, evropskega astronomskega društva in društva matematikov, fizikov in astronomov Slovenije (DMFA). Poleg tega je predsednica Sveta za znanost in tehnologijo Republike Slovenije, predsednica Komisije za enake možnosti na področju znanosti pri Ministrstvu za visoko šolstvo, znanost in inovacije, urednica spletnega *Portala v vesolje* in soustanoviteljica izobraževalnega projekta GoChile. Bila je sourednica knjige *Fizika, moj poklic* ob mednarodnem letu fizike, leta 2005. Leta 2009 je bila koordinatorka Mednarodnega leta astronomije in pobudnica uvedbe tekmovanja iz astronomije za osnovne in srednje šole. Več kot deset let je bila tudi predsednica tekmovanja v znanju astronomije pri DMFA Slovenije.

Je velika promotorka astronomije in znanosti nasploh, saj želi znanost kot tako približati širši javnosti s pisanjem poljudnih člankov v slovenskih revijah in časopisih, predavanji in nastopi v živo, na radiu in televiziji.

dr. Sonja Jejčič
članica uredniškega odbora revije Fizika v šoli

Se lahko na kratko predstavite?

Sem Prekmurka, ki živi v Ljubljani in dela v Ajdovščini. Kot redna profesorica za astronomijo na Fakulteti za naravoslovje Univerzi v Novi Gorici predavam na vseh stopnjah študija fizike in astrofizike. Sem tudi raziskovalka v Centru za astrofiziko in kozmologijo, članica več mednarodnih astronomskih kolaboracij, vodja projektov Evropske vesoljske agencije, članica Sveta Evropskega astronomskega društva in organizatorka prvega simpozija Mednarodne astronomske zveze v Sloveniji.

Ker sta delo z mladimi in popularizacija astronomije zame zelo pomembna, sem bila od začetka tekmovanja v znanju astronomije pri DMFA Slovenije in vse do leta 2023 predsednica državne komisije za to tekmovanje. Skupaj z Matejem Mihelčičem in astronomsko revijo *Spika* sem soustanovila projekt GoChile, v okviru katerega od leta 2021 študenti in študentke Univerze v Novi Gorici ter dijaki in dijakinje raziskujejo južno nebo z modernim, daljinsko vodenim teleskopom v observatoriju El Sauce v Čilu.

Sem urednica spletnega *Portala v vesolje* (www.portalvvesolje.si) in sodelavka zavoda Cosmolab.

Od leta 2018 pišem redne kolumne za časopis *Delo*.

Skratka, sem oseba, ki sta ji dan in noč vedno prekratka.

S čim se ukvarjate?

Že od diplome so osrednja tema mojih raziskav pojavi, povezani s črnimi luknjami, pri čemer uporabljam teoretične modele in eksperimente / astronomska opazovanja.

S pomočjo računalniških simulacij proučujem, kaj se zgodi z zvezdo, ki pride v bližino supermasivne črne luknje, kakršna se skriva v središču naše Galaksije. Kako črna luknja s svojo plimsko silo raztrga zvezdo, kaj se z raztrgano zvezdo zgodi po tem, kako tak pojav opaziti s teleskopi in sateliti. Doslej je bilo zaznanih okoli sto plimskih raztrganj zvezd. V prihodnjih nekaj letih si obetamo, da bo Observatorij Vere Rubin (ki ima teleskop z osemmetrskim zrcalom in zornim poljem deset kvadratnih stopinj) v okviru svojega deset let trajajočega pregleda neba *Legacy Survey of Space and Time* vsako noč zaznal kar deset novih plimskih raztrganj zvezd. To nam bo omogočilo bolj raznovrstne in podrobnejše študije dogajanja v središčih galaksij.

Ukvarjam se tudi z najmočnejšimi eksplozijami v vesolju – izbruhi sevanja gama. Nekateri od njih nastanejo ob koncu življenja masivne zvezde, ko se njena sredica sesede v nevtronsko

zvezdo ali črno luknjo. Drugi pa nastanejo ob zlitju dveh nevtronskih zvezd ali nevtronske zvezde in črne luknje. Tovrstne dogodke poleg satelitov in teleskopov zaznavajo tudi detektorji gravitacijskih valov LIGO in Virgo.

