

2

2016

Letnik 21

Fizika v šoli

Poštnina plačana pri pošti 1102 Ljubljana



STROKOVNI PRISPEVKI:

Antiatomi

Anizotropija v snoveh – optična dvolomnost in demonstracija komplementarnih barv (2. del)

DIDAKTIČNI PRISPEVKI:

Poskus pri Kresnički: natega

Izobraževalni lističi Scientix NA-MA

Deset let Verižnega eksperimenta



60 let
Zavod
Republike
Slovenije
za šolstvo



KAZALO

Jaka Banko Uvodnik	3
------------------------------	---

STROKOVNA PRISPEVKA

Janez Strnad Antiatomi	4
----------------------------------	---

Vitomir Babič Anizotropija v snoveh – optična dvolomnost in demonstracija komplementarnih barv (2. del)	8
---	---

DIDAKTIČNI PRISPEVKI

Barbara Rovšek Poskus pri Kresnički: natega	15
---	----

Erna Meglič in Neža Poljanc Hitrost pri športu	23
--	----

Marjanca Komar Sence razsežnih svetil	26
---	----

Jaka Banko in Andreja Bačnik Izobraževalni lističi Scientix NA-MA	32
---	----

Gorazd Planinšič Sveteče diode: reševanje kompleksnih problemov	35
---	----

Timotej Maroševič Uporaba mikrokrmilnika Arduino pri pouku fizike	48
---	----

Jurij Bajc, Saša Zihlerl, Katarina Susman Deset let Verižnega eksperimenta	53
--	----

Robert Buček Prometna varnost in fizika	56
---	----

UPODOBITVE V FIZIKI

Mojca Čepič Senca in polsenca, redka gosta v višjih razredih	59
--	----

ZANIMIVOSTI

Obiskali smo 5. Znanstveni piknik	64
--	----

Obiskali smo Muzej iluzij	65
----------------------------------	----

Rdeče črnice – strip	66
-----------------------------	----

Priporočamo v branje	67
-----------------------------	----



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

ISSN 1318-6388

FIZIKA V ŠOLI
letnik XXI, številka 2, 2016

Izdajatelj in založnik:

Zavod RS za šolstvo

Predstavniki:

dr. Vinko Logaj

Odgovorni urednik:

Jaka Banko

Uredniški odbor:

dr. Vladimir Grubelnik, dr. Tomaž Kranjc,

dr. Marko Marhl, Milenko Stiplošek,

dr. Barbara Šetina Batič, dr. Ivo Verovnik,

dr. Mojca Čepič, Goran Bezjak

Jezikovni pregled:

PreLePo, Andraž Polončič Ruparčič, s. p.

Prevod povzetkov in članka *Sveteče diode:*

reševanje kompleksnih problemov

Ensitra prevajanje, Brigita Vogrinec, s. p.

Urednici založbe:

Simona Vozelj in Andreja Nagode

Oblikovanje:

Simon Kajtna, akad. slik.

Računalniški prelom in tisk:

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

Naklada: 410 izvodov

Prispevke pošljite na naslov: Zavod RS za šolstvo,
Uredništvo revije Fizika v šoli, Poljanska c. 28,
1000 Ljubljana, e-naslov: fizikavsoli@guest.arnes.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): 19,50 € za šole in ustanove, 17,25 € za posameznike, 16,50 € za dijake, študente in upokojenca. Cena posamezne številke v prosti prodaji je 10,95 €.

Revija je vpisana v razvid medijev, ki ga vodi Ministrstvo za kulturo pod zaporedno številko 570.

© Zavod Republike Slovenije za šolstvo, 2016
Vse pravice pridržane. Brez založnikovega pisnega dovoljenja ni dovoljeno nobenega dela te revije na kakršenkoli način reproducirati, kopirati ali kako drugače razširjati. Ta prepoved se nanaša tako na mehanske oblike reprodukcije (fotokopiranje) kot na elektronske (snemanje ali prepisovanje na kakršenkoli pomnilniški medij).

Poštnina plačana pri pošti 1102 Ljubljana.

Spoštovani!

Švedska akademija znanosti se je odločila, da letošnjo Nobelovo nagrado za dosežke na področju fizike podeli trem britanskim znanstvenikom. Pri tem je poudarila, da so letošnji nagrajenci s svojimi raziskavami »odprli vrata v neznani svet«. Tudi v uredniškem odboru se trudimo, da bi vam revija Fizika v šoli odpirala vrata, vrata navdiha, vas pospremila v zanimivi svet fizike ter vas navdala z ustvarjalno močjo, novimi idejami in razmišljanji. Vsem avtorjem se zahvaljujemo za trud, ustvarjalni pristop in pomemben prispevek k razvoju stroke.

V rubriki Strokovni prispevki se s člankom »Antiatomi« dotaknemo enega od pomembnih nerešenih vprašanj v fiziki. Če so ob začetku vesolja za nastanek antidelcev veljali enaki zakoni kot za nastanek delcev, zakaj merjenja tega ne podpirajo? Članek opisuje lastnosti antidelcev in stanje na področju raziskav. Kaj razumemo pod pojmom komplementarnost barv v fiziki, si lahko preberete v drugem članku z naslovom »Anizotropija v snoveh – optična dvolomnost in demonstracija komplementarnih barv«.

Pri didaktičnih prispevkih si preberite o zakonitostih pretakanja z natega, ki so jih učenci morali upoštevati, da so pravilno rešili naloge na tekmovanju v znanju naravoslovja Kresnička. V prispevku si lahko preberete še zanimivo primerjavo uspešnosti reševanja naloge med učenci in študenti četrtega letnika.

Tesno povezani področji fizike in športa so v OŠ Orehek združili v eno učno uro, ki je bila izvedena v telovadnici. V prispevku je opisan primer medpredmetne povezave na temo hitrost pri športu. Sledi opis izvedbe preprostega poskusa s sencami razsežnih svetil, ki mu sledijo rezultati poskusa in teoretična razlaga. Prek učenja z raziskovanjem učenci dobijo izkušnjo o obliki senc za predmeti, ki jih osvetljuje razsežno svetilo, in ugotovijo, kako na obliko sence vplivajo oblika svetila in oblika predmeta ter razdalje med njima ter zaslonom. V nadaljevanju so predstavljeni izobraževalni lističi, ki jih je pripravila skupina svetovalcev področne skupine za naravoslovje na Zavodu RS za šolstvo. Izobraževalni lističi prinašajo primere dejavnosti in različne ideje, namenjeni pa so aktivnemu, samostojnemu učenju z raziskovanjem, ter sodelovanju in vključevanju vseh učencev in dijakov v pouk.

»Sveteče diode: reševanje kompleksnih problemov« je prispevek, ki vsebinsko dopolnjuje prispevek, objavljen v prvi letošnji številki revije Fizika v šoli. V tem prispevku avtorja pokažeta primere uporabe LED kot črnih skrinjic, ki lahko dijakom pomagajo pri preučevanju mehanskih, električnih, elektromagnetnih in svetlobnih pojavov. Sledi prispevek, v katerem je kot alternativa merilnim instrumentom Vernier predstavljena uporaba mikrokontrolerov Arduino. V članku so opisane njegove prednosti in slabosti ter prvi koraki za uporabo pri pouku.

Letos maja je na Jesenicah potekal že 12. Verižni eksperiment. Na kratko predstavljamo zgodovino te prireditve, ki je ena od aktivnosti iz svetovnega leta fizike 2005. Z zadnjim prispevkom, ki pa se ukvarja z v sakanjem življenju zelo pomembno temo, opozarjamo na pomen pravilnega obnašanja v prometu. Učitelj fizike lahko razloge podkrepi s fizikalno razlago. Kako? Odgovor se skriva v prispevku z naslovom »Prometna varnost in fizika«.

Kaj v fiziki imenujemo »senca«? V tokratni razpravi o rabi jezika pri pouku fizike se ukvarjamo s senco, polsenco in z vsem, kar je povezano z njima.

Kot zanimivost vam predstavljamo 5. Znanstveni piknik v Zagrebu in Muzej iluzij.

In za konec: Vabimo vas k soustvarjanju revije, pustite tudi vi svoj pečat v njej v obliki prispevka, komentarja, novice, zanimivosti .. Naj bo revija Fizika v šoli tudi vaša revija.

Jaka Banko, odgovorni urednik

Antiatomi

dr. Janez Strnad

Povzetek

Vsak delec ima svoj antidelec, ki ima enako maso in razpolovni čas, a nasproten električni naboj. Ob začetku vesolja so za nastanek antidelcev veljali enaki zakoni kot za nastanek delcev. Kako to, da je v vesolju tako malo antidelcev? To je eno od pomembnih nerešenih vprašanj fizike.

Abstract

Every particle has its antiparticle with the same mass and half-life, but opposite charge. When the universe was created, the creation of antiparticles was governed by the same laws as the creation of particles. How come there are so few antiparticles in the universe? That is one of the important, unsolved mysteries in physics.

Ozadje

Vzemimo katero znano reakcijo delcev ali razpad delca. Opazujemo pojav v zrcalu, učeno povedano, v koordinatnem sistemu, ki ga zrcalimo na izhodišču, kar zaznamujemo s *parnostjo P*. Opazujemo pojav, pri katerem delce nadomestimo z antidelci, kar zaznamujemo s *konjugacijo naboja C*. Opazujemo pojav v obrnjenem časovnem redu, kar zaznamujemo z *obratom časa T*. Najprej so mislili, da dobimo v vseh treh primerih mogoč pojav, ki je enako pogost kot prvotni pojav. V tem primeru bi bili pojavi *invariantni* na parnost *P*, na konjugacijo naboja *C* in na obrat časa *T*. Leta 1956 sta Tsung Dao Lee in Chen Ning Yang spoznala, da to ne velja, če pojav povzroči šibka jedrska *interakcija* (z interakcijo v *kvantni teoriji polja* opišemo delovanje delca na delec, ki ga sicer opišemo s silo). Velja pa, če ga povzroči *elektromagnetna interakcija* ali *močna jedrska interakcija*. Za »raziskovanje tako imenovanih zakonov parnosti, ki pripeljejo do pomembnih odkritij o osnovnih delcih«, sta že leta 1957 dobila Nobelovo nagrado. Šibka interakcija torej ni invariantna ne na *P* in ne na *C*. To imenujemo *neohranitev* parnosti in konjugacije naboja.

Potem so nekaj časa mislili, da so pojavi po šibki interakciji invariantni na *kombinirano parnost CP*, da torej dobimo mogoč pojav, če pri znanem pojavu delce nadomestimo z antidelci in opazujemo v zr-

calu. Antidelec ima enako maso in razpadni čas kot delec, a nasprotno nekatere druge lastnosti, denimo električni naboj. Nekateri nevtralni antidelci se ne razlikujejo od svojih delcev, na primer foton ali nevtralni pion. Leta 1964 sta James Cronin in Val Fitch s sodelavcema ugotovila, da pri majhnem delu pojavov z nevtralnimi mezoni *K* to ne velja. Za »odkritje prekršitve osnovnih načel simetrije pri razpadu nevtralnih mezonov *K*« sta leta 1980 dobila Nobelovo nagrado. Pri pojavih po šibki interakciji gre torej tudi za neohranitev kombinirane parnosti *CP*.

Iz zelo splošnih izhodišč sledi, da so pojavi invariantni na *CPT*. Ne glede na interakcijo dobimo mogoč pojav, če pri znanem pojavu delce zamenjamo z antidelci, opazujemo v zrcalu in obrnemo čas. Iz neohranitve *CP* pri šibki interakciji potem sledi neohranitev *T*. Pojavi, ki jih povzroča šibka interakcija, po obratu časa potekajo drugače. Spomnimo se, da v svetu velikih teles zaradi entropijskega zakona v termodinamiki ne velja invariantnost proti obratu časa.

Delci in antidelci v vesolju

Ob začetku vesolja so za nastanek antidelcev veljali enaki zakoni kot za nastanek delcev. Tudi če upoštevamo, da je bila učinkovita šibka interakcija, ne moremo pojasniti sedanje prevlade delcev nad antidelci v vesolju. Mogoče bi bilo, da bi v vesolju bilo enako število galaksij iz antidelcev kot galaksij iz delcev.

A merjenja ne podpirajo te možnosti. Merilniki na umetnih satelitih so med delci iz vesolja zaznali samo posamezne antiprotone, kot jih pričakujemo zaradi trkov delcev z veliko energijo iz vesolja s preostalimi delci v medzvezdnem plinu (proton je jedro vodika, antiproton pa njegov antidelec). Drugih antijeder iz antiprotonov in antinevtronov niso zaznali. Tako merjenje so izvedli tudi na Mednarodni vesoljski postaji (ISS). Tako kaže, da v vesolju delci močno prevladujejo nad antidelci.

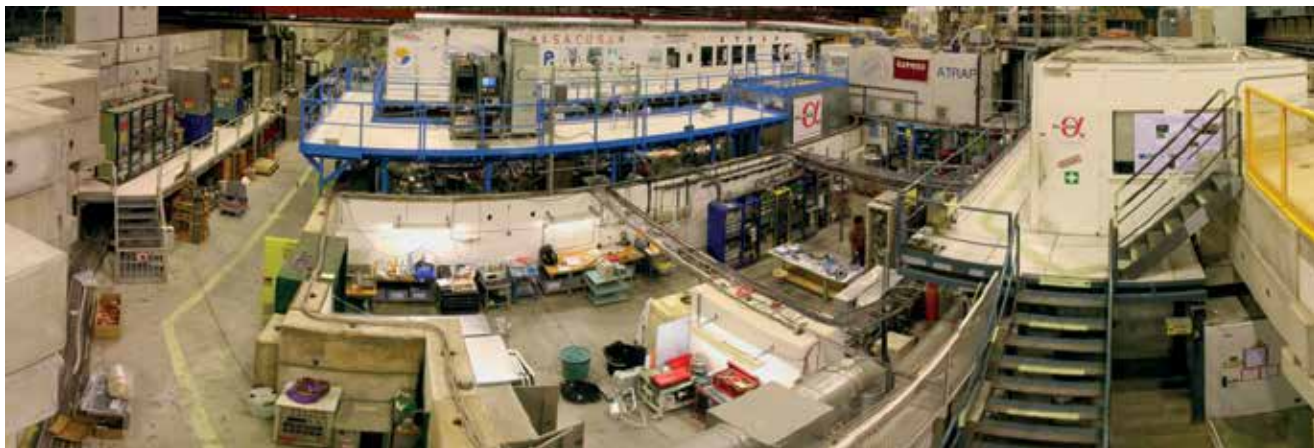
Denimo, da je v vesolju na milijardo antidelcev prišla milijarda in en delec. Milijarda antidelcev se je anihilirala z milijardo delcev. Od vseh teh antidelcev in delcev je preostal en sam delec. Ti preostali delci sestavljajo zvezde in galaksije. Danes pride v vesolju približno en proton ali nevtron na milijardo fotonov (nevtron je nevtralen delec, ki podobno kot proton sestavlja atomska jedra). Zato smo v prejšnjem premisleku izbrali milijardo.

Andrej Saharov je med prvimi ugotovil, da za antidelce niso mogli veljati enaki zakoni kot za delce, če v vesolju prevladujejo delci nad antidelci. Med razvojem vesolja sta morali biti prekršeni konjugacija naboja C in kombinirana parnost CP. Mogoče bi bilo tudi, da bi bila prekršena simetrija CPT, čeprav se zdi ta možnost bolj oddaljena. Opisali smo, kako poskusi kažejo, da sta pri šibki interakciji prekršeni konjugacija naboja C in kombinirana parnost CP. Toda opazovani prekršitvi pri pojavih po šibki interakciji ne moreta pojasniti, da pride v vesolju en proton ali nevtron na milijardo fotonov. Pojasnili bi lahko kvečjemu to, da bi na en proton ali nevtron prišel trilijon fotonov, z drugimi besedami, da »bi v vesolju obstajala ena sama galaksija«.

Merjenja z antidelci

V Evropski organizaciji za jedrske raziskave (CERN) v Ženevi deluje največji pospeševalnik na svetu – veliki hadronski trkalnik (LHC). Septembra 2014 so ga po prenovi, ki je trajala poldrugo leto, začeli pripravljati za ponovno delovanje. Zdaj bodo z njim začeli meriti. Največ pozornosti vzbujajo veliki merilniki v štirih velikih podzemnih dvoranah. Z merilnikoma ATLAS (A Toroidal LHC Apparatus, svitkasta naprava LHC) in CMS (Compact Muon Solenoid, kompaktna mionska tuljava), visokima kot šestnadstropni stavbi, so leta 2012 odkrili Higgsov delec. Z merilnikom ALICE (A Large Ion Collider Experiment, veliki ionski trkalniški poskus) raziskujejo trke svinčevih jeder s protoni in s svinčevimi jedri ter z merilnikom LCHb pri pojavih z mezoni B iščejo odgovor na vprašanje o prevladi delcev nad antidelci.

Poleg poskusov z velikimi merilniki poteka v CERN-u še veliko manjših poskusov, ki vzbujajo manj pozornosti, a so tudi zanimivi. Mednje sodijo poskusi z antiatomi. Protonski sinhrotron sicer daje protone, ki jih vbrizgavajo v LHC. Pri opisanih poskusih pa gruče protonov z energijo 26 GeV iz njega usmerijo na iridijevo tarčo. Pri reakcijah protonov s protoni in nevtroni v jedrih nastanejo pari protonov in antiprotonov, nekako en par na milijon reakcij. Del nastalih antiprotonov z energijo 2,7 GeV zberejo z magnetnim poljem in jih uvedejo v antiprotonski decelerator oz. pojemalnik (AD). Krožni nakičevalni obroč ima obseg 188 metrov. V njem z izmeničnim električnim poljem zavirajo gruče antiprotonov, obratno kot v pospeševalniku pospešujejo gruče protonov. Pri *elektronskem hlajenju* s trki z elektroni dosežejo, da postajajo gruče antiprotonov



Slika 1: Položaj antiprotonskega deceleratorja v CERN-u. Gruče protonov najprej pospeši linearni pospeševalnik, nato jih vbrizgajo v krožni pospeševalnik in iz njega v protonski sinhrotron, ki jih pospeši do energije 26 GeV. Te vbrizgajo v veliki hadronski trkalnik ali jih usmerijo na tarčo, v kateri nastanejo antiprotoni. Del teh zajame antiprotonski decelerator.

vse manjše. Enak namen ima stohastično hlajenje, pri katerem posebne elektrode na določenem kraju v antiprotonskem deceleratorju otipajo gruče antiprotonov. Po vodnikih preko naprav napajajo elektrode na nasprotni strani obroča z napetostjo, ki antiprotone zavrača proti težišču gruče [1], [4].

Do leta 1996 so v CERN-u poganjali trkalnik s protoni in antiprotoni. Antiprotone so dobili na opisani način s tremi napravami: z antiprotonskim kolektorjem (AC), antiprotonskim akumulatorjem (AA) in nizkoenergijskim antiprotonskim obročem (LEAR). V LHC pa ne uporabljajo antiprotonov, pač pa gruče protonov krožijo v nasprotnih smereh v dveh bližnjih ceveh. Omenjene naprave z antiprotoni so postale odveč. Da ne bi opustili raziskovanja z antiprotoni, so leta 1997 začeli graditi antiprotonski decelerator (AD). Zanj so porabili dele prejšnjih naprav AA, AC in LEAR, katerih vlogo je prevzel. Uporabljajo ga od leta 2000 kot edino napravo na svetu, ki daje antiprotone s tako majhno energijo. Medtem ko so si prej morale gruče antiprotonov slediti v kratkem časovnem razmiku 2,4 sekunde, AD oddaja gruče s 30 milijoni antiprotonov vsakih 90 sekund.

Gruče antiprotonov vodijo skozi tanke kovinske lističe, da se jim pri trkih energija nadalje zmanjša. Tako dobijo antiprotone z energijo nekaj tisoč elektronvoltov. Pri tem izgubijo 99,9 % antiprotonov. Tej izgubi se bodo izognili z antiprotonskim obročem s posebno majhno energijo (ELENA, Extra Low Energy Antiproton ring). Nakopičevalni obroč z obsegom, manjšim od 30 metrov, bo dajal gruče antiprotonov z energijo samo 0,005 MeV. Obroč gradijo v dvorani deceleratorja tako, da ne moti poskusov. Končan naj bi bil do leta 2017.