Kdaj in kako ste opazili, da vas fizika zanima oziroma da vam je všeč?

Naravoslovje in tehnika sta me zanimala že v osnovni šoli – hodila sem na modelarski krožek in tekmovanje iz matematike. Fizika mi je postala všeč proti koncu srednje šole, predvsem zaradi profesorja, ki nam jo je predstavil na zanimiv način. Všeč mi je bilo, da ni bilo učenja na pamet, ampak je bilo mogoče iz nekaj osnovnih zakonov z razmišljanjem in sklepanjem rešiti vrsto različnih nalog in problemov. Fizika mi je všeč, ker opisuje svet, naravo okoli nas in ker išče njene osnovne zakone – nekaj, kar se ne spreminja z danes na jutri. Še posebej me zanima astronomija – kako je nastalo vesolje, kaj vse se v njem dogaja in skriva.

Fizika mi je všeč, ker opisuje svet, naravo okoli nas in ker išče njene osnovne zakone – nekaj, kar se ne spreminja z danes na jutri.

Je imel kdo poseben vpliv na vašo izbiro študija fizike? Morda starši, učitelji ali učiteljice? Vas je kdo pozitivno spodbujal?

Pozitivno spodbudo za zanimanje za matematiko sem dobila od osnovnošolskega učitelja matematike. Na mojo izbiro študija je seveda vplivalo zanimanje za fiziko, ki sem ga odkrila zahvaljujoč našemu takratnemu profesorju. Vendar je bila izbira študija povsem moja odločitev. Razmišljala sem še o matematiki in kemiji, a sem se na koncu odločila za fiziko, ker se mi je zdela ravno prav splošna, temeljna in hkrati uporabna. Starši so me pri izbiri študija in tudi na nadaljnji poklicni poti podpirali. Nikoli nisem od njih slišala, da naravoslovje in tehnika »nista za dekleta«, prej obratno. Mama in oče sta z veseljem videla, da sem v osnovni šoli hodila na modelarski krožek, in sta bila kar ponosna, da sta mi matematika in fizika šli dobro.

Kakšen je bil odnos učiteljev ali učiteljic, profesorjev ali profesorice fizike, sošolcev in sošolk do vas in vašega zanimanja za fiziko? Se je ta odnos kaj spreminjal s stopnjo šolanja – v osnovni šoli, srednji šoli, na fakulteti? Imate občutek, da so vas obravnavali kot enakovredno sošolcem moškega spola?

V srednji šoli sem imela občutek, da so nas profesorji in profesorice obravnavali enako, čeprav sem seveda opazila, da je bilo na tekmovanjih v znanju fizike manj deklet kot fantov. Sošolci in sošolke so me sprejemali tako, kakršna sem bila, sem pa nekajkrat dobila čudne poglede od drugih vrstnikov in vrstnic, ker sem bila »netipična«.

Na fakulteti sem v splošnem imela občutek, da smo bile študentke obravnavane enako kot študenti, vendar se je skozi občasne pripombe in šale včasih prikradel občutek, da nas deklet »v povprečju« nimajo za povsem enakovredne. Za oceno deset na ustnem izpitu je moralo dekle znati bolje kot fant. Tak vtis sem potem večkrat dobila še med doktorskim študijem in po njem, ko je prišlo do zaposlitev na fakulteti, izvolitev v nazive, predlog za nagrade. Kar nekajkrat sem slišala stereotipne pripombe, da so ženske pridne in natančne, moški so pa »res dobri« in imajo odlične raziskovalne ideje. Če k temu še dodam, da sta bili v času mojega študija le dve profesorici fizike (in pri nobeni nisem poslušala predavanj), sem dobila občutek, da je »vrh fizike« rezerviran za moške in da se ženska tja zelo težko prebije.

Bi želeli našim bralkam in bralcem še kaj sporočiti?

Za zanimanje deklet za fiziko ali druga področja STEM¹ je zelo pomembno, da imajo spodbudo in podporo staršev, širše družine in učiteljic in učiteljev, profesorice in profesorjev.