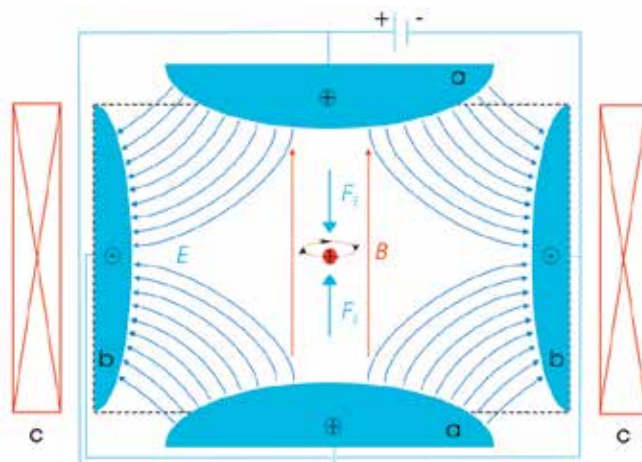
Prenovo LHC, med katero ni deloval protonski sinhrotron, so pri antiprotonskem deceleratorju dobro izkoristili [3]. Temeljito so pregledali enega od 24 odklonskih magnetov in dotrajane dele nadomestili z novimi. Dogradili so nov del za poskus BASE, pri katerem nameravajo zelo natančno izmeriti magnetni moment antiprotona in ga primerjati z magnetnim momentom protona. Sredi poletja 2014 so dela končali. V dvorani antiprotonskega deceleratorja poskuse izvajajo mednarodne raziskovalne skupine:

- antiprotonska/antivodikova past (ATRAP) raziskuje svetlobo, ki jo sevajo atomi antivodika;
- atomska spektroskopija in trki počasnih antiprotonov (ASACUSA) z laserji raziskuje vodikove antiatome in nenavadne atome iz helijevega iona in antiprotona; naprava za lasersko fiziko

antivodika (ALPHA) preizkuša ohranitev CPT s spektroskopijo hiperfine razcepitve atomov antivodika; poskus z antisnovjo: gravitacija, interferometrija, spektroskopija (AEGIS) raziskuje padanje atomov antivodika in je še v gradnji.

Prve atome antivodika so v CERN-u dobili že leta 1995 pri trku gruče antiprotonov s curkom atomov ksenona. Toda ti antiatomi so imeli veliko hitrost in z njimi ni bilo mogoče izvajati natančnih spektroskopskih merenj. Skupina ATHENA, predhodnica naštetih skupin, je leta 2002 dobila prve atome antivodika z majhno hitrostjo in z njimi izvedla prva merjenja.

Naštete skupine uporabljajo valjaste *Penningove pasti* različnih izvedb. V pasti močno magnetno polje z gostoto od 3 do 5 tesel v smeri osi zadržuje delce v radialni smeri. Močno električno polje z napetostjo do 10 kilovoltov pa delce zadržuje v radialni smeri. Elektrode so razvrščene tako, da ima električna potencialna energija po osi na razdalji dobrih deset centimetrov dve grbi. V dolini med njima se naberejo pozitroni, v grbah pa antiprotoni z nasprotnim nabojem. Pozitroni pridobijo na primer pri radioaktivnem razpadu β^+ umetnega izotopa ^{22}Na . Past ohladijo s tekočim helijem na 4 do 15 kelvinov. Elektroni in pozitroni v močnem magnetnem polju krožijo z veliko frekvenco in sevajo sinhrotronsko valovanje. S tem izgubljajo energijo, ki jo pri trkih prevzemajo od antiprotonov. Tako antiprotoni izgubljajo energijo, da imajo naposled energijo, ki ustreza nizki temperaturi. S posebnimi prijemi dosežejo, da se gruči antiprotonov približata gruči pozitronov in se pozitron in antiproton zvežeta v atom antivodika, brž ko se njuna energija zmanjša pod ionizacijsko energijo atoma 13,5 elektronvolta. Na



Slika 2: Penningova past in električni potencial po njeni osi.

opisani način ATRAP ustvari okoli deset tisoč atomov antivodika na dan. Antiatomi so nevtralni, zato jih polji ne vežeta. Gibljejo se iz pasti in ob stiku z elektrodami se antiproton anihilira s protonom, pozitron pa z elektronom.

Atom antivodika sestavljata antiproton in pozitron – kot atom vodika sestavljata proton in elektron. Atomi imajo magnetni moment kot drobne magnetnice. V nehomogenem magnetnem polju na magnetnico deluje sila proti gostejšemu polju, če magnetni moment kaže v smeri polja, ali proti redkejšemu polju, če magnetni moment kaže v nasprotni smeri polja. Tako je mogoče z nehomogenim magnetnim poljem zajeti nevtralne atome antivodika. Pri poskusu ATHENA so z večplastnim polprevodniškim merilnikom zaznali pri anihilaciji antiprotona in protona nastale pione in po njih določili kraj, kjer je prišlo do anihilacije. Hkrati so s scintilacijskim merilnikom s cezijevim jodidom zaznali fotona in po njiju ugotovili kraj anihilacije pozitrona in elektrona. Tako so se lahko prepričali o nastanku atoma antivodika in ugotovili kraj anihilacije. Past te vrste pa je zelo plitva. Pri gostoti magnetnega polja 1 tesla veže le delce s kinetično energijo, kot ustreza temperaturi pod 0,5 kelvina ali energijo $kT = 4,3 \cdot 10^{-5}$ elektronvolta. Zato zadržijo le kako tisočino atomov.

Vseeno je leta 2012 pri poskusu ALPHA uspelo atome antivodika zadržati več minut. Če ne bi bilo pasti, bi se anihilirali z delci snovi v milijoninah sekunde. Natančno so merili valovno dolžino svetlobe, ki jo sevajo antiatomi pri prehodih iz vzbujenih stanj. Primerjava z valovno dolžino pri ustreznih prehodih atomov vodika bi lahko razkrila, ali se antidelci razlikujejo od delcev. Pri poskusu ASACUSA

želijo podrobno raziskati sevanje atomov antivodika, da bi ga primerjali s sevanjem atomov vodika. V ta namen morajo antiatome spraviti na kraj, kjer ni magnetnega polja. Poročali so že o prvih uspehih [4].

Pri poskusu AEGIS, ki ga gradijo od leta 2010, bodo neposredno opazovali padanje gruč atomov antivodika v zemeljskem težnem polju. Na razdalji enega metra pri vodoravni hitrosti 500 m/s pade gruča samo za 9,8 pm. Vendar je na poseben način z dvema mrežicama z razmikom med sosednjima režama 40 pm in z merilnikom v razdalji 25 mm to mogoče izmeriti. Pri tem pot antiatomov primerjajo s potjo svetlobe.

Raznovrstni poskusi z atomi antivodika obetajo, da bomo v prihodnje natančneje spoznali njihove lastnosti. To utegne prispevati k odgovoru na vprašanje o antidelcih v vesolju. Za zdaj take poskuse izvajajo le v CERN-u. Načrtujejo pa podobne poskuse tudi drugod.



Slika 3: Pogled na del antiprotonskega deceleratorja v CERN-u.

Viri in literatura

- [1] *Antiproton decelerator*. en.wikipedia.org/wiki/Antiproton_Decelerator (september 2015).
- [2] Asacusa produces first beam of antihydrogen atoms for hyperfinestudy (2014). *Cern Courier*, marec 2014, 5.
- [3] Beams back at the Antiproton Decelerator. (2014). *CERN Courier*, november 2014, 7.
- [4] Kellerbauer, A. (2014). Antimaterie im Labor, *Physik-Journal*, 13(7), str. 27–33.

Anizotropija v snoveh – optična dvolomnost in demonstracija komplementarnih barv (2. del)

mag. Vitomir Babič

Šolski center Celje, Gimnazija Lava

Povzetek

Pred vami je nadaljevanje članka, katerega prvi del je bil objavljen v prejšnji številki revije. V prvem delu smo opisali pojav dvolomnosti in možnost demonstracije pojava, pri kateri uporabimo plast tekočega kristala. Prav tako smo omenili, da lahko plasti dvolomne snovi izbrane debeline bistveno spremenijo polarizacijo prepuščene svetlobe. V nadaljevanju se osredotočimo na prehod bele svetlobe skozi plast dvolomne snovi ter analiziramo barvnost prepuščenih svetlob za različne kombinacije kotov med polarizatorjem in analizatorjem.

Abstract

Before you is the continuation of the first part of the article, which was published in the previous issue of the journal. The first part discussed the phenomenon of double refraction and the possibilities for demonstrating said phenomenon using a layer of liquid crystal. It also mentioned that layers of a doubly refracting substance of a specific thickness can significantly alter the polarisation of transmitted light. The rest of the article focuses on the transmission of white light through the layer of the doubly refracting substance, and analyses the hue of the transmitted light for various combinations of angles between the polariser and analyser.

Barva in komplementarnost barv

V prvem delu članka [1] smo pokazali, kako lahko plast dvolomne snovi spremeni polarizacijo svetlobe. Z ustreznim izbranim kotom med optično osjo vzorca ter polarizatorjem vpadne svetlobe dosežemo eliptično polarizirano prepuščeno svetlobo, v kateri je faza odvisna od dvolomnosti vzorca, njegove debeline in valovne dolžine svetlobe. Gostoto svetlobnega toka, ki jo prepušča polarizatorju (P) vzporedni analizator (A), označimo z j_{\parallel} , gostoto svetlobnega toka, ki jo prepušča na P pravokotni A, pa z j_{\perp} (glej enačbi 3.1 in 3.2, [1]). Prepuščeni gostoti svetlobnega toka seštejemo in dobimo izraz:

$$\frac{j_{\parallel}}{j_0} + \frac{j_{\perp}}{j_0} \propto \frac{1}{4} \left(1 - \cos \left(\frac{2\pi d}{\lambda_0} \Delta n \right) \right) + \frac{1}{4} \left(1 + \cos \left(\frac{2\pi d}{\lambda_0} \Delta n \right) \right) = \text{konst.}$$

Vsota teh dveh gostot svetlobnega toka je gostota vpadnega svetlobnega toka j_0 . Povzemimo – na dvolomni vzorec posvetimo z enobarvno svetlobo z gostoto svetlobnega toka j_0 in opazujemo svetlobni tok skozi polarizatorju vzporedni analizator j_{\parallel} . Nato enostavno zasučemo A za 90° – gostota prepuščenega svetlobnega toka se spremeni v

j_{\perp} . Ker velja $j_0 = j_{\parallel} + j_{\perp}$, vidimo, da sta prepuščeni gostoti glede na gostoto vpadnega svetlobnega toka komplementarni. Če paralelna P in A prepuščata veliko svetlobe, bosta pravokotna P in A prepuščala malo svetlobe. V primeru, da je dvolomna plast ravno ploščica $\frac{\lambda}{2}$, paralelna P in A ne bosta prepustila nič svetlobe, ko pa analizator zasučemo tako, da sta P in A pravokotna, bo prepuščeni svetlobni tok enak vpadnemu.

Opisana odvisnost velja za katerokoli valovno dolžino svetlobe, ki jo pri poskusu uporabimo, torej lahko zapišemo:

$$\int_0^{\infty} \frac{d j_0}{d\lambda} d\lambda = \int_0^{\infty} \frac{d j_{\parallel}}{d\lambda} d\lambda + \int_0^{\infty} \frac{d j_{\perp}}{d\lambda} d\lambda$$

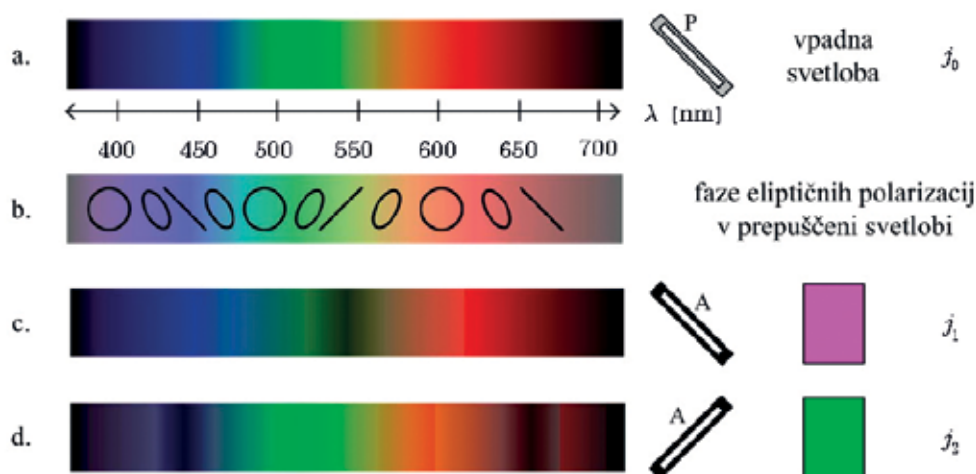
Pojav izkoristimo kot definicijo fizikalne komplementarnosti barv – če spekter neke svetlobe razcepimo na dva dela, sta razcepljena spektra (in s tem svetlobi) barvno natanko komplementarna.

Taka definicija komplementarnosti je splošnejša od običajne definicije komplementarnosti, kot jo uporabljajo v slikarstvu, kjer je v okviru teorije barv komplementarnost definirana takole:

Barvi sta komplementarni takrat, kadar je mogoče iz njiju zmešati nevtralno barvo [8]. (Nevtralne barve so bela, črna in njune mešanice – torej poljubni odtenki sive barve.)

Običajno je svetloba, s katero osvetljujemo vzorec, bela. Za vsako od enobarvnih komponent te svetlobe je izpolnjena komplementarnost med svetlobnima tokovima j_{\parallel} in j_{\perp} . Če torej analizator, skozi katerega opazujemo svetlobni tok, npr. neke enobarvne komponente ne absorbira, je ta svetloba v spektru j_{\perp} močno zastopana. Ko zasučemo analizator, vidimo svetlobni tok j_{\parallel} , v katerem te iste enobarvne komponente praktično ni. V opisanem primeru deluje dvolomni vzorec kot ploščica »lambda polovic«. Tak primer (za svetlobo z valovno dolžino $\lambda = 530$ nm) je prikazan na sliki 1 c.

Če spekter neke svetlobe razcepimo na dva dela, sta razcepljena spektra (in s tem svetlobi) barvno natanko komplementarna.



Slika 1: Popolnoma prepusten dvolomni vzorec osvetlivo z belo svetlobo, katere spekter vsebuje vse spektralne barve (a). Smer vpadne polarizacije je nakazana z režo P. Prepuščena svetloba je eliptično polarizirana, oblika elipse je funkcija valovne dolžine posamezne barvne komponente. Če je fazna razlika pri valovni dolžini $\lambda_1 = 530$ nm enaka 5π , je fazna razlika za $\lambda_2 = 440$ nm enaka $\sim 6\pi$ in za $\lambda_3 = 660$ nm je $\sim 4\pi$ (b). Če zasučemo analizator vzporedno z analizatorjem (j_{\parallel}), so enobarvne komponente, za katere velja $\Delta kd = N \cdot 2\pi$, v celoti prepuščene, svetloba, za katero velja $\Delta kd = 2N + 1 \cdot \pi$, pa v celoti absorbirane (c). Če analizator zasučemo za 90° (j_{\perp}), so razmere ravno komplementarne (d).

Analiza spektrov prepuščenih svetlob s tokovoma j_{\parallel} in j_{\perp} jasno pokaže, da sta spektra komplementarna. V skladu s principom barvne komplementarnosti torej velja tudi, da morata biti barvi prepuščenih svetlob tudi likovno natančno komplementarni. Poskusi to trditev potrjujejo.

Vpeljani pojem komplementa svetlobnega toka je uporaben za cel spekter vidnih svetlob in za njihove poljubne mešanice oz. delne spektre. Zanimivost te definicije je, da je KAKRŠENKOLI svetlobni tok pravzaprav komplementaren »črni« barvi. Če za osnovo uporabimo belo svetlobo, velja, da sta bela in črna komplementarni barvi (saj res z njunim mešanjem dobimo nek odtenek sivine, kar je v skladu z likovno definicijo komplementarnosti.)

Na tem mestu je potrebno poudariti, da se tako definirani komplementarni svetlobi razlikujeta v eni, pomembni lastnosti: polarizaciji obeh prepuščenih svetlobnih tokov sta pravokotni druga na drugo. Vendar tega ne moremo opaziti, saj človeške oči niso občutljive za polarizacijo svetlobe [3].

Eksperimentalna demonstracija komplementarnih spektrov

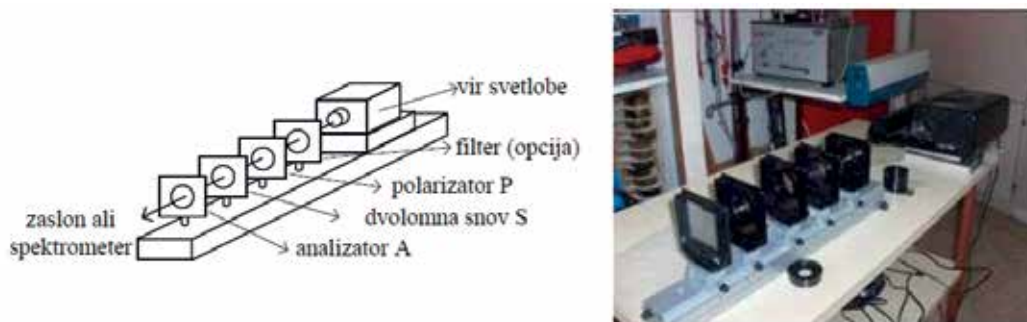
Kot dvolomno snov pri poskusu uporabimo plast celofana, ki ga poznamo kot običajno, poceni in lahko dostopno folijo za ovijanje raznih izdelkov. Uporablja se tudi kot nosilni trak pri samolepilnih trakovih. Tipična debelina posamezne plasti lepilnega traku je okrog $d = 23 \mu\text{m}$. Poznamo ga zgolj kot bolj ali manj prozorno snov in praviloma redko opazimo njegovo dvolomnost. Lomni količnik celofana znaša okrog $n = 1,5$. Celofan je dvolomen zato, ker ga med izdelavo pred sušenjem napenjajo in s tem nekoliko uredijo smer, v katero so orientirane dolge polimerne molekule, iz katerih je narejen. V smeri urejenosti polimernih molekul ima celofan drugačen lomni količnik kot v smeri, ki je na prvo pravokotna. Dvolomnost celofana znaša okrog $\Delta n = 0,010$ za vzorec iz lepilnega traku in $\Delta n = 0,018$ za vzorec iz navadnega celofana. Potrebujemo še dva polarizatorja (plastična polaroida), vir svetlobe (diaprojektor) in bel zaslon za vizualno opazovanje in fotografiranje. Za podrobnejšo analizo prepuščenih svetlob potrebujemo še spektrometer. Poskus lahko zastavimo kot preprost prikaz komplementarnih barv (listič celofana vtaknemo med polarizatorja) ali pripravimo podrobnejšo analizo dogajanja in kontroliramo posamezne elemente tako, da jih nanizamo na optično klop. Slednji način je primernejši za prikaz podrobnejše spektralne analize prepuščenih svetlob z uporabo ustreznega spektrometra. Bistvenih razlik med postavitvama elementov pri poskusu ni. Svetlobo usmerimo na polarizator, nato sledi vzorec. Za enostavnejše prikaze je vzorec lahko kar listič celofana, če gre za natančnejše meritve, pa ga vpnejo v okvir tako, da lahko kontroliramo njegovo kotno orientacijo glede na smer polarizacije vpadnega valovanja. Skozi vzorec prepuščeno svetlobo nato vodimo skozi analizator. Sledi analiza prepuščene svetlobe – lahko kar z očesom, za natančnejše meritve uporabimo spektralne analizatorje.

Pri demonstraciji komplementarnosti barv je dobro najprej preučiti svetlobo, ki jo prepuščata vzporedna polarizator in analizator (brez dvolomnega vzorca med njima!) – ta služi kot »referenčna« barva oz. »celota« (j_0), ki jo bomo kasneje s poskusom razstavljali na barvna komplementa. Če ta »referenčna« barva ni »bela«, tudi komplementarne barve ne bodo ustrezale likovnim definicijam komplementarnih barv. Ko vstavimo vzorec med polarizator in analizator, se prepuščena svetloba obarva. Pri poskusu se osredotočamo na dve barvi prepuščene svetlobe. Prvo dobimo pri vzporednih polarizatorju in analizatorju (j_{\parallel}), drugo pa takrat, ko analizator zavrtimo za pravi kot – takrat sta torej prepustni smeri polarizatorja in analizatorja pravokotni druga na drugo (j_{\perp}). Postavitev poskusa je prikazana na sliki 2.

V skladu s principom barvne komplementarnosti torej velja tudi, da morata biti barvi prepuščenih svetlob tudi likovno natančno komplementarni. Poskusi to trditev potrjujejo.

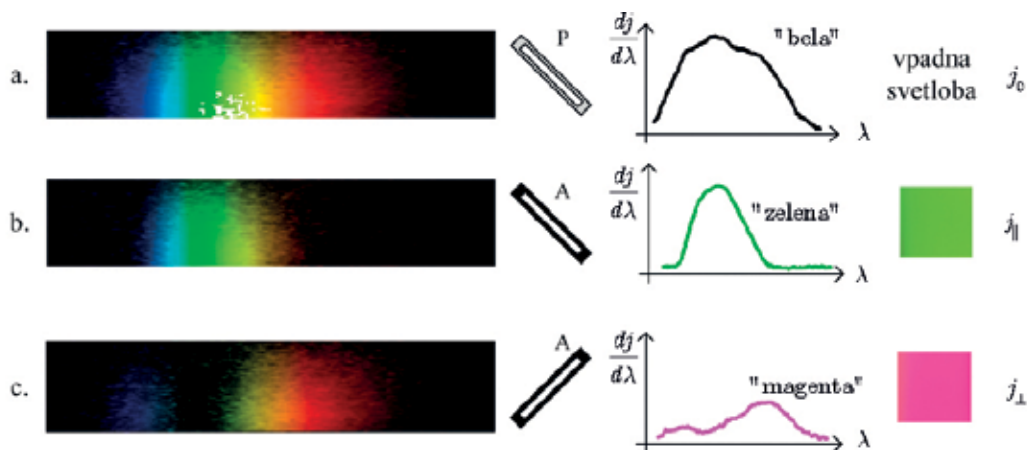
Kot dvolomno snov pri poskusu uporabimo plast celofana, ki ga poznamo kot običajno, poceni in lahko dostopno folijo za ovijanje raznih izdelkov.

Elementi, ki jih uporabljamo pri poskusu, so na voljo praktično v vsakem srednješolskem laboratoriju. Izbira vzorca je najmanjša težava – kakršenkoli celofan, tanjša plastične mase, pleksisteklo ali kaj podobnega. Še najbolje se odreže lepilni trak, prilepljen na stekleno ploščico. Za prikaz barvnosti od vzorca zahtevamo le, da je fazna razlika $\Delta\varphi$ med posameznima polarizacijama zgolj $N\pi$, pri čemer je N majhno število. Pri opisanem poskusu smo posneli spektre s spektrometroma TVSPEC (Elliot instruments LTD, priprava izmeri spekter ter tudi posame meritev v formatu AVI) in SPECTROVIS (Vernier).



Slika 2: Tipična postavitev elementov pri poskusu. Fotografija dejanske postavitve v šolskem laboratoriju.

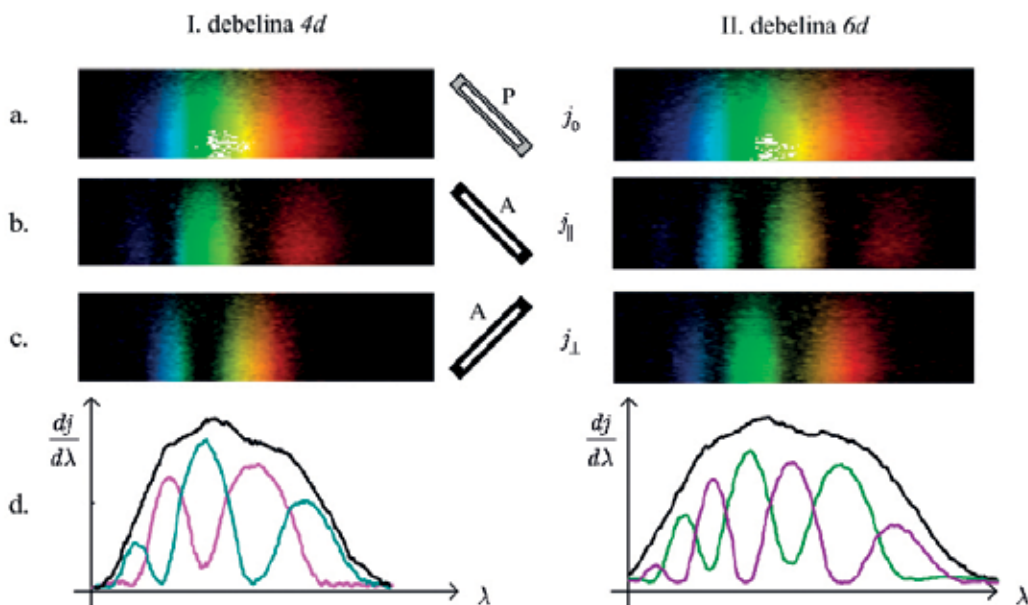
Pri eksperimentu izmerimo spektre svetlob, ki smo jih usmerili skozi različne dvolomne materiale, spreminjamo tako debelino materiala kot tudi orientacijo glede na polarizator in analizator. Prikazani so rezultati za primer, ko je vzorec zasukan za 45° glede na smer P–A (glej sliko 3).



Slika 3: Belo svetlobo s spektralno sestavo (a) polariziramo v določeni smeri (P), kot kaže reža na sliki. S to svetlobo presvetlimo listič iz celofana debeline $2d$, $d = 55,2 \mu\text{m}$. Svetloba, ki jo prepušča analizator (A) takrat, ko je postavljen vzporedno s polarizatorjem ($j_{||}$), je obarvana »zeleno«. Skrajno desno je slika s to svetlobo osvetljenega belega zaslona, ki je bila posneta s fotoaparatom HP R817 (b). Če zasučemo analizator tako, da prepustna smer oklepa pravi kot s smerjo polarizatorja, je prepuščeni svetlobni tok (j_{\perp}) tako spektralno kot tudi barvno komplementaren (c).

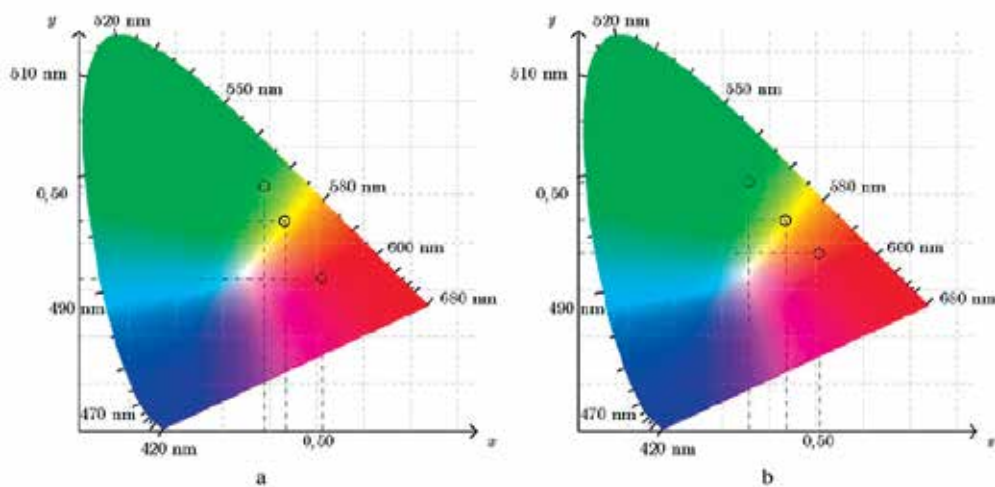
Rezultati poskusa dobro prikazujejo komplementarnost med $j_{||}$ in j_{\perp} . Vsota spektrov komplementarnih svetlob je zelo blizu (v okviru natančnosti eksperimenta) spektru svetlobe, s katero osvetljujemo vzorec. Če je ta svetloba bela, se barve ujemajo z barvami po napovedih barvnega prostora CIE xyz 1931 [5] in so v skladu s tem, kar o komplementarnosti barv navajajo likovne teorije. Če uporabljamo čedalje debelejši vzorec, postajajo prepuščene svetlobe čedalje bolj »bele«, saj vsebujejo nekaj barvnih komponent iz vseh delov spektra (slika 4).

Pri eksperimentu izmerimo spektre svetlob, ki smo jih usmerili skozi različne dvolomne materiale, spreminjamo tako debelino materiala kot tudi orientacijo glede na polarizator in analizator.



Slika 4: Spektar prepuščene svetlobe je odvisen od debeline vzorca. Na slikah so od zgoraj navzdol predstavljeni barvni spektri vpadne svetlobe (a), spektri svetlobe za obe komplementarni legi analizatorja (b in c) ter z instrumentom posneta porazdelitev prepuščenega toka od valovne dolžine svetlobe (za oba načina). Dvolomni vzorec je isti kot na sliki 3, debelina vzorcev je dvakrat ali trikrat večja. Komplementarnost spektrov je očitna. Debelejši kot je vzorec, več enobarvnih komponent zadošča pogoju za ploščico $0,5 \lambda$ (ali λ).

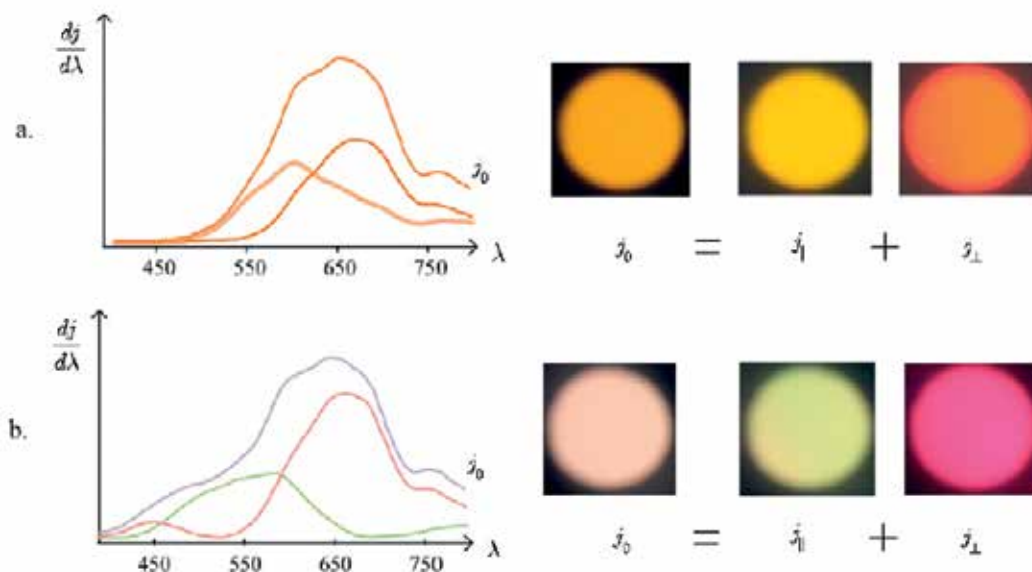
Spektar prepuščene svetlobe je odvisen od debeline vzorca.



Slika 5: Če poznamo spektar svetlobe, lahko izračunamo pozicijo barve te svetlobe v barvnem (kromatičnem) diagramu CIE 1931 [7]. Slika (a) kaže razmere za svetlobo, katere spektar je prikazan na sliki 4. Barvni vrednosti x in y sta bili izračunani s pomočjo definicij barvnosti za standardnega opazovalca [10]. Barvnost svetlobe, ki je potovala skozi vzporedna polarizator in analizator (brez dvolomnega vzorca), leži na diagramu v srednji točki $(0,4338; 0,4446)$. Svetloba ni bela – najbrž zaradi absorpcije v polaroidih, pa tudi temperatura nitke v žarnici je precej nižja od temperature Sonca. Barvni vrednosti za komplementarni svetlobi na sliki 4 b in c sta $(0,389; 0,516)$ in $(0,514; 0,315)$. Slika 5 (b) kaže podobno analizo svetlobe za primer, ko ima vzorec večjo debelino – spektar je prikazan na sliki 4 (debelina $4d$). Skladno s teorijo [4] se izkaže, da obe komplementarni barvi vedno ležita na premici, ki vsebuje barvo svetlobe, s katero svetimo na vzorec.

Zgoraj opisani eksperiment lahko izkoristimo za posplošeni prikaz komplementarnosti. V likovni teoriji so komplementarne barve definirane glede na BELO svetlobo. Bela svetloba je pravzaprav posledica spektra Sonca. Kako bi bile videti komplementarne barve v okolici hladnejše ali toplejše zvezde?

Če bi bilo Sonce hladnejše, bi spekter sevanja vseboval manj kratkovalovnih svetlob. Taka zvezda bi bila z našimi očmi videti nekoliko oranžne barve. Pri poskusu simuliramo svetlobo take zvezde tako, da pred polarizator vstavimo ustrezen filter in opazujemo prepuščeno svetlobo. Ko tako svetlobo razstavimo na barvne komplemente, vidimo, da sta taki komplementarni barvi z našimi očmi videti precej podobni druga drugi (slika 6 a). Na ta način lahko preizkušamo komplementarnost za kakršnokoli vhodno svetlobo. Slika 6 b prikazuje rezultate enega od tovrstnih poskusov.

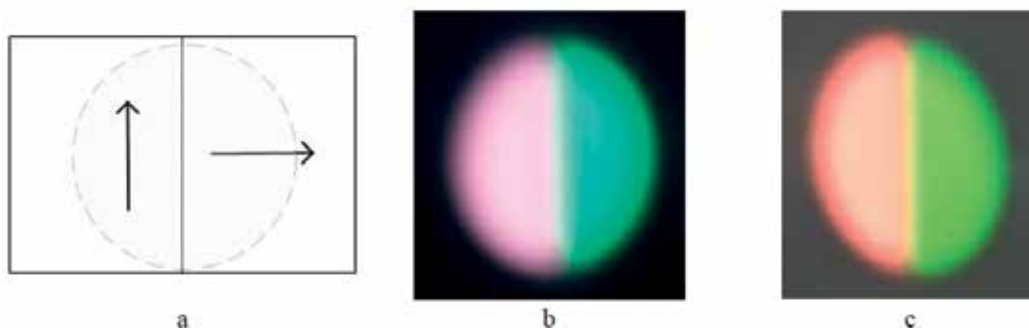


Slika 6: Svetloba, s katero osvetljujemo vzorec, ni nujno bela. Slika kaže spekter vpadne svetlobe in spektra obeh prepuščenih komplementarnih svetlob. Spektri so bili posneti s spektrometrom SpectroVis (Vernier). Fotografije belega zaslona, osvetljenega s svetlobo, so bile posnete s fotoaparatom HP R817. V obeh primerih je bil uporabljen dvolomni vzorec iz plasti prozornega samolepilnega traku debeline 110,4 μm . Svetlobi na obeh slikah sta nastali tako, da smo belo svetlobo usmerili skozi plastična filtra.

Prikaz komplementarnih barv lahko izvedemo še nazorneje, če na zaslon hkrati projiciramo obe komplementarni barvi. To lahko storimo tako, da analizator sestavimo iz dveh paroma pravokotnih analizatorjev. Barvna svetlobna lisa na zaslonu je tako razdeljena na dva barvno natančno komplementarna polkroga (slika 7).

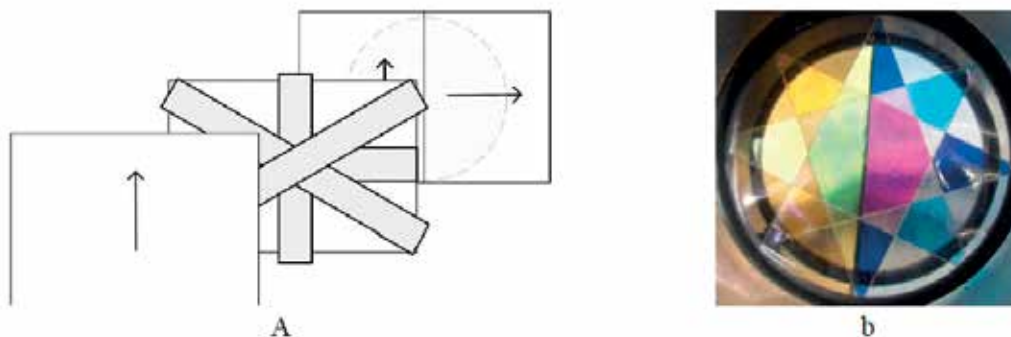
Na opisani način lahko prikažemo množico komplementarnih barvnih parov. Ni pa enostavno vnaprej napovedati, kateri barvno komplementarni par bo pri dani dvolomni snovi nastopil. Barvnost komplementov je odvisna od debeline vzorca d , njegove dvolomnosti Δn in od zasuka glavnih osi vzorca glede na polarizator in analizator α .

Prikaz komplementarnih barv lahko izvedemo še nazorneje, če na zaslon hkrati projiciramo obe komplementarni barvi.



Slika 7: Analizator sestavimo iz dveh paroma pravokotnih polarizatorjev (a), prepuščeno svetlobo usmerimo na bel zaslon in opazujemo barvno komplementarna polkroga (b in c).

Pri dani izvedbi barvne pare še najlažje spreminjamo tako, da vrtimo vzorec med polarizatorjem in analizatorjem.



Slika 8: Na začetek in konec cevi pritrdimo polarizator in analizator. V cev namestimo stekleno ploščico z nekaj plastmi lepilnega traku, vrtimo polarizator ali analizator ter opazujemo kalejdoskopske vzorce. Poleg tega, da so na pogled lepi, se lahko iz razporeditve barvnih ploskev naučimo veliko fizike.

Opisan je relativno preprost poskus s polarizatorji in dvolomno snovjo, pri katerem lahko lepo prikažemo nastanek barv brez uporabe pigmentov, barvil ali filtrov.

Zaključek

Če se na učitelja obrne dijak z željo, da naj mu npr. razloži delovanje LCD, nastopijo težave. Govoriti je treba o naravi svetlobe, o prehodu svetlobe skozi anizotropno snov, o »čudnih« (LC) stanjih snovi in kako do njih pride, o polarizaciji, o popolnem odboju, o načinih mešanja in dojemanja barv – skratka o temah, ki so iz rednega programa UN večinoma izpuščene. Pojasnjevanje odgovora bi vzelo krepko več časa, kot si ga lahko učitelj z zainteresiranim dijakom ukrade ob koncu ure in med odmorom. Samo obravnava tem, ki sem jih naštel, bi potrebovala kar nekaj šolskih ur.

Pričujoči članek ponuja možno kvalitativno obravnavo omenjene tematike (anizotropija, polarizacija, mešanje barv) v srednji šoli. Pričenja z dovolj preprosto sliko o anizotropiji snovi in jo predstavlja z

mehanskim modelom. Model pomaga pri razlagi razumevanja optične dvolomnosti snovi in je podpora razlagi nastanka in mešanja barv.

Opisan je relativno preprost poskus s polarizatorji in dvolomno snovjo, pri katerem lahko lepo prikažemo nastanek barv brez uporabe pigmentov, barvil ali filtrov. Pomembno pri poskusu je, da lahko prikažemo natančna barvna komplementa glede na svetlobo, s katero osvetljujemo vzorec. Če uporabimo za osvetljevanje vzorca belo svetlobo, lahko prikažemo vsa likovna pravila o komplementarnosti barv. Poskus je zanimiv za dijake, pa tudi priporočljiv za študente fizike v nižjih letnikih. Vsebuje temeljna načela valovne optike, še posebej lastnosti polarizirane svetlobe z učinkom dvolomnosti, in hkrati pouči študenta o lastnostih barvne svetlobe. S tega vidika je mogoče priporočiti podoben poskus tudi študentom likovne umetnosti.

Literatura

- [1] Babič, V. (2016). Anizotropija v snoveh – optična dvolomnost in demonstracija komplementarnih barv (1. del). *Fizika v šoli*, 21(1), str. 20–27.
- [2] Babič, V. (2009). *Dvolomnost in komplementarne barve*. Magistrsko delo, Ljubljana: FMF Fizika, Univerza v Ljubljani.
- [3] Babič, V. in Čepič, M. (2009). Complementary colours for a physicist. *European journal of physics*, 30(4), str. 793–806.
- [4] Falk, D. S., Brill, D. R. in Stork, D. G. (1986). *Seeing the Light*. New York: Harper in Row.
- [5] Hoffman, G., *CIE Colour Space*. <http://www.fho-empden.de/~hoffmann/ciexyz29082000.pdf>. (oktober 2008).
- [6] MacEvoy, B. <http://www.handprint.com/LS/CVS/colour.html>. (11. 18. 2008).
- [7] Mednarodna komisija za razsvetljavo (december 2008). <http://www.cie.co.at/>.
- [8] http://en.wikipedia.org/wiki/Complementary_colour (december 2008).
- [9] Pye, D. (2001). *Polarized Light in Science and Nature*. Bristol: Institute of Physics.
- [10] Shevel, S. K. (ur.) (2003). *The Science of Color*, 2nd Edition. Elsevier, Optical Society of America.