Ker smo vsi produkt družbe, ki je še vedno polna stereotipnih predstav o vlogah, lastnostih in zanimanjih spolov (v učbenikih, medijih, knjigah, serijah in filmih), smo pogosto nezavedno pristranski. V naši kulturi na primer bolj pričakujemo, da bodo zanimanje in talent za fiziko kazali fantje (v muslimanskih državah je to bolj enakomerno porazdeljeno med spoloma), zato morda ne prepoznamo zanimanja in talenta nekega dekleta. Zavedati se moramo, da imajo dekleta v fiziki, matematiki in na drugih stereotipno »fantovskih« področjih lahko sindrom vsiljivca – občutek, ki ga ima oseba, ki je v neki skupini v manjšini (npr. dekleta v fizikal-

Za zanimanje deklet za fiziko ali druga področja STEM je zelo pomembno, da imajo spodbudo in podporo staršev, širše družine in učiteljic in učiteljev, profesorice in profesorjev.

¹ STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) znanost, tehnologija, inženirstvo in matematika



Udeleženke in udeleženci druge poletne šole GoChile.

nem krožku, otrok imigrantov, temnopolti med svetlopoltimi), da ne spada tja, da je tam po naključju, po pomoti in da jo bodo vsak čas »razkrinkali«.

Mislim, da bi se morali vsi, ki delamo v izobraževanju, bolj truditi, da presežemo nezavedno pristranskost in da prepoznamo sindrom vsiljivca ter k zanimanju za fiziko spodbujamo tudi dekleta. Pri tem moramo upoštevati, da dekleta še vedno pogosto vzgajamo drugače od fantov. Zato deklet morda ne motivirajo razna tekmovanja, ampak bolj sodelovalno delo.

Pri tekmovanju v znanju astronomije pri DMFA Slovenije je kolegica dr. Dunja Fabjan preverila delež deklet: v zadnji triadi osnovne šole je med sodelujočimi približno polovica deklet in polovica fantov, v srednji šoli pa je delež deklet zgolj 27 %. Na prehodu iz osnovne v srednjo šolo se torej nekaj zgodi in zelo pomembno je, da uspe profesorjem in profesoricam na začetku srednje šole obdržati ali na novo vzbuditi zanimanje deklet.

Hkrati je bilo med prijavljenimi na 1. in 2. poletno šolo astronomije GoChile za dijakinje in dijake, ki smo jo organizirali leta 2022 in 2023, kar dve tretjini deklet. Morda je bil ta delež visok, ker ni šlo za tekmovanje. Cilj šole je namreč bil, da vsak udeleženec ali udeleženka izvede raziskovalni projekt in pri tem naredi korak naprej v svojem znanju in veščinah. Morda je pomagala tudi vključujoča raba jezika – v vabilih za prijave smo namreč dosledno uporabljali oba slovnična spola in tako poudarili, da na poletno šolo vabimo dijake in dijakinje. Na ta način dekletom ni bilo prepuščeno, da se »prepoznajo« v običajni množini »dijaki«, ampak smo jih povabili eksplicitno. Rezultati obeh poletnih šol so bili izjemni, tako po izvedenih projektih kot tudi po delovnem, raziskovalnem vzdušju. ■

Bili smo na svetovni konferenci o poučevanju in raziskavah o poučevanju fizike

dr. Mojca Čepič

Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

V zadnjem tednu avgusta (od 26. do 30. avgusta 2024) je v Krakovu na Poljskem potekala **4. svetovna konferenca o izobraževanju v fiziki** (4th World Conference on Physics Education) z motom »Skupaj sprejmemo spremembe« (Embracing changes together).

V današnjem svetu, ko resnice ne ločimo od laži, generiranega prispevka od avtorskega, ideje od izmišljotine in tako dalje, postaja poučevanje predmeta, ki temelji na poskusih, kjer za sklepanje obstajajo podatki, kjer so podatki ponovljivi, če so pridobljeni na enak način, izjemno težavno. Eden najpomembnejših ciljev poučevanja fizike postaja učenje razmišljanja. Fiziki »razmišljanje« razumemo kot skladnost razlag, njihovo preverljivost s poskusi, njihovo napovedno moč. Ne verjamemo v zgodbe samo zato, ker jih tisk mnogokrat ponovi ali jih slišimo mnogokrat ponovljene v medijih. V tem smislu je naše delo Siziſovo. Razvajenim možganom je mnogo lažje vgraditi različna sporočila, ki niso v nasprotju s trenutno mrežo znanja v možganih, kot preurediti vso obstoječo mrežo tako, da bo mogoče vgraditi nova spoznanja. Zato mnogi raje slišijo, da je Zemlja ploščata, in spodbujajo odpor proti cepljenju.

Kakorkoli, na konferenci so pomembna spoznanja predstavili plenarni predavatelji z daljšimi, enournimi predavanji, npr. kako v poučevanje fizike vključevati klimatske spremembe. Vzporredno so potekale številne sekcije, kjer so predavatelji svoje raziskave predstavili v krajših, četrtturnih predavanjih. Potekali so simpoziji oziroma skupna predavanja z istim skupnim imenovalcem in številne praktične delavnice.

Med predavatelji je bilo tudi precej učiteljev na preduniverzitetni ravni, predvsem tistih, ki so pred udeležbo na konferenci sodelovali v treh projektih Erasmus+:

Three Dimensions of Inquiry in Physics Education (2017–2020, 3DIPhE, koordinatorica Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta),

Supporting Transitions Across Math and Physics Education (2020–2023, STAMPed, koordinatorica Dublin City University) in Remote Inquiry in Science Education (2021–2023, RISE, koordinatorica Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta).

V teh projektih je bila mednarodna komunikacija zelo poudarjena, zato so si številni med njimi drznili predstaviti svoja spoznanja tudi neposredno na konferenci akademskega značaja, ena od sodelavk RISE pa je prejela tudi nagrado Sare Barbieri za odličnega učitelja, na kar smo še posebej ponosni. Poleg predavanj so mnogi učitelji imeli panelne predavitve, nekateri pa celo delavnice. Tradicionalno so delavnice najbogatejši vir novih poskusov in idej za eksperimentalno delo. Predavanja se pogosteje posvečajo teoretičnim raziskavam poučevanja fizike.

Konference se je udeležilo sedem Slovencev. Štirje s Fakultete za matematiko in fiziko, dve s Pedagoške fakultete v Ljubljani ter ena učiteljica z Osnovne šole Kolečija. V svojih predavanjih so predstavili pristope k poučevanju kvantne mehanike in učinkovitemu spremljanju laboratorijskih vaj (Faletič, 2024), večina preostalih prispevkov pa se je posvečala prenovi temeljnih predmetov na enem od programov na Fakulteti za matematiko in fiziko (Mohorič, 2024; Mahne, 2024; Šarlah, 2024) oziroma so predstavljali rezultate raziskav, ki so potekale s sodelujočimi iz tujine (Štibi, 2024). Poleg predavanj je bil na delavnici predstavljen preprost poskus plavanja in taljenja ledu v dvoplastnem sistemu olja in vode, ki je bil do sedaj napačno analiziran (Amini Košmrlj, 2024).

V današnjem svetu, ko resnice ne ločimo od laži, generiranega prispevka od avtorskega, ideje od izmišljotine in tako dalje, postaja poučevanje predmeta, ki temelji na poskusih, kjer za sklepanje obstajajo podatki, kjer so podatki ponovljivi, če so pridobljeni na enak način, izjemno težavno.

Konference se je udeležilo sedem Slovencev.

Nekaj slikovnih utrinkov s konference ilustrira živahnost dogajanja.



Slika 1: Velika dvorana med plenarnim predavanjem.



Slika 2: Predavanja v manjših sekcijah, predava prejemnica nagrade Sare Barbieri in sodelujoča pri projektu RISE Joanna Biel-Kiepusa.



Slika 3: Delavnica o taljenju ledu v olju.



Slika 4: Skupinska slika udeležencev konference.

Vsi omenjeni prispevki so objavljeni v Zborniku razširjenih povzetkov konference *4th World Conference on Physics Education: Embracing changes together: Aug. 26–30, 2024, Kraków, Poland*, ki ga je leta 2024 izdala Jagelonska univerza v Krakovu.