Poskus pri Kresnički: natega

dr. Barbara Rovšek

Pedagoška fakulteta Univerze v Ljubljani



Povzetek

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

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

Abstract

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

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

Uvod

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

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

Poskus z natego

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

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

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



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

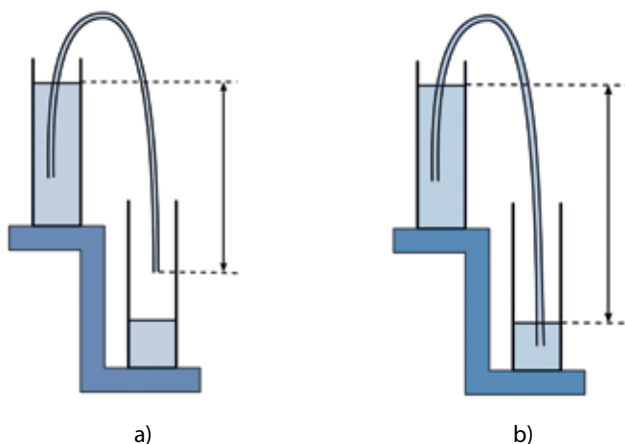
Na majhnem ozkem kozarcu z alkoholnim flomastrom označi višino, do katere ga boš po cevki polnil z vodo iz posode. Meri čas, v katerem se kozarec napolni do oznake, v odvisnosti od višine, na kateri je krajišče cevke, kjer voda izteka. Razmisli, glede na kaj boš meril višino krajišča cevke.

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



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

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



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

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

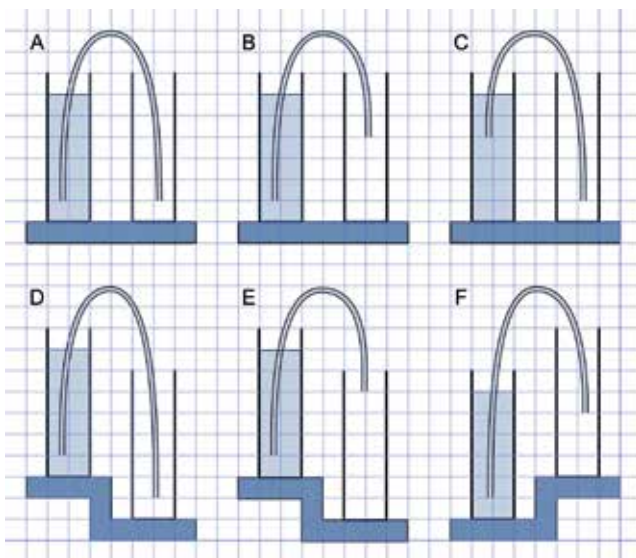
Spotoma so učenci lahko ugotovili tudi, katere okoliščine (parametri) na pretakanje vode ne vplivajo. Za zmožnost pretakanja ni pomembno, kolikšna je prostornina vode v posodah, na katerih nadmorskih višinah sta dni posod, kolikšni sta prostornini posod, kolikšna je dolžina cevke (dokler ni upor zaradi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

Naloga

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

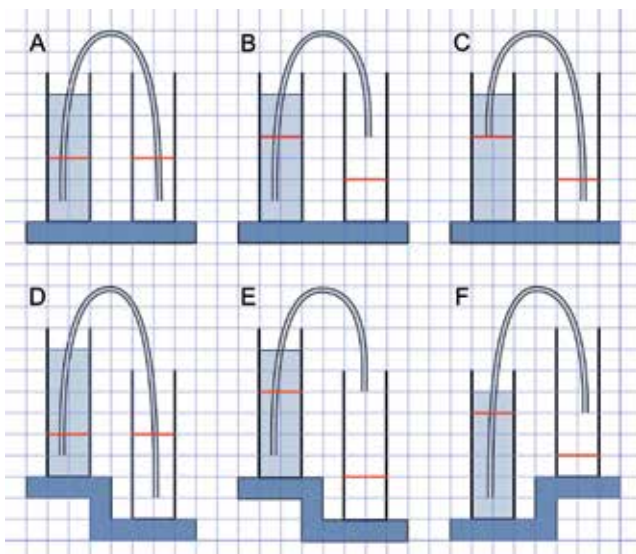
ima šest podvprašanj odprtega tipa, kaže slika 4, rešitve naloge pa slika 5. Za uspešno reševanje naloge so morali učenci upoštevati pogoje za pretakanje po cevki, zapisane pri ugotovitvah od U3 do U5, in dopustno okoliščino, opisano pri ugotovitvi U6. Pretakanje se pri posamezni postavitvi posod ustavi,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

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



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

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



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

Rezultati

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

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

Tabela 1: Deleži pravih odgovorov pri različnih postavitvah posod.

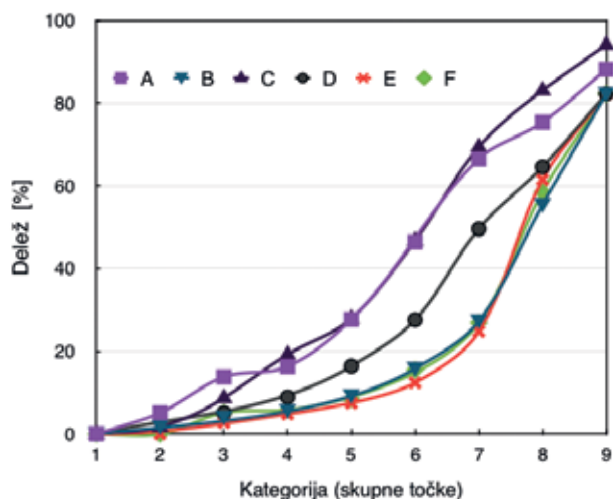
Postavitev	6. razred	7. razred
A	31,7 %	33,3 %
B	11,2 %	13,5 %
C	28,9 %	37,7 %
D	19,2 %	21,6 %
E	8,6 %	12,7 %
F	10,4 %	14,1 %

Tabela 2: Uspeh pri reševanju naloge.

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

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

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



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

Pred-test in po-test

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Sklep

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

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

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

Viri

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

Tekmovanje iz znanja naravoslovja Kresnička

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

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

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

¹ <http://www.dmfa.si>
² <http://www.kresnickadmfa.si>



Hitrost pri športu

Erna Meglič in Neža Poljanc

Osnovna šola Križe

Povzetek

V prispevku je opisan primer medpredmetne povezave med fiziko in športom. Predstavljena je učna ura fizike, ki je bila izvedena v telovadnici. Obravnavana tema je hitrost.

Abstract

The paper describes an example of a cross-curricular link between physics and sports. It presents a physics lesson which was carried out in a gym. The topic under discussion is speed.

Uvod

V opredelitvi predmeta Fizika v učnem načrtu je zapisano, da je fizika kot temeljna naravoslovna znanost tesno povezana z drugimi naravoslovnimi predmeti in vedami o okolju.

Didaktična priporočila predlagajo, naj bo učenje pojmov in dejstev čim bolj prepleteno z dejavnostmi učencev, eksperimentiranjem, ki vodi k razumevanju obravnavane snovi in usvajanju ciljev.

Priporočljivo je, da učenci zapisane cilje dosegajo z eksperimentalnim delom in izvajanjem poskusov. Učni načrt predlaga, naj učenci merijo čase pri teku na 60 m ali 100 m. Iz razdalj in časov izračunajo hitrosti.

Predstavitev izvedbe učne ure

V nadaljevanju so predstavljene priprava, izvedba in evalvacija šolske ure, izvedene pri poglavju *Enakomerno gibanje* v osmem razredu osnovne šole. Tema ure je bila hitrost.

Učno uro smo izvedli trije učitelji, športna pedagogica in učiteljica fizike. Pripravo na učno uro smo sestavili vsi trije učitelji skupaj, delo posameznega učitelja smo v pripravi ločili z barvami. Uskladili smo se glede navodil učencem in kako bo učna ura potekala. Učni uri je prisostvovala tudi ravnateljica.



Učna priprava

Predmet: FIZIKA IN ŠPORT

Razred: 8. a

Učitelji: Neža Poljanc, Anže Rener, Primož Meglič

Učni sklop: GIBANJE

Učna tema: **HITROST**

Učne metode: razgovor, pojasnjevanje, merjenje, obdelava meritev

Učne oblike: frontalna, individualna, delo v trojicah

Učni pripomočki: športna oprema, merilni trak, štoparice, kalkulatorji

Učni cilji:

- razvija hitrost in moč pri teku,
- razvija željo po čim boljšem osebnem rezultatu,
- s poskusi usvoji, da je hitrost količnik poti in časa,
- uporabi enačbo za računanje hitrosti: $v = \frac{s}{t}$,
- obvlada pretvarjanje med enotama za hitrost iz $\frac{m}{s}$ v $\frac{km}{h}$,
- oceni in izmeri vrednosti fizikalnih količin, jih ustrezno zapiše z merskim številom in enoto ter grobo oceni napake meritev,
- ustrezno zapiše rezultate in odgovore – z računom ovrednoti vpliv negotovosti podatkov (poti in časa) na negotovost izračunanega rezultata (hitrosti).

Realizacija učne ure

1. UVOD

Ogrevanje:

- lahkoten triminutni tek,
- skipping,
- džoging poskoki,
- tek z udarjanjem pet nazaj,
- grabljenje z nogami,
- hopsanje s poudarkom na dolžini in višini koraka,
- teki s poudarjenim odzivom.

2. GLAVNI DEL: **HITROST**

Z učenci se pogovorimo, s katerimi količinami opredeljujemo gibanje.

Gibanje opisujemo s količinami pot, čas, hitrost in pospešek.

Učencem razložimo, kako bodo spoznali hitrost: vsak bo izračunal povprečno hitrost svojega teka na 20 m.

Dva učenca z merilnim trakom določita razdaljo, na kateri bodo tekli.

Nato se razdelijo v skupine po tri. Vsak učenec opravi dve seriji petih tekov na 20 m. Druga dva merita njegove čase.

Svoje izmerjene čase si vsak zapisuje v zvezek, nato pa si izračuna hitrost za vsak posamezni tek.

$s [m]$	$t [s]$	$v = \frac{s}{t} \left[\frac{m}{s} \right]$
20,0	3,50	5,71

Primer:

$$s = 20,0m$$

$$t = 3,50s$$

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

$$v = \frac{20,0m}{3,50s} = 5,71 \frac{m}{s}$$

Hitrost izračunamo tako, da pot delimo s časom.

3. ZAKLJUČEK

Na koncu ure primerjamo izračunane vrednosti. Ugotovimo, kateri učenec je dosegel največjo hitrost. Pri tem omenimo še negotovost tako izmerjenih časov in negotovost iz njih izračunanih hitrosti (da ne bi kdo zmotno mislil, da je hitrost po tej metodi res določena na tri mesta natančno). Iz tega lahko tudi vidimo, katere hitrosti se razlikujejo za več, kot je ocenjena negotovost izračunane hitrosti. Pri hitrostih, kjer je razlika manjša od negotovosti rezultatov, ne moremo vedeti, katera hitrost je večja in katera manjša.

Sprinterski tek je ena izmed atletskih disciplin, pri katerih je uspešnost v veliki meri odvisna od genetskih dejavnikov. Tek je ena najelementarnejših oblik človekove motorike, osnova športa na splošno in temeljna disciplina atletike. Sprint je tek z največjo možno hitrostjo in najhitrejši način človekovega gibanja brez dodatnih pripomočkov. Sprinterski tek je ena od osrednjih atletskih disciplin, glede na kinematično strukturo, razvoj in stopnjevanje motoričnih ter funkcionalnih sposobnosti pa je tudi skupna osnova nekaterih drugih športnih panog.

Povemo, s kakšnimi treningi lahko izboljšajo svoje rezultate. Če pokažejo zanimanje, lahko meritve ponovimo ob koncu šolskega leta, da vidimo napredek.

Izračunane hitrosti pretvorimo iz $\frac{m}{s}$ v $\frac{km}{h}$, ker imajo učenci boljšo predstavo o hitrostih, izraženih v $\frac{km}{h}$.

$$\frac{m}{s} \rightarrow 3,6 \frac{km}{h}$$

Izvedba učne ure

Učno uro smo izvedli po napisani pripravi. Spremenili smo samo serijo tekov, namesto dveh smo izvedli samo eno, ker bi sicer zmanjkalo časa za dokončanje ure.

Evalvacija

Zastavljeni fizikalni cilji ure so bili v celoti doseženi. Učenci so bili za delo izredno motivirani. S hitrostjo so se seznanili na podlagi lastnih izkušenj in lastnega truda za boljši rezultat. Pojem hitrosti so odlično razumeli, tako pridobljeno znanje pa bo gotovo trajno. V prihodnje bi bilo dobro izpopolniti meritve poti (npr. z laserskimi merilniki) in časa (npr. s fotocelicami), saj so bili izmerjeni podatki precej nenatančni, kar posledično velja tudi za izračunane vrednosti hitrosti.

Sklep

Med dela in naloge ravnatelja spadata tudi spremljava in usmeritev učiteljevega dela. Vpliv spremljave na učiteljevo delo predstavlja najnovejša primerjalna študija OECD o evalvaciji in ocenjevanju (2013, 272), v katero je bilo vključenih 29 držav. Kadar je spremljava dobro izvedena, vpliva na motivacijo učiteljev, ki zaradi povratnih informacij dobijo nov zagon za delo in uvajanje sprememb.

Pomembni sta torej dobra priprava ravnatelja na hospitacije in pravilna ter pravočasna informiranost učiteljev o izvajanju hospitacij. V Letnem načrtu OŠ Križe so zapisane prednostne naloge, med katerimi je tudi medpredmetna povezava. Načrt spremljave učiteljevega dela je priloga letnega načrta.

Literatura

- [1] Ambrožič, M., Karič, E. idr. (2005). *Fizika, narava, življenje 2*. Ljubljana: DZS.
- [2] Beznec, B., Cedilnik, B. idr. (2013). *Moja prva fizika 2*. Ljubljana: Modrijan.
- [3] http://www.mss.gov.si/fileadmin/mss.gov.si/pageuploads/podrocje/os/devetletka/predmeti_obvezni/Fizika_obvezni.pdf (16. 1. 2014).
- [4] OECD. (2013) *Synergies for Better Learning*. Pariz: OECD.
- [5] Verovnik, I., idr. (2011). *Učni načrt. Program osnovna šola. Fizika*. Ljubljana: Ministrstvo RS za šolstvo in šport in Zavod RS za šolstvo.

Sence razsežnih svetil

Mag. Marjanca Komar

Osnovna šola Naklo

Povzetek

Igra senc je zanimiva in vedno aktualna ne glede na starostno obdobje. Kakšna slika nastane na zaslonu, ugotovimo z izvedbo preprostega poskusa. Pripravimo postavitev: razsežno svetilo, predmet in zaslon. Opazujemo sliko na zaslonu, medtem ko spreminjamo razdaljo med predmetom in zaslonom.

Abstract

Playing with shadows is always interesting and still relevant, irrespective of age. What image is produced on the screen we carried out with a simple experiment. We prepared a layout council, object and the screen. We are monitoring the image on screen while changing the distance between the object and the screen.

Uvod

Učenci pri pouku naravoslovnih predmetov z izvedbo poskusov dobijo osebno izkušnjo in si ustvarijo razlago pojava. Za poskus s senco, ki je primeren za pouk naravoslovja in fizike, smo uporabili interaktivni pristop. Glavni cilji so bili, da učenci spoznajo, da svetilo lahko oddaja svetlobo na vse strani, in ugotovijo, kako to spoznanje vpliva na obliko sence, ter da opredelijo pojme svetilo, osvetljeno telo, svetlobni curek in senca.

Učenci so napovedali rezultate poskusa po ogledu postavitve. Odgovarjali so na vprašanja: Kje je svetloba v prostoru? Ali se svetloba širi, in če se, kako? Kako nastane senca in od česa je odvisna njena oblika? Med njimi se je razvila konstruktivna debata. V našem poskusu so učenci na zaslonu (bela šolska tabla) opazovali sence izrezanih rožic iz papirja, ki so bile nalepljene na stekleno ploščo. Senca je imela obliko rožice, ko je bila steklena plošča blizu zaslona. Čim bolj se s stekleno ploščo od zaslona oddaljujemo, tem bolj se je izgubljala oblika rožice. Senca na zaslonu je prehajala v obliko svetila. Učenci so najprej napovedali, kaj se bo zgodilo, in nato svojo napoved preverili s poskusom.



Slika 1: Steklena plošča z nalepkami v obliki rožic.



Slika 2: Okroglo svetilo.



Slika 3: Svetilo v obliki asimetričnega križa.

Postavitev poskusa

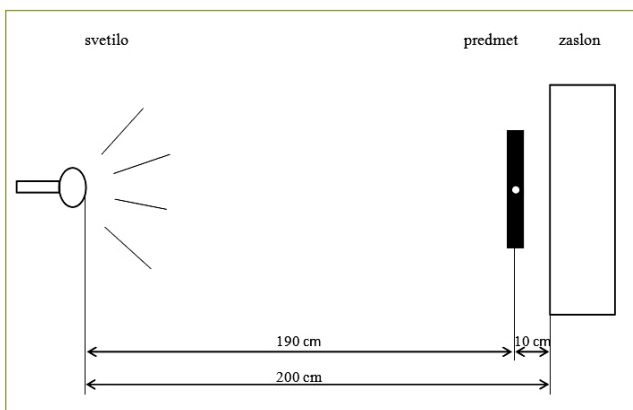
Za izvedbo poskusa potrebujemo: okroglo razsežno svetilo, v našem primeru posebej prirejeno razsežno svetilo v obliki asimetričnega križa, predmet (steklena plošča z nalepkami) in zaslon. Izkáže se, da optimalne rezultate poskusa (glede na razsežnost svetila in velikost predmeta) dobimo, če sta svetilo in zaslon na razdalji dveh metrov. Stekleno ploščo z nalepkami v obliki rožic (slika 1) med poskusom premikamo med zaslonom in svetilom. V našem primeru so celoten poskus izvajali učenci sami. Steklena plošča je imela med poskusom zaradi varnosti zaščitene robove.

Za prvi del poskusa uporabimo okroglo svetilo (slika 2), za drugi del pa svetilo v obliki asimetričnega križa (slika 3).

Za poskus s senco na stekleno ploščo nalepimo nalepke rožic, ki jih izrežemo z luknjačem. Ogledali smo si sence majhnih predmetov (rožic). Če so rožice blizu zaslona, so sence ostre in imajo obliko rožice. Čim bolj se od zaslona oddaljujemo, tem bolj senca blede, izgublja pa se tudi oblika rožice, dokler ne dobi oblike svetila [1].

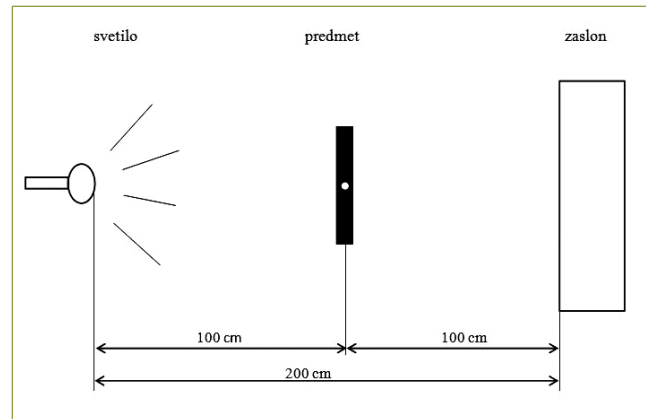
Osnovne postavitve:

Prva postavitev, pri kateri je predmet blizu zaslona.



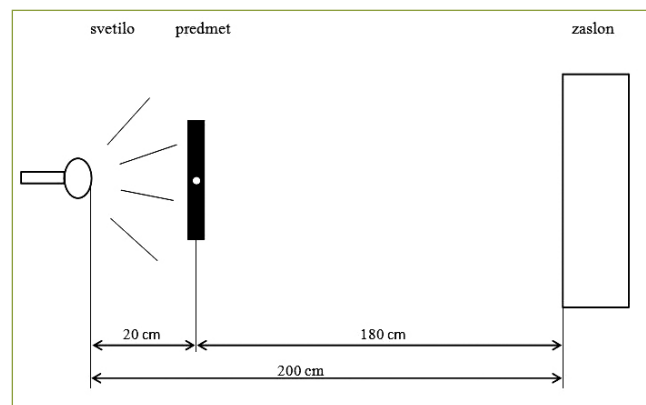
Slika 4: Postavitev, pri kateri je predmet blizu zaslona.

Naslednja postavitev, pri kateri je predmet na polovici razdalje med svetilom in zaslonom. Takrat se na zaslonu pojavi senca, ki ima obliko obeh, tako predmeta kot svetila.



Slika 5: Postavitev, pri kateri je predmet na polovici med svetilom in zaslonom.

Tretja postavitev, pri kateri je predmet blizu svetilu. Takrat dobi senca na zaslonu obliko svetila. V našem primeru krožno ali križno obliko.



Slika 6: Postavitev, pri kateri je predmet blizu svetilu.

Pričakujemo, da učenci aktivno sodelujejo pri izvajanju poskusov. Zanimajo nas otroške napovedi in razlage.

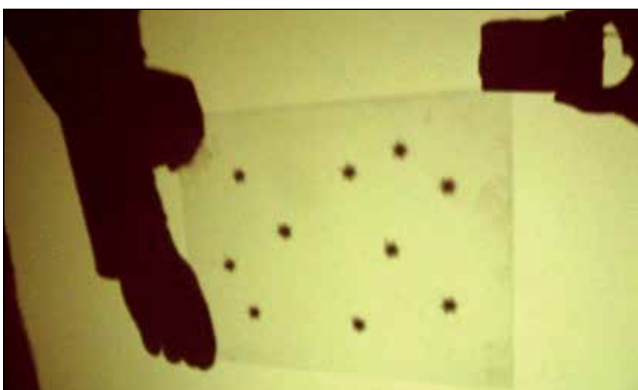
Rezultati poskusa

Začnemo tako, da stekleno ploščo z nalepkami rožic prislonimo k zaslonu. Nalepke del svetlobe absorbirajo, del odbijejo in za njimi nastane senca. Nato se s stekleno ploščo počasi oddaljujemo od zaslona. Ustavimo se na razdalji 10 cm od zaslona (slika 7).



Slika 7: Steklena plošča z nalepkami rožic na razdalji 10 cm od zaslona – okroglo svetilo.

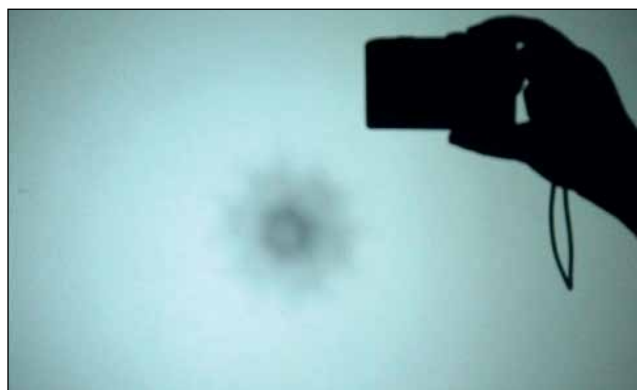
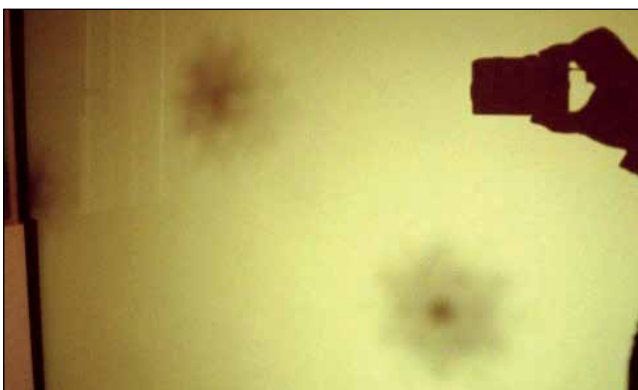
Na začetku poskusa je predmet blizu zaslona, zato so sence ostre in temne. Velikost sence je približno enaka velikosti predmeta. Nato se oddaljujemo od zaslona in se ustavimo na razdalji 1 m, kar je na sredini med zaslonom in svetilom (slika 8).



Slika 8: Steklena plošča z nalepkami rožic na razdalji 1 m od zaslona – okroglo svetilo.

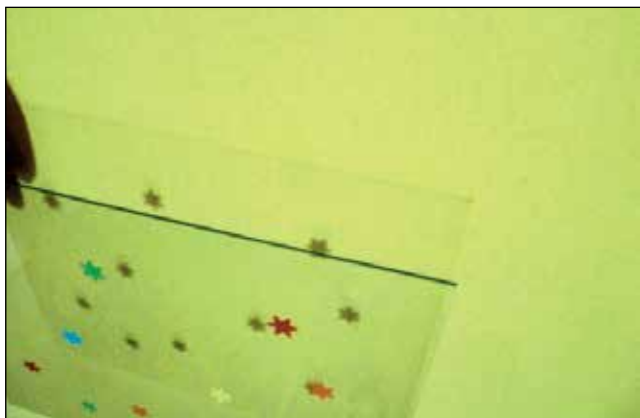
Sence na zaslonu imajo obliko obeh, tako predmeta kot svetila. Izgubljala se oblika rožic, opazi se že oblika svetila.

Nazadnje se ustavimo pred okroglim svetilom na razdalji 1,9 m od zaslona. Na zaslonu so velike sence s temnejšim srednjim delom, obdanim s širokim pasom polsenc (slika 9).



Slika 9: Steklena plošča z nalepkami rožic na razdalji 1,9 m od zaslona – okroglo svetilo.

Sledi še atraktivnejši del poskusa. S križnim svetilom svetimo na stekleno ploščo z nalepljenimi rožicami. Začnemo podobno kot pri poskusu, opisanem zgoraj. Od zaslona se s predmetom v roki pomikamo do prve podrobno opazovane točke na razdalji 10 cm od zaslona (slika 10).



Slika 10: Steklena plošča z nalepkami rožic na razdalji 10 cm od zaslona – križno svetilo.

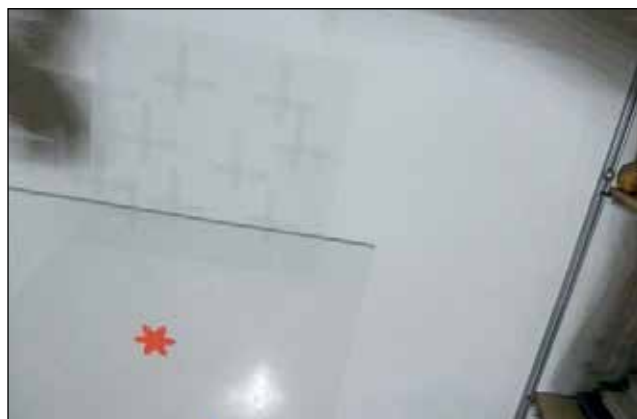
Sence imajo velikost in obliko predmeta.

Predmet oddaljujemo od zaslona. Nastaja senca, ki ima obliko obeh, tako svetila kot predmeta, kar je vidno na levi sliki (slika 11). V sredini se zazna križna oblika, polumesca okoli nje ima obliko rožic.



Slika 11: Steklena plošča z nalepkami rožic na razdalji 50 cm od zaslona – križno svetilo.

Stekleno ploščo postavimo na razdaljo 1 m od zaslona. Na tej razdalji imajo sence rožic le križno obliko. Oblika rožic ni več vidna. Nastane senca, ki ima obliko svetila, le da je obrnjena.



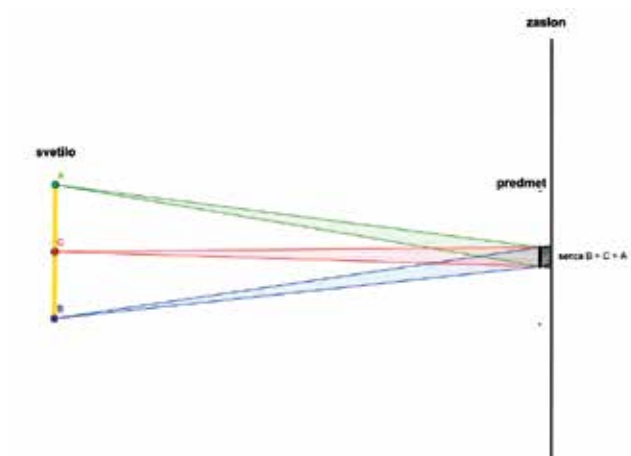
Slika 12: Steklena plošča z nalepkami rožic na razdalji 1 m od zaslona – križno svetilo.

Z izvedbo teh poskusov učenci dobijo izkušnjo o obliki senc za predmeti, ki jih osvetljuje razsežno svetilo, in kako na obliko sence vplivajo svetilo, predmet, zaslon in razdalje med njimi.

Teoretična razlaga

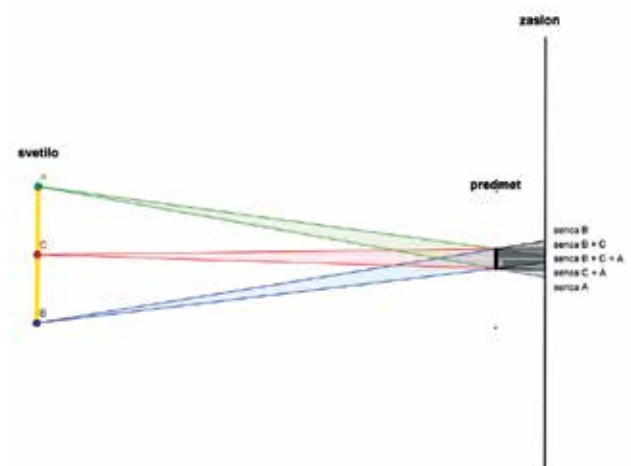
Pri poskusu s senco opazujemo sence in polumesce.

Kadar je predmet blizu zaslona, na zaslonu nastane senca, ki je velika toliko kot predmet. Pas polumesce je majhen v primerjavi z razsežnostjo senca.



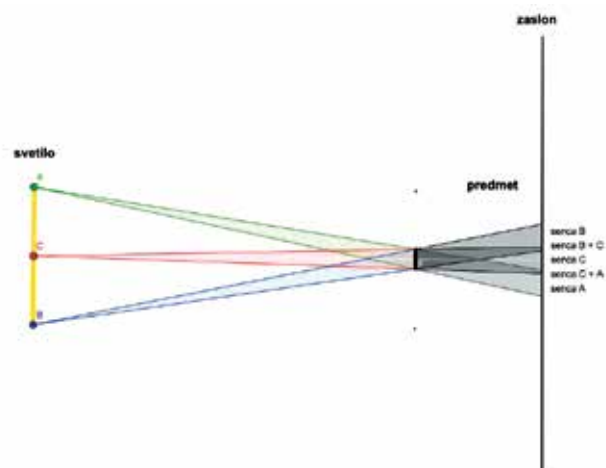
Slika 13: Nastanek senca, ko je predmet blizu zaslona.

Ko predmet oddaljujemo, se senca na zaslonu večja.



Slika 14: Nastanek senca, ko je predmet oddaljen od zaslona 1/10 razdalje.

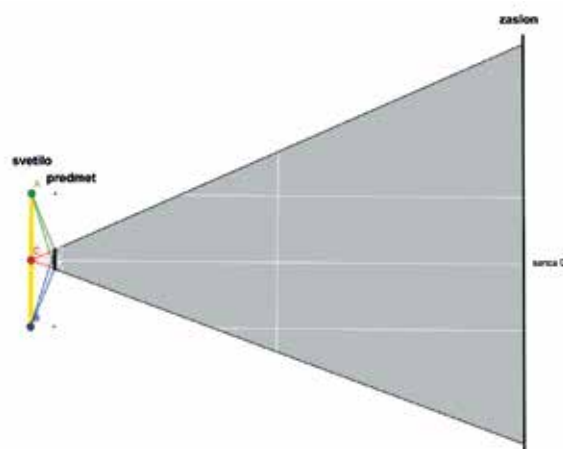
V sredini je majhen in najtemnejši del senca (senca $B + C + A$). Okrog temne sredine nastane svetlejša območje polumesce (senca $B + C$ in senca $C + A$), sledi še svetlejša polumesca (senca B in senca A). Na ta del pade že nekaj svetlobe svetila. Nad in pod območjem polumesce je svetel del zaslona.



Slika 15: Nastanek senca, ko je predmet oddaljen od zaslona 1/4 razdalje.

Na tej sliki ni več temne sredine. Na sredi nastane senca le ene točke svetila (senca C), torej polumesca, saj na ta del pada svetloba iz drugih točk na svetilu. Nato sledi območje temnejše polumesce (senca $B + C$ in senca $C + A$), nato spet svetlejša polumesca (senca B in senca A). Na tej razdalji ni več popolne senca.

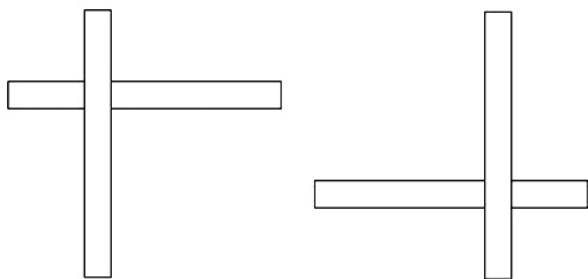
Kadar je predmet zelo blizu svetila, se na zaslonu pojavi velika in svetla senca. Svetla je zato, ker jo meče le ena točka svetila (slika 15).



Slika 16: Nastanek senca, ko je predmet blizu svetila.

Senca je odsotnost svetlobe in na zaslonu nastane tam, kjer iz zaslona ne vidimo svetila, saj predmet zakrije svetilo. Na tem delu zaslona ni neposredne svetlobe svetila. Vso neodbitno svetlobo predmet absorbira, na zaslonu nastane senca. Ko predmet oddaljujemo od zaslona, nastane na zaslonu poleg senca še polumesca. Ostre meje senca se zabrišejo. Predmet postane premajhen, da bi zakril svetilo, zato nekaj svetlobe pade za predmet. Osrednji del

sence na zaslonu je še vedno temen, okrog njega nastane svetlejši del, polsenca. Ko se predmet približa svetilu, senca predmeta dobi obliko svetila. Na zaslonu dobimo blede senco v obliki svetila, ki je v sredini nekoliko temnejša. S svetilom v obliki asimetričnega križa ponazorimo še zrcaljenje. Točka, ki je na svetilu levo zgoraj, je na senci desno spodaj [2].



Slika 17: Zrcalna slika asimetričnega križa.

Zaključek

Učenci bodo z osebnimi izkušnjami prišli do pomembnih spoznanj in zaključkov. Križno svetilo si bodo zapomnili, še bolj pa sence rožic, ki so postale majhni križci. Pomembno pri razsežnem svetilu je, da vsaka točka na svetilu oddaja svetlobo enako v vse smeri.

Za poskus je treba zagotoviti takšno svetlobo v učilnici, da so sence lepo vidne, in določiti razdalje za optimalno izvedbo.

Pri poskusu se lahko izpelje medpredmetna povezava z matematiko na temo podobnih trikotnikov. Za natančno merjenje senc bi bilo dobro stekleno ploščo z nalepkami rožic postaviti na stojalo. Tako bo senca na zaslonu mirovala in meritve bodo natančnejše.

Poskus je primeren za delavnico na naravoslovnem dnevu na temo svetlobe.

Viri in literatura

- [1] Čepič, M. (2006/07). Oblike sence majhnih predmetov v sončni svetlobi. *Presek*, 34(4), str. 18–19.
- [2] Komar, M. (2015). *Predstave o sencah razsežnih svetil*. Magistrsko delo. Ljubljana: Pedagoška fakulteta.

IZ ZALOŽBE ZAVODA RS ZA ŠOLSTVO



Vabilo

Na letošnjem **Slovenskem knjižnem sejmu**, ki bo od **23. do 27. novembra 2016** v Cankarjevem domu, bomo v veliki sprejemni dvorani s ponosom razstavljali novosti in uspešnice knjižnega in revijalnega snovanja, ki so izšle v založbi Zavoda RS za šolstvo.

V **sredo, 23. novembra**, vas **ob 10. uri** vtljudno vabimo v **Debatno kavarno** z naslovom **Tuji jeziki v 1. vzgojno-izobraževalnem obdobju**, ki jo bo vodila mag. Lucija Rakovec.

Vabimo na obisk in se veselimo druženja z vami!



Izobraževalni lističi Scientix NA-MA

Jaka Banko in mag. Andreja Bačnik

Zavod RS za šolstvo

Kaj so oz. kakšen je namen Izobraževalnih lističev Scientix NA-MA?

Prva serija Izobraževalnih lističev Scientix NA-MA (Scientix Activity Sheets (SAS)) je nastala na Zavodu Republike Slovenije za šolstvo (ZRSS) v okviru projekta Scientix 2 z namenom popularizirati ter poudariti možnosti in priložnosti za aktivno učenje naravoslovja in matematike. Pripravila jo je skupina svetovalcev področne skupine za naravoslovje in matematiko (NA-MA) na ZRSS. Izobraževalni lističi (IL) prinašajo primere dejavnosti in ideje, ki usmerjajo k aktivnemu, samostojnemu učenju, sodelovanju (participaciji) in vključevanju vseh otrok/učencev/dijakov.

Vsebina izobraževalnih lističev (IL)

Izobraževalni lističi (IL) so razvrščeni v tri večje sklope:

1. NA-MA EKSPERIMENT ali POSKUS (*nlat. experimentum iz lat. experiri – izkusiti, poskusiti, preiskati*) je znanstveni postopek in temelj pouka naravoslovja. Z eksperimenti otroci/učenci/dijaki spoznavajo osnovne naravoslovne pojme in pojave, poglobljajo razumevanje, povezujejo znanje in razvijajo eksperimentalne raziskovalne veščine. Z eksperimenti ugotavljamo, raziskujemo, dokazujemo, potrjujemo ali zavračamo hipoteze in teorije.
2. NA-MA DEJAVNOSTI spodbujajo samostojne aktivnosti otrok/učencev/dijakov v različnih izvedbenih oblikah. Prednostne dejavnosti pri naravoslovnih predmetih so povezane z eksperimentalnim delom oz. učenjem z raziskovanjem; z vizualizacijo: delom z modeli, prikazi/upodobitvami, simulacijami itd.; s projektnim sodelovalnim delom; s terenskim delom; smiselno uporabo informacijsko-komunikacijske tehnologije itd.
3. NA-MA RAZVIJA PISMENOST, tako naravoslovno, matematično in digitalno kot bralno pismenost in druge. Razvoj pismenosti se pri učencih odraža v zmožnostih pridobivanja informacij, povezovanja znanja, sklepanja, interpretiranja, kritičnega primerjanja in vrednotenja informacij; ustvarjanja celostnih pomenskih predstav in razlag pojavov; uporabe znanj v novih, kompleksnih situacijah itd. Posamezne pismenosti opredeljujejo gradniki z opisniki po stopnjah.



menost in druge. Razvoj pismenosti se pri učencih odraža v zmožnostih pridobivanja informacij, povezovanja znanja, sklepanja, interpretiranja, kritičnega primerjanja in vrednotenja informacij; ustvarjanja celostnih pomenskih predstav in razlag pojavov; uporabe znanj v novih, kompleksnih situacijah itd. Posamezne pismenosti opredeljujejo gradniki z opisniki po stopnjah.

Prva serija izobraževalnih lističev NA-MA prinaša naslednje IL v posameznem sklopu:

NA-MA eksperimenti

- IL Izdelava leče in raziskovanje njenih lastnosti (Jaka Banko)
- IL Preprosta mini kolonska kromatografija (Andreja Bačnik)

NA-MA dejavnosti

- IL Modelni prikaz sinteze beljakovine na ribosomih (Simona Slavič Kumer)
- IL Mikroskopiranje – opazovanje očem skritega sveta (Bernarda Moravec)

NA-MA razvija pismenost

- IL Predstavitve pojma na različne načine (Jerneja Bone)
- IL Piktogrami nevarnih snovi za boljšo kemijsko varnost (Andreja Bačnik)
- IL Izbira ponudnika shranjevanja podatkov v oblaku (Radovan Krajnc)

Zasnova in didaktična uporaba izobraževalnih lističev (IL)

Prva stran IL predstavlja:

- osnovne informacije o skupnosti za naravoslovno izobraževanje Scientix,
- opredelitev sklopa, v katerega IL spada,
- kratko predstavitev, teoretska izhodišča aktivnosti, prikazana na drugi strani IL (glej primer IL Izdelava in raziskovanje lastnosti leče (Jaka Banko) v nadaljevanju).

Druga stran IL je neposredno namenjena samostojni aktivnosti otrok/učencev/dijakov pri pouku in širše.