- (a) Amini Košmrlj, Nina, Čepič, Mojca. Floating and Melting of Ice in Oil.
- (b) Faletič, Sergej, Michelini, Marisa, Pospiech, Gesche. Teaching and learning quantum entanglement.
- (c) Faletič, Sergej, Mahne, Nastja, Planinšič, Gorazd. Development and transferability of scientific abilities in an ISLE-based lab course.
- (d) Logman, Paul, Bearden, Ian, Alemani, Micol, Faletič, Sergej. Panel discussion on learning goals and their assessment in physics labs
- (e) Mahne, Nastja, Faletič, Sergej, Planinšič, Gorazd. Students change in attitudes towards group work: a case study of the ISLE-based reform.
- (f) Mohorič, Aleš, Faletič, Sergej, Šarlah, Andreja, Mahne, Nastja, Planinšič, Gorazd. Student-centred reform of an Applied physics program.
- (g) Mohorič, Aleš, Mahne, Nastja, Planinšič, Gorazd. Physics lab in the reformed Applied Physics program at the University of Ljubljana.
- (h) Šarlah, Andreja, Mohorič, Aleš, Planinšič, Gorazd. How experienced faculty change their teaching practices to fit into reformed courses.
- (i) Štibi, Ivana, Čepič, Mojca, Pavlin, Jerneja. The Rasch model in the role of assessing the characteristics of the group of students on the physics knowledge test.

Slovnica za učitelje matematike in fizike

Peter Prelog,
upokojeni učitelj fizike

V reviji *Fizika v šoli*, 2. številka, leto 2023, na 14. strani, sem v Nalogi 9 prebral:

»... če bi bila gostota **dvakrat večja** in ... polmer **dvakrat manjši** ...«.

Pri tem se srečamo s težavo, s katero se, na žalost, tudi mnogi učitelji nočejo ukvarjati (»saj to ni pomembno ...« itd.). Toda prav članek na drugi strani iste revije opozarja na to, kako sta pomembna način razlage in oblikovanje nalog za šolarje ...! In v čem je problem?

Primer:

Janez ima 100 evrov, Tone ima 300 evrov, Miha pa 50 evrov.

Primerjajmo ta števila! Slovenci pri tem v vsakdanjem govorjenju in pisanju uporabljamo dva načina:

Prvi način:

Tone ima trikrat več kot Janez. ($300 = 3 \cdot 100$)

Miha ima dvakrat manj kot Janez. ($50 = 100/2$)

(*n*-krat več od *x* pomeni množenje z *n*: $n \cdot x$, $n > 1$;

n-krat manj od *x* pomeni deljenje z *n*: x/n , $n > 1$)

(Pri množenju si lahko pomagamo tudi s »Tone ima **trikrat toliko** kot Janez« – toda to ni vsakdanje.)

Drugi način:

Tone ima dvakrat več kot Janez. ($300 = 100 + 2 \cdot 100$)

Miha ima ...? (pol manj kot Janez?)

(*n*-krat več od *x* pomeni prištevanje *nx* k začetni vrednosti: $x + n \cdot x = (n + 1)x$)

(Pomagamo si lahko s: Tone ima (za?, še?) dvakrat več ... toda to ni vsakdanje)

(*n*-krat manj od *x* pomeni odštevanje *nx* od začetne vrednosti)? $x - n \cdot x = (1 - n)x$? – to se nasploh ne uporablja! $n = 1$

Ali ima Tone (300) pogovorno trikrat ali dvakrat več kot Janez (100)? Nasploh se zdi vprašanje preneumno, da ne bi mogli nanj odgovoriti! In nikar (in to prav učitelji fizike, matematike) ne recite, da je to nepomembno, saj bi to morali otrokom pojasniti že pri najosnovnejšem pouku o številih! Če piše v poročilu, da je včeraj padlo v Gazi 100 ljudi, danes pa dvakrat več – ali je to 200 ali 300?