Vsak IL je samostojna celota, ki jo lahko učenec uporabi posamično tako pri pouku naravoslovnih predmetov in matematike kot za različne šolske (krožke, tematske dneve) in zunajšolske dejavnosti. Lahko pa se IL uporabljajo tudi kot zbirka (mapa) predvsem za učitelje, ki hkrati poučujejo več naravoslovnih predmetov. V pripravi je že naslednja serija IL in tako se bo zbirka postopoma dopolnjevala.

Vsi IL z dodatnimi didaktičnimi napotki in informacijami so objavljeni v Sodelov@Inici NA-MA: <https://skupnost.sio.si/course/view.php?id=9357> oz. <http://url.sio.si/nN7>, ter v digitalni bralnici ZRSŠ: <http://www.zrss.si/zalozba/digitalna-bralnica>. Brezplačno lahko IL za razred učencev naročite na ter hkrati podate svoje mnenje in predloge za nove IL.

Primer izobraževalnega lističa, uporabnega pri pouku fizike

Zavod Republike Slovenije za šolstvo

Kaj je SCIENTIX? → Skupnost za **Naravoslovno-Matematično (NA-MA)** izobraževanje v Evropi (angl. *STEM – Science, Technology, Engineering and Mathematics*)

Komu je namenjen SCIENTIX? → Učiteljem učencev od 4 do 21 let, raziskovalcem, načrtovalcem izobraževalne politike, staršem, učencem in vsem, ki jih zanima NA-MA področje in izobraževanje.

Kje najdemo SCIENTIX? → www.scientix.eu

Kontaktna točka SCIENTIX v Sloveniji → **Zavod RS za šolstvo**
scientix@zrss.si

NA-MA EKSPERIMENT

ali POSKUS (nlat. *experimentum* iz lat. *experiri – izkusiti, poskusiti, preiskati*) je znanstveni postopek in temelj pouka naravoslovja. Z eksperimenti otroci/učenci/dijaki spoznavajo osnovne naravoslovne pojme in pojave, poglobljajo razumevanje, povezujejo znanje in razvijajo eksperimentalno raziskovalne veščine. Z eksperimenti ugotavljamo, raziskujemo, dokazujemo, potrjujemo ali zavračamo hipoteze in teorije.

Izdelava leče in raziskovanje njenih lastnosti

Optične naprave (npr. oko, daljnogled, mikroskop idr.) temeljijo na optičnih preslikavah, ki jih omogočajo leče in zrcala. Leča je optični element, ki prepušča in lomi svetlobo, pri tem pa svetlobne žarke zbere ali razprši. Leče lahko preprosto izdelamo tudi sami in prek njih raziskujemo lastnosti svetlobe. Z razumevanjem lastnosti svetlobe lahko razložimo tudi številne optične pojave v naravi (npr. mavrica, fatamorgana ipd.) S proučevanjem odboja in loma svetlobe se ukvarja geometrijska optika.

Izdelaj lečo in razišči njene lastnosti

Za izdelavo kalupa

- PVC trakove
- Lepilni trak
- Škarje
- PVC folijo (podlaga)

Kaj potrebuješ

Za izdelavo leče in eksperiment

- Grelno ploščo
- Posodo
- Gel za sveče
- Vir svetlobe

Izdelava kalupa

Z lepilnim trakom spoji PVC trakove in jih pritrdi na podlago.

Priprava

Vlivanje leče

Staljen gel za sveče vlij v kalup. Počakaj, da se gel ohladi in previdno odstrani kalup.

Eksperimentiraj in raziskuj

➔ Vir svetlobe usmeri na lečo, opazuj in opiši prehod svetlobe skozi njo. Namig: Pri opisu si pomagaj z lomnim zakonom, ki nam pove, da se svetloba na prehodu iz ene snovi v drugo lomi.

➔ Napovej, od česa je odvisna razdalja točke od leče (goriščna razdalja), na kateri se zbere vsa pravokotno vpadla svetloba. Napoved preveri z eksperimentom.

Primer prehoda svetlobe skazi zbiralno lečo

Dodatna znanja

- Sestavna dela očesa sta roženica in leča. Njena naloga je, da zbereta vpadno svetlobo v točki na mrežnici. Le tako vidimo sliko predmetov ostro.
- Povečevalno steklo (lupa) je zbiralna leča s kratko goriščno razdaljo.

➔ Zamisli si eksperiment, s katerim bi dobil/-a odgovor na spodnji raziskovalni vprašanj.

- Zakaj potrebuješ masko, da vidiš predmete ostro tudi pod vodo?
- Ali tudi pod vodo povečevalno steklo služi svojemu namenu?

Avtor: Jaka Banko • Urednica: mag. Andreja Bačnik • ZRSŠ, 2016 • Več v sodelov@Inici NA MA na <https://url.sio.si/nN7>

Izdelava in raziskovanje lastnosti leče

Ciljna skupina

Dejavnost, opisana na IL, je primarno namenjena učencem od šestega do devetega razreda osnovne šole (11–14 let) in je preplet dejavnosti s področja

fizike, tehnike in tehnologije. Lastnost gela (prožnost) učitelju omogoča, da načrtuje in prilagodi dejavnost tudi za dijake srednjih šol. Iz leč, narejenih iz gela, lahko dijaki izdelajo in razložijo model človeškega očesa, pojasnijo napake očesa ter uporabo leč pri korekciji vida.

Didaktični napotki

Ob zavedanju, da je za aktivne oblike dela potrebna več časa, nihče ne dvomi o prednostih, ki jih prinašajo. Dejavnost, opisana na IL, vodi učenca prek vseh faz eksperimentalnega dela z namenom usvajanja ali utrjevanja znanja s področja geometrijske optike. Faze prilagodimo načrtovanim ciljem in starosti otrok. Od tega je odvisen tudi predvideni čas trajanja dejavnosti. Opisana dejavnost je lahko del ene šolske ure ali samostojna aktivnost na dnevih dejavnosti z naravoslovno-tehnično vsebino.

Izdelovanje in raziskovanje leč zaradi lastnosti gela učitelju omogoča diferenciacijo pouka. Učenci lahko eksperimentalno preverjajo enostavne napovedi ali pravilnost odgovorov na kompleksnejša vprašanja. Iz gela lahko izdelamo tako prizme, optične vodnike kot vse vrste leč, kar učitelju omogoča, da naloge prilagodi tako, da bodo vsakemu posameznemu učencu v izziv. Mogoči so tudi odmik od uveljavljenih oblik in metod dela, kompetenčni pristop k poučevanju in uporaba znanja, spretnosti in veščin v novih problemskih situacijah. Kdo od nas si ne želi vedeti, zakaj pingvin brez maske vidi predmete ostro ne glede na to, ali je v vodi ali na kopnem, človek pa ne. S tovrstnimi nalogami (raziskovalnimi vprašanji) poleg prilagajanja standardov znanja in zahtev učnega načrta zmožnostim posameznega učenca prispevamo h konkretizaciji učnega načrta in pokažemo uporabno vrednost pridobljenega znanja. Dejavnost lahko načrtujemo bodisi kot samostojno bodisi kot skupinsko delo učencev.

Gel omogoča poučevanje strategij reševanja problemov, pri katerih naj bi učenci prek opazovanja, napovedovanja, postavljanja in preverjanja hipotez, sestavljanja eksperimentov, preizkušanja, interpretiranja in oblikovanja ugotovitev aktivno sodelovali v vseh fazah eksperimentalnega dela.

Dodatni nasveti

Nekaj prednosti in omejitev izdelave in raziskovanja leč s pomočjo gela.

- Gel omogoča izdelavo in raziskovanje lastnosti vseh vrst leč, »negativnih leč« in nekaterih optičnih elementov. Dimenzije in število so omejeni s količino gela.

- Prosojni geli so različnih barv, kar v kombinaciji z različnimi barvnimi viri svetlobe omogoča raziskovanje absorpcije svetlobe (poleg tega je barvitost pri učencih pozitiven motivacijski element).
- Ker je svetlobni curek v gelu viden, učenci preprosto pokažejo popolni odboj svetlobe na meji dveh optično različnih snovi.
- Gel je do neke mere prožen, kar učencem omogoča, da kvalitativno raziskujejo odvisnost goriščne razdalje leče od krivinskega radija leče.
- Kakovost leče je odvisna od kakovosti izdelave. Površna izdelava ima za posledico napako leče, po drugi strani pa so napake lahko predmet raziskave.
- Gel omogoča izdelavo kompleksnejših eksperimentov, ki nastanejo kot odgovor na zastavljena raziskovalna vprašanja (konkretizacija ciljev).

Nekaj tehničnih rešitev iz prakse.

- Uporaba gela zdravju ni škodljiva, če gela ne segrevamo neposredno na prevroči grelni plošči. Pregrevanje gela ima za posledico:
 - intenzivno hlapenje gela,
 - večjo viskoznost (večja možnost za iztekanje gela skozi morebitne manjše špranje v kalupu),
 - deformacijo podlage iz PVC ali sten kalupa,
 - daljši čas hlajenja in strjevanja.
- Po končani dejavnosti je gel mogoče ponovno uporabiti (število ponovitev je odvisno od količine nečistoč v gelu; gel je na otip lepljiv, zato svetujemo eksperimentiranje v čistem okolju).
- Med segrevanjem je treba preprečiti stik gela z vodo. Ob morebitnem stiku bo, zaradi prevelike količine zračnih mehurčkov v njej, leča neuporabna.
- Cena gela je približno 7 € za 0,5 kg (prozorni ali barvni) ali približno 20 € za 2 kg (prozorni).
- Utekočinjen gel je treba segrevati vsaj še 20 minut (s tem zmanjšamo možnost za nastanek zračnih mehurčkov med ohlajanjem).
- Za kalup je uporabna gladka in ne premeška plastika. Izkazalo se je, da se najbolje obnese plastika, iz katere je izdelana embalaža sladoleđa (Planica).

Sveteče diode: reševanje kompleksnih problemov

dr. Gorazd Planinšič¹ in dr. Eugenia Etkina²

¹Fakulteta za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani in Hiša eksperimentov, Slovenija

²Univerza Rutgers, The State University of New Jersey, ZDA

Naslov izvirnika: Light-Emitting Diodes: Solving Complex Problems

Navedba: The Physics Teacher 53, 291 (2015); doi (digitalni identifikator objekta): 10.1119/1.4917437

Ogled na spletu: <http://dx.doi.org/10.1119/1.4917437>

Ogled kazala vsebine: <http://scitation.aip.org/content/aapt/journal/tpt/53/5?ver=pdfcov>

Objavilo: Ameriško združenje učiteljev fizike (American Association of Physics Teachers)



Foto: FP

Povzetek

Ta prispevek zaključuje našo serijo štirih člankov o uporabi LED pri poučevanju in učenju fizike. V tem prispevku smo prikazali primere uporabe LED kot črnih skrinjic, ki lahko dijakom pomagajo pri preučevanju mehanskih, električnih, elektromagnetnih in svetlobnih pojavov. Poleg raziskovanja fizike navedenih pojavov LED v tem prispevku pomagajo dijakom povezati raziskave v učilnici z napravami, ki jih uporabljajo vsak dan (žarnice), in z materiali, ki običajno niso povezani s fiziko (kreme za zaščito pred soncem). Poleg lastnosti LED pa smo s tem prispevkom izkoristili tudi prednosti, ki jih ponujajo hitre kamere, to je področje, na katerem naši dijaki postajajo vse bolj spretni in sposobni.

Čeprav so LED v tem prispevku uporabljene kot črne skrinjice ali kot kazalniki za preučevanje določenih pojavov, lahko vsakega od eksperimentov uporabljamo tudi za preučevanje fizike LED. Primerjava učinkovitosti LED in žarnic z žarilno nitko se na primer lahko nadaljuje z vprašanji, ki zadevajo mehanizme v ozadju oddajanja svetlobe obeh virov. Pristop črne skrinjice prav tako ponuja možnosti za povezovanje ter iskanje podobnosti in razlik med LED in podobnimi napravami, katerih delovanje temelji na drugačnih fizikalnih principih. Za preučevanje gibanja smo na primer uporabili utripajočo LED iz kolesarske svetilke. Zakaj za enak namen nismo mogli uporabiti utripajoče žarnice na nitko? Kadar dijaki za preučevanje elektromagnetne indukcije uporabljajo LED, se pojavi enako vprašanje, zakaj ne bi uporabili žarnice na nitko?

Če povzamemo, LED predstavljajo skriti zaklad za učitelja fizike in zato vas vse vabimo, da raziščete in izkoristite njihove lastnosti, da bi dodatno spodbudili in navdihnili svoje dijake.

Abstract

This paper concludes our four-item series on using LEDs in teaching and learning physics. Here we showed examples of using LEDs as black boxes that help students study mechanical, electric, electromagnetic, and light phenomena. In addition to

exploring the physics of the above phenomena, LEDs in this paper help students connect classroom investigations to the devices they use every day (light bulbs) and to materials that are not commonly associated with physics (sunscreens). In addition to the benefits of LEDs, this paper takes advantage of high-speed video recording, the field where our students are becoming so much more proficient than their teachers.

Although in this paper LEDs were used as black boxes or as indicators to investigate particular phenomena, each of the experiments can be used to investigate the physics of LEDs. For example, comparison of the efficiency of LEDs and incandescent light bulbs can continue to the questions concerning the mechanisms behind light emission of both sources. The black box approach also offers opportunities for connections, comparisons, and contrasts of LEDs with other physics devices. For example, we used LED-based blinking bicycle lights to investigate motion. Why couldn't we use a blinking incandescent light bulb for the same purpose? When the students use the LED to study electromagnetic induction, the same question arises—why not use a light bulb?

To summarize, the LEDs are a hidden treasure for a physics teacher and we invite all of you to explore and utilize their properties to inspire your students.

To je četrti prispevek na temo LED (prispevek se nanaša na izvirne članke, katerih vsebino je mogoče najti v virih, ki so podrobno opredeljeni v poglavju Viri in literatura pod zaporednimi točkami od 1 do 4 (*prvi članek je bil preveden in objavljen v reviji Fizika v šoli, letnik 21, št. 1, 2016, op. ur.*). Namen te serije je ustvariti sistematično knjižnico gradiv o LED in bralcem ponuditi opis poskusov ter pedagoško obravnavo, ki bi njihovim dijakom pomagala zasnovati, preizkušati in uporabljati fizikalne koncepte in z njimi povezane matematične izraze. Prvi članek [1] prikazuje pregled možnosti uporabe LED pri pouku fizike. Drugi članek [2] razpravlja, kako bi dijakom lahko pomagali pri učenju o temeljnih vidikih fizike svetečih diod s pomočjo metode raziskovanja z odranjem (*scaffolded inquiry*), natančneje učnega cikla ISLE. Tretji članek [3] predstavi, kako lahko razumevanje fizikalnih osnov delovanja LED pomaga dijakom poglobiti razumevanje virov električne energije in temperaturne v odvisnosti od upora ter raziskati pojav fluorescence prav tako z uporabo učnega cikla ISLE [4]. Cilj tega četrtega članka je uporabiti LED kot črne skrinjice, ki dijakom omogočajo natančnejše preučevanje določenih značilnosti opazovanega sistema, mehanskih, električnih, elektromagnetnih in svetlobnih lastnosti. Izraz »črna skrinjica« pomeni, da uporabljamo napravo brez poznavanja podrobnosti njenega delovanja.

V tem prispevku se bomo večinoma ukvarjali z uporabnimi (aplikativnimi) poskusi. To so običajno eksperimentalni problemi, pri katerih morajo dijaki za pripravo rešitve združiti več različnih kvalitativnih in kvantitativnih idej. Pri uporabi LED kot črnih skrinjic so pomembne naslednje lastnosti. LED sveti, kadar teče tok skozi v določeni smeri in kadar je napetost na njej višja od odpiralne napetosti. Tedaj je tok skozi LED nekaj miliamperov. LED se zelo hitro vklaplja in izklaplja in pri tem proizvajajo skoraj monokromatsko svetlobo [5] v širokem frekvenčnem območju, vključno z UV in infrardečo svetlobo.

Spodaj opisujemo štiri aktivnosti, ki jih izvedejo dijaki z uporabo LED kot črnih skrinjic (povzetek aktivnosti je naveden v tabeli 1). Aktivnosti so razvrščene po zahtevnosti tako glede znanja fizike kot glede izvedbe poskusa. Aktivnosti, opisane v prispevku, so bile uporabljene pri srednješolskih, študentih prvih letnikov fizike, študentih pedagoške fizike, aktivnih učiteljih fizike v programih stalnega strokovnega izobraževanja ter pri profesorjih, ki izobražujejo bodoče učitelje fizike.

V tem prispevku se bomo večinoma ukvarjali z uporabnimi (aplikativnimi) poskusi. To so običajno eksperimentalni problemi, pri katerih morajo dijaki za pripravo rešitve združiti več različnih kvalitativnih in kvantitativnih idej.

Tabela 1: Povzetek aktivnosti, v katerih so LED uporabljene kot črne skrinjice.

Aktivnost	Območje vsebine	Vloga, ki jo ima LED	Potrebno znanje dijakov
Sledenje in analiziranje gibanja	Kinematika, dinamika, energija	Svetlobni vir spremenljive intenzivnosti	Ne
Zakaj za razsvetljavo doma uporabljamo LED?	Električni tok	Svetlobni vir s posebnim mehanizmom generiranja svetlobe	Napetost, tok, moč
Preučevanje losjonov za zaščito pred soncem	Valovna optika, kemija, živi organizmi	Monokromatski svetlobni vir	Valovna dolžina svetlobe, elektromagnetni spekter
Elektromagnetna indukcija	Elektromagnetizem	Kazalec prisotnosti in smeri električnega toka	Magnetno polje in elektromagnetna indukcija; LED sveti, kadar tok teče v določeni smeri, napetost pa presega odpiralno napetost.

Sledenje in analiziranje gibanja

Obstaja veliko načinov za sledenje gibanja predmetov (brnač s papirnatim trakom, ultrazvočni slednik, analiza videoposnetkov), vendar je eden najpreprostejših fotografiranje utripajočega svetlobnega vira z dolgim osvetlitvenim časom [6]. LED so idealna rešitev za izdelavo utripajočih svetlobnih virov iz naslednjih razlogov: imajo zelo kratek odzivni čas, potrebujejo zelo malo električne energije in so lahko zelo svetle.

Čeprav je za izdelavo utripajoče LED [7] mogoče izdelati lastno električno vezje, smo se odločili za uporabo preproste utripajoče kolesarske svetilke LED. Kolesarske svetilke po navadi vsebujejo več sočasno utripajočih LED, od katerih vsaka oddaja svetlobo v obliki ozkega stožca. Za sledenje gibanja pa potrebujemo točkasti svetlobni vir, ki utripa s konstantno frekvenco in ki je viden v čim širšem kotu gledanja.



a) pokrijemo vse LED, razen ene;

b) svetlobo iz preostale LED razpršimo z uporabo koščka plastične slamice, ki smo ga zalili z vročo plastiko.

Slika 1: Izdelava utripajočega točkastega vira iz kolesarske svetilke

Da bi kolesarska svetilka izpolnjevala vse tri pogoje, moramo: 1) zastreti vse razen ene LED, na primer z uporabo črnega lepilnega traku; 2) razpršiti svetlobo, ki jo oddaja LED, na primer tako, da na LED namestimo plastično slamico in jo napolnimo s plastično maso s pomočjo lepilne pištole (glej sliko 1). Spodaj opisujemo dve možni aktivnosti za dijake. Aktivnost 1 jih pouči, kako zbrati podatke z uporabo utripajoče LED, pritrjene na premikajoči se predmet. Aktivnost 2 je zahtevnejša: preučevanje

Kolesarske svetilke po navadi vsebujejo več sočasno utripajočih LED, od katerih vsaka oddaja svetlobo v obliki ozkega stožca.



Slika 2 a) Fotografija utripajoče LED, pritrjene na voziček, ki se giblje s konstantno hitrostjo; s poznavanjem časa osvetlitve (2 s) je mogoče oceniti periodo utripanja (145 ms);

b) meritve obratovalnega cikla utripajoče LED z uporabo Vernierjevega senzorja svetlobe (perioda 143 ms; 39 ms ON in 104 ms OFF).

in pojasnjevanje, kako deluje avtomobil igrača, ki ga moramo pred startom potegniti nazaj (recimo mu avto nazaj-naprej).

Oprema:

- modificirana kolesarska svetilka LED,
- digitalni fotoaparati, pritrjeni na stojalo (na fotoaparatu mora biti omogočeno ročno nastavljanje časa osvetlitve),
- kakršnen koli premikajoči se avtomobil ali voziček na progi (za izdelavo kvantitativnih meritev uporabite vozilo z enakomernim gibanjem),
- avtomobil nazaj-naprej in
- plastelin ali kakršnen koli drug material za pritrjevanje utripajoče LED na premikajoči se predmet.

Aktivnost 1

Dijake, ki delajo v skupinah, postavimo pred naslednji izziv: »Z uporabo utripajoče LED in digitalnega fotoaparata izdelajte postopek, s katerim boste lahko preučevali gibanje vozila, omenjeno gibanje pa predstavite tako grafično kot matematično.«

Dijaki morajo v tem postopku pripraviti tri glavne korake:

1. umeriti utripajočo LED (s kolikšno frekvenco utripanja),
2. zabeležiti gibanje in
3. analizirati podatke za izdelavo zelene predstavitve.

Glede na to, kako izvajate učne ure, jim lahko pustite, da te korake ugotovijo sami, ali pa jim pred začetkom priskrbite informacije o teh korakih. Spodaj opisujemo možni postopek za rešitev problema.

Postopek: Na vodoravni tir postavite voziček z majhnim trenjem. Pritrdite utripajočo LED na voziček in postavite fotoaparati na stojalu nekaj metrov stran od tira tako, da gleda na sredino tira (uporabite zum). Nastavite čas osvetlitve fotoaparata na dve sekundi. Postavite voziček na konec tira, nežno ga potisnite, da se začne premikati, in nato pritisnite gumb na fotoaparatu, da zajamete sliko. Postopek je treba večkrat ponoviti, da bi ocenili nenatančnosti meritev. Fotografija, ki smo jo dobili na opisan način, je prikazana na sliki 2(a). S slike nato določite čas vklopa in izklopa LED (to lahko kasneje preverite s svetlobnim senzorjem, glej sliko 2(b)) in hitrost vozila. Prav tako lahko narišete diagrame gibanja, grafe $v(x)$ in tradicionalne grafe $x(t)$ in $v(t)$. Dijaki lahko tudi razpravljajo o tem, kaj določa negotovosti v podatkih in kako jih zmanjšati [8].

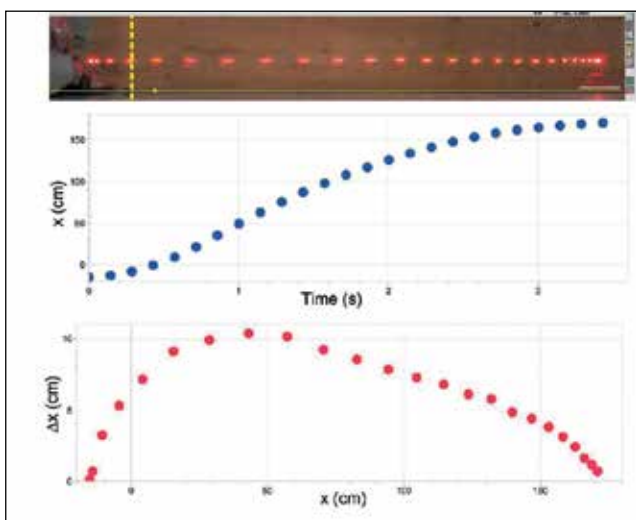
Z uporabo utripajoče LED in digitalnega fotoaparata izdelajte postopek, s katerim boste lahko preučevali gibanje vozila.

Aktivnost 2

Dijake, ki delajo v skupinah, postavimo pred naslednji izziv: »Uporabite utripajočo LED, da bi zabeležili gibanje avtomobila nazaj-naprej. Na podlagi dobljenih podatkov zastavite različna vprašanja o avtomobilu in poskusite nanja odgovoriti.«

Postopek: Pritrdite utripajočo LED na avtomobil. Označite začetno pozicijo avtomobila, ga povlecite nazaj, začnite zajemati sliko in spustite avtomobil. Možna vprašanja, ki jih lahko zastavljajo dijaki in na katera lahko odgovarjajo:

- Kako lahko uporabimo dobljene slike in podatke, da bi predstavili gibanje avtomobila z diagramom gibanja ter z grafi $x(t)$, $v(t)$ in $v(x)$?
- Kako lahko predstavimo energijske spremembe med gibanjem avtomobila s stolpčnimi diagrami [9] (na primer primerjava različnih oblik energij v trenutkih, tik preden spustimo avtomobil, ko se avtomobil premika z največjo hitrostjo in ko se avtomobil ustavi).
- Kaj lahko poveste o delovanju avtomobila nazaj-naprej na podlagi analize energije? Opišite vse svoje predpostavke.



Slika 3: Analiza fotografije utripajoče LED, pritrjene na avtomobil nazaj-naprej. Za izdelavo grafov odvisnosti lege od časa $x(t)$ in odvisnosti premika od lege $\Delta x(x)$ za premikanje avtomobila potem, ko smo ga potegnili nazaj iz začetnega položaja pri $x = 0$, smo uporabili programsko opremo Logger Pro. Odčitki ure za začetek vsake od svetlih sledi na vrhu grafa so bili določeni z uporabo periode utripanja LED. Na drugem grafu Δx navpična koordinata predstavlja premik med časovnim intervalom, ko je LED ugasnjena (v našem primeru 104 ms). Upoštevajte, da se skala na vodoravni osi grafa $\Delta x(x)$ ujema s situacijo, prikazano na fotografiji. Graf $\Delta x(x)$ lahko za opazovano gibanje zlahka pretvorimo v graf $v(x)$.

Slika 3 prikazuje analizo podatkov, zbranih v aktivnosti 2. Navpična rumena prekinjena črta označuje začetni položaj avtomobila, preden ga povlečemo nazaj. Spodnji graf kaže, kako se je spreminjal premik avtomobila med vsakim časovnim intervalom, ko je bila LED ugasnjena. Upoštevajte, da je ta graf enakovreden grafu $v(x)$. Dijaki lahko ta graf uporabijo za primerjavo razdalje, do katere je bil povlečen avtomobil, z razdaljo, na kateri je avtomobil pospeševal, potem ko smo ga spustili (v našem primeru je slednja približno trikrat daljša od prve). Z uporabo izreka o mehanski energiji lahko dijaki ocenijo razmerje med največjo silo, ki jo povzroča oseba na avtomobil med njegovim navijanjem, in največjo silo, ki jo povzročajo tla na avtomobil med pospeševanjem avtomobila. Na podlagi grafa $\Delta x(x)$ lahko dijaki predlagajo razlago, da bi »motor« avtomobila moral izkoriščati neko vrsto prestave, ki poskrbi, da naredi pogon več rotacij na prevoženo razdaljo med navijanjem vzmeti in manj rotacij na prevoženo razdaljo, ko avtomobil pospešuje. Dijaki lahko preizkusijo svoje razlage v ločeni raziskavi tako, da odprejo avtomobil in preučijo, kako deluje.

Zakaj uporabljamo LED za hišno razsvetljavo?

Znano je, da so danes LED najučinkovitejša svetila na tržišču. Žarnice z žarilno nitko so najprej posodobili v halogenske žarnice in jih nato postopoma nadomestili s fluores-

centnimi. Danes pa postajajo vse bolj popularne LED. Toda koliko so LED boljše za hišno razsvetljavo v primerjavi s tradicionalnimi žarnicami z žarilno nitko? Naslednja aktivnost bo dijakom pomagala, da bodo na to vprašanje podali kvantitativni odgovor. Cilj te aktivnosti je z vidika energije izdelati postopek za kvantitativno primerjavo LED in žarnice z žarilno nitko kot svetlobnih virov [10],

Oprema:

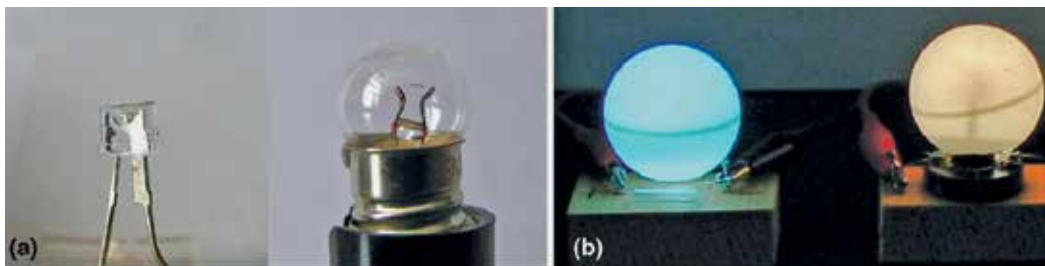
- modificirana bela LED [11] (za modifikacijo LED glej navodila spodaj),
- manjša žarnica z žarilno nitko [12],
- dve beli žogici za namizni tenis,
- dve 3V bateriji (poskrbite, da bosta bateriji novi),
- ampermeter in voltmeter.
- Izbirno: dva spremenljiva vira enosmerne napetosti in svetlobni senzor s spektralno občutljivostjo, podobno človeškemu očesu [13].

Dijake, ki delajo v skupinah, postavimo pred naslednji izziv: »Primerjajte učinkovitost pretvorbe električne energije v svetlobno energijo žarnice z žarilno nitko in bele LED.« Dajte dijakom podatke o normalni delovni napetosti za oba svetlobna vira (v našem primeru približno 3 V) in največje dovoljene električne tokove.

Dijaki se morajo zavedati, da pravilna primerjava bele LED in žarnice zahteva poznavanje električne energije, ki jo dovaja vir napetosti, ter poznavanje območja prostora (prostorski kot), v katero naprava oddaja svetlobo. Lažje je primerjati svetlobna vira, kadar oba oddajata svetlobo enakomerno v vse smeri (kot točkasti svetlobni vir). Manjša žarnica z žarilno nitko je dober približek točkastega svetlobnega vira, večina komercialno dostopnih LED pa ima plastično ohišje z lečo nad spojem p-n, kar usmerja večino svetlobe, ki jo oddajajo, v ozki stožec. Da bi odpravili ta problem, odrežite lečo in spremenite LED v (pol)točkasti svetlobni vir [14] (glej sliko 4(a)).

Kadar vsakega od svetlobnih virov vstavimo v belo žogico za namizni tenis, je oddana svetloba še bolj izotropna, primerjava svetlosti pa lažja [15] (glej sliko 4(b)).

Primerjajte učinkovitost pretvorbe električne energije v svetlobno energijo žarnice z žarilno nitko in bele LED.



a) LED z odrezano lečo in žarnica kot točkasta vira; b) bela LED (levo) in žarnica v žogici za namizni tenis za primerjavo svetlosti.

Slika 4: Bela LED in žarnica:

Postopek: Dijaki lahko začnejo tako, da najprej ločeno povežejo vsak svetlobni vir s 3V virom napetosti. Ugotovili bodo, da bela LED oddaja svetlobo modrikasto bele barve, žarnica pa svetlobo bolj rdečkasto bele barve. Čeprav jih razlika v barvnih odtenkih lahko na začetku zmede, pa bodo kmalu ugotovili, kateri svetlobni vir se zdi svetlejši in kako doseči, da bosta videti enakomernije svetla (s prilagajanjem napetosti, če uporabljajo spremenljiv vir napetosti, ali z zaporednim dodajanjem uporov na enem od svetlobnih virov, če uporabljajo baterije). Nato lahko izmerijo tok skozi svetili in napetosti na njima ter primerjajo moči. Takoj bodo videli, da je moč, ki jo porablja žogica LED, bistveno manjša. Za izvedbo kvantitativne primerjave med zmogljivostjo teh

dveh svetlobnih virov morajo dijaki objektivno primerjati intenziteto obeh svetlobnih virov v vidnem območju. Za to obstaja veliko načinov, vašim dijakom pa prepuščamo, da sami predlagajo ali poiščejo primerne postopke. Tabela 2 prikazuje naše meritve. Upoštevajte, da smo svetlobni senzor uporabili zgolj kot napravo, ki pomaga določati, kdaj sta svetlobna vira enako svetla, vendar je pri tem nujna uporaba svetlobnega sensorja, katerega spektralna občutljivost je podobna občutljivosti človeškega očesa. Dijakom ni treba vedeti, kako deluje svetlobni senzor ali kako je definirana enota luks, morajo pa se zavedati, da mora biti razdalja med senzorjem in virom v obeh primerih enaka.

Vzorec je jasno viden iz tabele 2: bela LED porablja približno 10-krat manj električne energije, medtem ko oddaja svetlobo približno enake svetlosti kot žarnica z žarilno nitko. Dijaki se lahko domislijo možne razlage za opaženo razliko, če se preprosto dotaknejo obeh naprav – LED se zdi hladna na otip, žarnica pa topla.

Tabela 2: Meritve električnega toka, napetosti, električne energije in svetlosti obeh svetlobnih virov, merjene na površini žogic za namizni tenis. Vse meritve imajo približno 10 % negotovost.

	V/V	I (mA)	P (mW)	B (luks)*
Bela LED	3,1	20	62	450
Žarnica z žarilno nitko	3,6	190	680	450
* izmerjeno na površini žogice za namizni tenis.				

Čeprav se zdijo zgoraj opisane meritve precej preproste, pa bi vas radi opozorili na nekaj stvari, na katere je treba biti pozoren pri izvajanju opisanih poskusov. Ker imajo LED zelo strmo karakteristiko $I-U$, lahko tudi zelo majhna sprememba v napetosti na LED povzroči precejšnjo spremembo električnega toka, ki teče skozi LED, in posledično tudi spremembo svetlosti LED. Pri tem je treba opozoriti na dve stvari. 1) Če dijak poveže žarnico in LED vzporedno z baterijo, lahko opazi bistveno zmanjšanje v osvetlitvi LED v primerjavi s primerom, kadar poveže samo LED. To je posledica zmanjšane napetosti na priključkih baterije zaradi njenega notranjega upora. Učinek je majhen pri novih baterijah, vendar je lahko precejšen v primeru rabljenih baterij. 2) Kadar dijaki v vezje vključijo ampermetr, da bi izmerili električni tok skozi LED, lahko opazijo zmanjšanje v osvetlitvi LED. To je posledica notranjega upora ampermetra. Ta učinek je manjši, če je ampermetr nastavljen na manj občutljivo območje (na primer uporaba 200mA namesto 20mA območja).

Preučevanje losjonov za zaščito pred soncem

Losjoni za zaščito pred soncem so del našega življenja, vendar nanje redko gledamo kot na temo za učenje fizike. V okviru te aktivnosti dijaki oblikujejo postopek za primerjanje prepustnosti [16] različnih losjonov za zaščito pred soncem v območjih različnih valovnih dolžin: od bližnje infrardečega območja (bližnje IR) do ultravijoličnega (UV).

Za raziskovanje prepustnosti kot funkcije valovne dolžine potrebujemo vire, ki oddajajo svetlobo v širokem razponu valovnih dolžin. LED so za to odlične, saj so skoraj monokromatični viri svetlobe in na voljo ne samo v različnih vidnih barvah, pač pa tudi v območju UVA in bližnje IR valovne dolžine. Aktivnost ponuja odlično priložnost za razvijanje strategije nadziranja spremenljivk pri meritvah v avtentičnem kontekstu.

Dijaki oblikujejo postopek za primerjanje prepustnosti različnih losjonov za zaščito pred soncem v območjih različnih valovnih dolžin.

Oprema:

- različne LED (bližnje IR, [17] rdeče, zelene, modre [18] in UVA [19]),
- svetlobni senzor [20],
- mikroskopska stekelca,
- različni losjoni za zaščito pred soncem (uporabili smo dva losjona, enega s sezonskim zaščitnim faktorjem [21] 20 in drugega s sezonskim zaščitnim faktorjem 30), navadna krema za roke (brez zaščitnega faktorja),
- spremenljiv vir enosmerne napetosti in
- laboratorijsko stojalo.

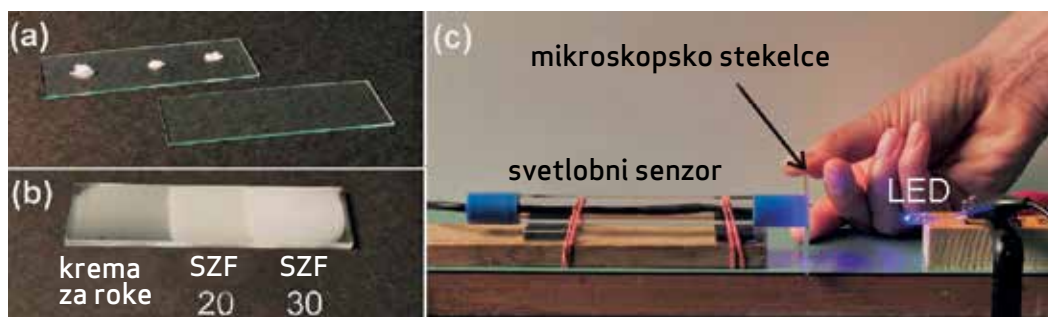
Izbirno: UVA-svetlobni senzor [22].

Dijake, ki delajo v skupinah, postavimo pred naslednji izziv: »Zasnуйте postopek za primerjavo deleža prvotne svetlobne intenzitete, ki se prenaša preko losjona za zaščito pred soncem v različnih delih elektromagnetnega spektra. Natančneje, ugotovite, kateri so relevantni parametri, in poiščite načine, kako jih nadzirati.«

Postopek: Eden od načinov za pristop k temu problemu je naslednji. Postavite svetlobni vir (LED), ki oddaja svetlobo ene barve in svetlobni senzor [23] na fiksni razdalji. Merite odziv svetlobnega sensorja na svetlobo, ki jo oddaja LED z in brez plasti losjona, ki ga namestimo med LED in senzor. Razmerje teh dveh meritev je prepustnost. Obstaja več pomembnih vprašanj, ki jih morajo upoštevati dijaki, da bi prišli do uporabnih meritev.

- Kakršna koli svetloba okolja lahko pokvari meritve. Treba je preveriti, ali svetloba okolja vpliva na odčitke sensorja, in če vpliva, jo morajo zmanjšati.
- Svetlobni senzor morda ni enako občutljiv na vse vrste svetlob, ki jih oddajajo različne LED. Svetlobni sensorji običajno niso najbolj občutljivi v območju UVA, zaradi česar naj dijaki uporabijo senzor UVA za natančnejše meritve z UV LED.
- Glede na to, da lahko vsak losjon absorbira svetlobo, ne samo sredstva za zaščito pred soncem, je koristno imeti referenčni vzorec – losjon ali kremo, ki nima nobenega zaščitnega faktorja (uporabili smo navadno kremo za roke).
- Če dijaki za nanašanje kreme za zaščito pred soncem uporabljajo mikroskopska stekelca, morajo razmisliti o njihovih učinkih na meritve. Kot referenčno meritev lahko na primer vzamejo odziv svetlobnega sensorja, kadar postavijo dve čisti mikroskopski stekelci med vir in senzor (glej naslednjo točko za razlago o tem, zakaj sta potrebni dve stekelci).
- Eno izmed najtežjih vprašanj je nadzor debeline vzorcev. Dijaki morajo ugotoviti, kako doseči, da bo debelina vseh vzorcev čim bolj enaka. Ena rešitev je, da se na posamezno mikroskopsko stekelce položi enaka količina losjonov (slika 5(a)) in nato nanj pritisne drugo stekelce, s katerim se losjoni razmažejo v tanek sloj (slika 5(b)). Ta metoda dijakom tudi omogoča, da ocenijo debelino plasti losjona z uporabo kljunastega merila (v našem primeru približno 0,05 mm). Opomnite dijake, naj naredijo več (najmanj tri) vzorcev, da bi lahko preverili, kako ponovljive so meritve, in da bi ocenili negotovost izmerjenih vrednosti.
- Dijaki naj razpravljajo o tem, kako položaj vzorca, glede na svetlobni vir in svetlobni senzor, vpliva na meritve in kam je najbolje postaviti vzorec. Pustite jim, da svoje ideje preskusijo v obliki poskusa. Ugotovili bodo, da je vzorec najbolje položiti tik pred svetlobni senzor, pri čemer pa svetlobni vir (LED) ne sme biti preblizu sensorja (slika 5(c)). Na tak način je svetloba, ki jo oddaja vir, bolj enakomerno razporejena na mestu vzorca, senzor pa zajame večino svetlobe, ki prodre skozi vzorec. Poleg tega morajo vzorec postaviti dosledno na enak način za vsako meritev.