Pa si mislimo: 100 padlih gor ali dol, saj mene to nič ne prizadene! To je sicer neumna in groba izjava, toda prav taka je naša (učiteljska) nemarnost pri reševanju osnovnega učnega in splošnega problema, številke niso vedno le učilniška pomembnost!

Pred desetimi leti sem poskušal vzbuditi pozornost strokovnih kolegov s podobnim pisanjem v *Obzornik* (2013/3, 5, 2014/1), pa se mi ni posrečilo! Pedagogi – nič, slovničarji – nič, zato vse priznanje Ireni Swanson (matematičarka) in Marjanu Hribarju (fiziku), ki sta napisala svoje pomisleke. Irena Swanson je menila, da problema ni, zanjo je bil pravilen le drugi način! Morda bi se lahko strinjali z njo, toda poglejmo posledice na besedilu 9. naloge!

Besedilo te naloge je pisano v prvem načinu, po drugem načinu »dvakrat manj« ne obstaja (torej tudi »dvakrat manjši polmer« ne, saj že »enkrat manj« kot 100 je 0 ($100 - 1 \cdot 100 = 0$),

Ali ima Tone (300)
pogovorno trikrat
ali dvakrat več kot
Janez (100)?

»dvakrat manj« pa je potem negativno število)! Ob drugem načinu govorjenja – so tudi »trikrat manj«, »stokrat manj«, ... govorni nesmisli in se tako sploh ne sme govoriti (in pisati v besedila nalog)! »Dvakrat večja gostota« od ρ pa je $\rho + 2 \cdot \rho = 3\rho$!!

In še sladkorček za fizike – formula v drugem načinu: če je temperatura enkrat večja, se energija poveča petnajstkrat!! (Tipično: ko je naš izobraženec videl ta stavek, ga je – poln znanstveno-pravičniškega navdušenja – začel vsestransko popravljati. Dejansko sploh ni razumel, zakaj sem to napisal!)

In če Janez zasluži 100, Tine (v drugem načinu) pa enkrat več (200), potem tudi ne smem reči, da direktor (1000) zasluži desetkrat več kot Janez – ampak samo devetkrat! Toda pristaši drugega načina ne govorijo tako, pa bi morali!

Irena Swanson se sklicuje tudi na angleščino, ki naj bi zahtevala drugi način. Ta argument pa je seveda zelo tehten, saj – kot kaže – Slovenci brez angleščine ne bomo mogli preživeti!

Zanimivo pa je, da izraz »enkrat več« (drugi način!) uporabljajo tudi uporabniki prvega načina (drugi način: 200 je »enkrat več« kot 100), saj je v prvem načinu $1 \cdot 100 = 100$ – to pa ni »več« kot 100! »Enkrat več« je nesmiselno v prvem načinu in smiselno v drugem – mi pa neprizadeto uporabljamo (in učimo!) oboje hkrati!

Celo če bi se odločili za slabši način, bi to bilo še vedno boljše od tega, da hkrati uporabljamo dva protislovna načina primerjanja števil! Ali pa tudi vi mislite, da o tem ni potrebno razmišljati in predlagati rešitev?

IZ ZALOŽBE ZAVODA RS ZA ŠOLSTVO

Ravnatelj in vodenje dela razrednikov

*Področja vodenja dela razrednikov,
orodje za analizo stanja, scenarij za
delavnico*

Dr. Tatjana Ažman in mag. Marina Pavčnik sta razdelili **vloge in naloge ravnatelja pri vodenju dela razrednikov** na šest področij, pripravili sta **orodje za analizo stanja posameznega področja in scenarij za delavnico**, s katero ravnatelj z razredniki in svetovalnimi delavci šolske svetovalne službe izvede strokovno razpravo in postavi cilje za izgradnjo vključujočega okolja za razvoj učencev.

Na voljo brezplačno v PDF obliki v Digitalni bralnici ZRSŠ.

https://www.zrss.si/pdf/ravnatelj_in_vodenje_dela_razrednikov.pdf



$mg(h_1 - h_2) = mv^2/2,$
 $v^2/r > g.$

Zakaj niste
upoštevali trenja?

saj nismo
neumni...

Kdo namaka avtke
v solatnem olju?