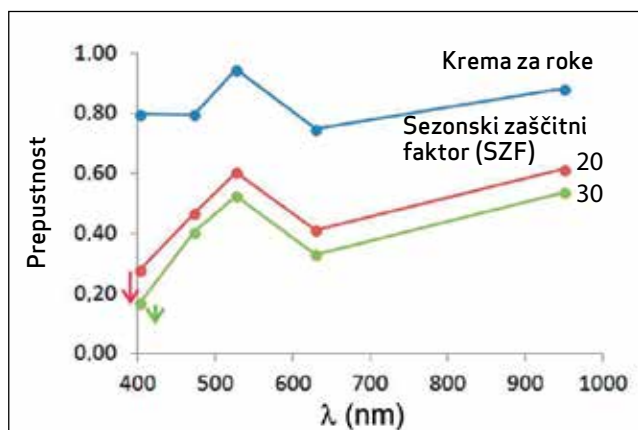
Vsak losjon absorbira svetlobo, ne samo sredstva za zaščito pred soncem.



Slika 5 a) in b) priprava vzorca.

c) Postavitev za odvzem meritev. LED je povezana na spremenljiv vir enosmerne napetosti, svetlobni senzor pa je povezan z zapisovalnikom podatkov.

Po zbiranju podatkov in izračunu prepustnosti lahko dijaki predstavijo rezultate v obliki grafov, kot je graf na sliki 6.



Slika 6: Prepustnost navadne kreme za roke in dveh losjonov za zaščito pred soncem (kot je prikazano na sliki 5(b)) za svetlobo različnih valovnih dolžin. Debelina plasti losjona je znašala približno 0,05 mm. Puščice nakazujejo premik merjenih točk v UV območju, če namesto svetlobnega senzorja uporabimo senzor UVA. Prepustnost dobimo kot razmerje med dvema senzorskima odčitkoma: odčitek z losjonom in dvema stekelcema ter odčitek samo z dvema stekelcema.

Spodbudite dijake, da opišejo glavne razlike in podobnosti, ki jih je mogoče razbrati z grafov. Tukaj navajamo nekaj najpomembnejših med njimi: prepustnost kreme za roke je največja in se ne spreminja znatno z valovno dolžino; prepustnost obeh losjonov za zaščito pred soncem se zmanjšuje z zmanjševanjem valovne dolžine; losjon z višjim zaščitnim faktorjem ima manjšo prepustnost na vseh valovnih dolžinah, zajetih v meritvi; razmerje prepustnosti losjonov za zaščito pred soncem pri 400 nm se v grobem ujema z inverznim razmerjem vrednosti njihovih zaščitnih faktorjev; prepustnost vseh vzorcev pa kaže povečano vrednost pri zeleni svetlobi.

Naslednja naloga dijakov je, da se domislijo več razlag/interpretacij opazovanih značilnosti. Spodaj navajamo nekaj vprašanj, ki se utegnejo pojaviti med razpravo o grafih.

- Kako delujejo losjoni za zaščito pred soncem?
- Kaj se zgodi s svetlobo, ki se ne prenese skozi vzorec? Dijaki se lahko domislijo dveh razlag: svetloba, ki ne prodira skozi vzorec, se absorbira ali pa se odbija. Dijaki naj pridejo do ugotovitve, da na podlagi opisanih meritev ne moremo odločiti, katera od teh razlag je pravilna (v resnici se pri losjonih za zaščito pred soncem [24] uporabljata oba mehanizma).
- Zakaj kažejo vsi losjoni povečano prepustnost pri zeleni svetlobi? Na to vprašanje nismo mogli najti strokovnega odgovora. Vam in vašim dijakom prepuščamo, da ga dodatno raziščete.

Kako delujejo losjoni za zaščito pred soncem?

Elektromagnetna indukcija

V tem delu smo pripravili zaporedje aktivnosti, ki bo dijake usmerila v preverjanje že usvojenega znanja o indukciji, o silnicah magnetnega polja okrog valjastega magneta in o znanju delovanja LED ter v uporabo tega znanja pri reševanju kvalitativnih in kvantitativnih problemov. Dijaki se bodo hkrati naučili, kako ocenjevati predpostavke.

Potrebno znanje: Spreminjanje pretoka magnetnega polja inducira električno napetost na tuljavi; LED svetijo, kadar električni tok skozi njih teče v eni smeri in je hkrati napetost na njih približno 2V.

Aktivnost je zasnovana kot spletni laboratorij, kjer dijaki uporabljajo visokohitrostne spletne videoposnetke ali zaporedja fotografij, vzeti iz takšnih videoposnetkov. Če pa imate na voljo spodaj navedeno opremo, lahko to aktivnost spremenite v laboratorij. Naj opozorimo na pomembno prednost uporabe LED kot tokovnih indikatorjev v teh poskusih v primerjavi z drugimi metodami za merjenje električnega toka. Postavitev, v kateri imamo LED, tuljavo in magnet hkrati v istem video okvirju (kadru), omogoča zaporedno opazovanje (slika za sliko) prisotnosti/smeri električnega toka skozi tuljavo pa tudi gibanje/pozicijo magneta glede na tuljavo. Vsi ti podatki so potrebni, če želimo razložiti opazovani pojav.

Oprema:

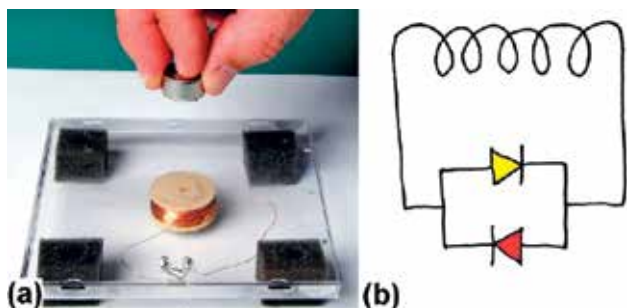
- rdeče in rumene LED [25],
- majhna tuljava z velikim številom ovojev (podatki za našo tuljavo: zunanji premer 30 mm, notranji premer 10 mm, višina 13 mm, 900 ovojev, izdelanih iz 0,2 mm debele izolirane bakrene žice, upor tuljave 30Ω),
- močan neodimov magnet (podatki za naš magnet: premer 18 mm, višina 7 mm, največja velikost gostote magnetnega polja B na sredini tuljave, ko postavimo magnet na vrh tuljave, znaša $B_{\max} = 0,1 \text{ T}$),
- plastični CD-ovitek in
- hitra kamera (kamera, ki zmore posneti vsaj 600 sličic na sekundo) [26].

Za vse poskuse smo uporabili naslednjo postavitev. Majhno tuljavo z velikim številom ovojev smo prilepili na polovico plastičnega pokrova škatle za CD (slika 7(a)). Tuljavo smo priključili vzporedno na rdečo in rumeno LED, ki sta usmerjeni v nasprotnih smereh (glej shemo vezja na sliki 7(b)). LED sta prav tako pritrjeni na pokrov CD-ja. Na spodnji del plastičnega pokrova smo zalepili štiri nogice (izrezane iz gobice), da bi bila naša postavitev na mizi stabilna.

Naj opozorimo na pomembno prednost uporabe LED kot tokovnih indikatorjev v teh poskusih v primerjavi z drugimi metodami za merjenje električnega toka.

Aktivnost 1: Preučevanje interakcije med tuljavo in magnetom

Opazovalni poskus: Učitelj (ali dijak) drži magnet tik nad tuljavo, s severnim polom magneta obrnjenim navzdol. Nato izvajalec poskusa potisne magnet navzdol, da se



a) postavitev eksperimenta in b) shema vezja.

Slika 7: Interakcija med tuljavo in magnetom

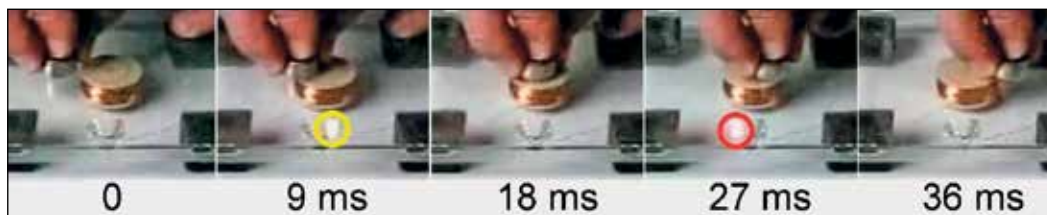
le-ta začne pospešeno premikati in se na koncu ustavi, ko udari ob plastični pokrov. Poskus smo posneli s hitro kamero (glej <http://youtu.be/PxqcL5NMZ18>). Z video-posnetka je razvidno, da rumena LED za trenutek utripne, tik preden magnet udari v plastični pokrov.

Dijaki morajo podati kvalitativno razlago opazovanega poskusa in nato razlago uporabiti za napoved rezultatov nadaljnjih eksperimentov, v katerih spremenimo smer magnetnega pola in/oziroma smer gibanja magnetnega (magnet na primer miruje na plastičnem pokrovu tik nad sredino tuljave, pri čemer je severni pol magnetnega obrnjen navzdol; izvajalec poskusa čim hitreje dvigne magnet navpično navzgor; glej video na <http://youtu.be/m-z9fOahfxU>). Naj poudarimo, da dijakov NE sprašujemo po napovedi prvega (opazovalnega) poskusa, spodbujamo pa jih, da napovedo izide nadaljnjih poskusov na podlagi razlage, ki so jo predlagali pri pojasnjevanju opazovalnega poskusa.

Aktivnost 2: Kvantitativna analiza/razlaga

Dijaki si ogledajo posnetek poskusa, ki je bil posnet s hitro kamero (glej <http://youtu.be/m-z9fOahfxU>; za ogled po korakih (slika za sliko) si prenesite video posnetek »Aktivnost 2«, ki ga najdete na povezavi <http://www.fmf.uni-lj.si/~planinsic/PEMbg.htm>, in ga predvajajte s programom QuickTime.

Magnet miruje na levi strani plastičnega pokrova. Izvajalec poskusa potisne magnet preko plastičnega pokrova od leve proti desni tako, da se hitro premakne čez sredino tuljave. Analiza video posnetka pokaže, da kadar se magnet premika preko prve polovice tuljave, zasveti rumena LED, in ko se premika preko druge polovice tuljave, zasveti rdeča LED. Ko se magnet premika nad sredino tuljave (glej sliko 8), sta obe LED ugasnjeni. Ko se magnet premika od desne proti levi, zasvetijo LED v enakem vrstnem redu kot prej.



Slika 8: Fotografije iz visokohitrostnega posnetka poskusa, pri katerem izvajalec poskusa premakne magnet preko tuljave od leve proti desni. Upoštevajte, da je os magnetnega vzporedna z osjo tuljave. Rdeča in rumena vezja označujejo barvo utripajoče LED.

Dijaki morajo ugotoviti, kateri pol magnetnega je obrnjen navzdol, in oceniti inducirano napetost v tuljavi med tem poskusom. Podatki za magnet in tuljavo so podani na začetku te aktivnosti; odpiralne napetosti za LED so: rdeča LED $U_{on} = 1,5 \text{ V}$, rumena LED $U_{on} = 1,6 \text{ V}$. Dijake spodbujamo, da opišejo morebitne predpostavke, ki so jih sprejeli v svojih ocenah.

Postopek: Z znanjem, ki so ga pridobili iz opazovalnega poskusa v aktivnosti 1, morajo biti dijaki sposobni ugotoviti, kateri magnetni pol je bil obrnjen navzdol (v našem primeru severni pol). Prav tako morajo ugotoviti, da kadar se magnet premika čez rob tuljave (s katere koli strani), se magnetni pretok skozi tuljavo najprej poveča. Ko se magnet nahaja nad sredino tuljave, se pretok ne spreminja (ostaja konstanten), in ko se magnet premika čez drugi rob tuljave, se pretok zmanjšuje [27]. Dijaki se morajo zavedati, da je za izvedbo izračuna potrebno sprejeti več predpostavk:

- tuljavo je mogoče približati z enoplastno tuljavo s premerom, ki je enak povprečnemu premeru dejanske tuljave (v našem primeru 20 mm);
- največjo vrednost magnetnega pretoka skozi tuljavo (ko je magnet tik nad sredino tuljave) je mogoče oceniti iz dane vrednosti $B_{\max} = 0,1 \text{ T}$, ko je magnet postavljen na vrh tuljave, ter iz dimenzij tuljave in magneta (upoštevajte, da je prečni prerez magneta v našem primeru manjši od prečnega prereza tuljave); v našem primeru dobimo $\Phi_{m_{\max}} = 2,3 \cdot 10^{-2} \text{ Wb}$;
- magnetni pretok skozi tuljavo se spremeni od vrednosti nič do največje vrednosti v času, ki je potreben, da gre magnet mimo roba tuljave; z analiziranjem video posnetka sliko za sliko lahko dijaki ugotovijo, da se v našem primeru to zgodi v času 12 video sličic, kar je enako 10 ms.

Z uporabo Faradayevega zakona lahko dijaki sedaj ocenijo vrednost inducirane napetosti (ki je v našem primeru približno 2,3 V). Dijake spodbudimo, da pridejo do spoznanja, da ta napetost zadostuje za to, da katera koli od uporabljenih LED zasveti.

Viri, literatura in opombe

- [1] Gorazd Planinšič in Eugenia Etkina, Light-emitting diodes: A hidden treasure, *Phys. Teach.* **52**, 94–99 (feb. 2014).
- [2] Eugenia Etkina in Gorazd Planinšič, »Light-emitting diodes: Exploration of underlying physics«, *Phys. Teach.* **52**, 212–218 (april 2014).
- [3] Gorazd Planinšič in Eugenia Etkina, »Light-emitting diodes: Learning new physics«, *Phys. Teach.* **53**, 212–218 (april 2015).
- [4] E. Etkina in A. Van Heuvelen, »Investigative Science Learning Environment – A Science Process Approach to Learning Physics«, in *Research Based Reform of University Physics*, edited by E. F. Redish and P. Cooney (AAPT, 2007), spletni dostop na http://percentral.org/per_reviews/media/volume1/ISLE-2007.pdf.
- [5] Bele in škrlatne (magenta) LED uporabljajo modre LED, prekrite s fosforjevim premazom. Mešanje modre svetlobe s svetlobo, ki jo oddaja fosfor, proizvaja svetlobo, ki je videti bele ali škrlatne barve. Aktivnost, v kateri dijaki odkrijejo ta mehanizem, je opisana v prispevku #3 iz naše serije.
- [6] Stephen Kanim in Keron Subero, »Introductory labs on the vector nature of force and acceleration«, *Am. J. Phys.* **78**, 461–466 (maj 2010).
- [7] T. Terzella, J. Sundermier, J. Sinacore, C. Owen, in H. Takai, »Measurement of g using a flashing LED«, *Phys. Teach.* **46**, 395–397 (okt. 2008).
- [8] Dijaki se morajo zavedati, da je nedoločnost periode manjša, če je čas osvetlitve daljši, in da za določitev periode vozička ni treba premikati s konstantno hitrostjo.
- [9] Za energijske stolpčne diagrame glejte Poglavlje 6 v delu Etkina, Gentile, in Van Heuvelen, *College Physics* (Pearson, 2014).
- [10] Primerjava učinkovitosti žarnic in LED je že bila objavljena: James A. Einsporn and Andrew F. Zhou, »The 'Green Lab': Power consumption by commercial light bulbs«, *Phys. Teach.* **49**, 365–367 (sept. 2011). Vendar se naš pristop dovolj razlikuje tako v eksperimentalnem kot pedagoškem vidiku, da smo se odločili, da ga opišemo.
- [11] Uporabili smo OptoSupply belo LED OSPW5111P.
- [12] Uporabili smo konvencionalno žarnico za ročne svetilke z naslednjimi podatki: 3,8 V, 0,3 A.
- [13] Uporabili smo Vernierjev svetlobni senzor LS-BTA.
- [14] Z žago za kovino previdno odžagajte del ohišja LED, ki tvori lečo, nato zbrusite odžagano površino s finim smirkovim papirjem in na koncu spolirajte z belo zobno pasto, dokler površina ni videti jasno transparentna [glej tudi Gorazd Planinšič, »Color mixer for every student«, *Phys. Teach.* **42**, 138–142 (marec 2004)].
- [15] Žogica za namizni tenis razprši svetlobo na notranji površini žogice enakomerno v vse smeri, zaradi česar je žogica videti enako svetla z vseh smeri. Upoštevajte, da se nekaj svetlobe absorbira v steni žogice (svetlobna energija se pretvori v termično energijo).
- [16] Tu definiramo prepustnost kot delež energije vpadne svetlobe pri določenem intervalu valovnih dolžin, ki prehaja skozi vzorec.
- [17] Uporabili smo LD 271, ki ima največjo valovno dolžino pri 950 nm in lahko prenese največji tok 130 mA v prevodni smeri.
- [18] Uporabili smo Optosupply LED: rdeča OSHR5111P, zelena OSPG5111P in modra OSUB511 1P.

- [19] Spekter naše UV LED ima vrh pri valovni dolžini 400 nm (vidno območje) in sega v UV območje do približno 380 nm. To so običajni podatki za splošno dostopne UV LED.
- [20] Uporabili smo Vernierjev svetlobni senzor LS-BTA.
- [21] Zaščitni faktor (SPF) X pomeni, da lahko z uporabo te kreme za zaščito pred soncem na soncu ostanete X -krat dlje, da bi enako porjaveli kot brez kreme za zaščito pred soncem.
- [22] Uporabili smo Vernierjev UVA-senzor UVA-BTA.
- [23] Uporaba LED kot detektorja nam v tem primeru ne bi dala uporabnih meritev zaradi leče, ki spremeni intenziteto svetlobe, ki se razprši na plasti kreme in vpada na LED.
- [24] Doris Kimbrough, »Photochemistry of sunscreens«, *J. Chem. Educ.* **74**, 51–53 (jan. 1997).
- [25] Uporabili smo Optosupply LED: rdeča OSHR51 1 1P in rumena OS5YKA5111P.
- [26] Izdelali smo video posnetke s 1200 sličicami na sekundo z uporabo kamere Casio Exilim.
- [27] Nekateri dijaki lahko pripomnijo, da zaradi oblike dipolarnega polja magneta nastane tudi majhna sprememba magnetnega pretoka skozi tuljavo (in posledično inducirana napetost), ko je magnet zunaj tuljave in se približuje njenemu območju. To je res in je znak globljega razumevanja obravnavane tematike. Vendar pa je inducirana napetost v tem primeru premajhna za vklop LED, lahko pa jo zmerimo z uporabo osciloskopa.

Članki, ki bi vas morda zanimali

Characteristics of light regime on biofixation of carbon dioxide and growth of *Scenedesmus obliquus* with light-emitting diodes
J. Renewable Sustainable Energy **6**, 033104 (2014); 10.1063/1.4873398

Light-Emitting Diodes: Exploration of Underlying Physics *Phys. Teach.* **52**, 212 (2014); 10.1119/1.4868933

Light-Emitting Diodes: A Hidden Treasure
Phys. Teach. **52**, 94 (2014); 10.1119/1.4862113

Experiments with light-emitting diodes
Am. J. Phys. **79**, 825 (2011); 10.1119/1.3599072

Noninvasive, low-noise, fast imaging of blood volume and deoxygenation changes in muscles using lightemitting diode continuous-wave imager

Rev. Sci. Instrum. **73**, 3065 (2002); 10.1063/1.1485779

Gorazd Planinšič je profesor fizike na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani, Slovenija. Prav tako je stalni sodelavec prvega slovenskega centra znanosti Hiša eksperimentov. Vodi izobraževalni program fizike za bodoče srednješolske učitelje fizike in program stalnega izobraževanja za učitelje fizike v Sloveniji. Njegov glavni interes je razvoj in izobraževalne aplikacije preprostih poskusov. gorazd.planinsic@mf.uni-lj.si

Eugenia Etkina je profesorica fizikalnega izobraževanja na Univerzi Rutgers, GSE. Izobražuje bodoče učitelje fizike za srednje šole in aktivne učitelje fizike ter razvija in pripravlja gradiva za učne programe fizike. Je soavtorica Okolja za raziskovalno učenje naravoslovja (Investigative Science Learning Environment – ISLE) in soavtorica nedavno objavljenega učbenika Fizika za srednje šole (College Physics). Njeno raziskovanje je usmerjeno v načine, kako pomagati dijaku pri razvijanju »znanstvenih navad razmišljanja«. eugenia.etkina@gse.rutgers.edu

THE PHYSICS TEACHER, št. 53, maj, 2015

Ta članek je avtorsko zaščiteno delo, kot je navedeno v članku. Za ponovno uporabo vsebine AAPT veljajo pogoji na: <http://scitation.aip.org/termsconditions>. Preneseno na IP: 78.153.51.134 v sredo, 22. aprila 2015, ob 19:05:41.

Uporaba mikrokrmilnika Arduino pri pouku fizike

Timotej Maroševič

Gimnazija Vič, Ljubljana

Povzetek

V Sloveniji je po šolah precej razširjena uporaba merilnih instrumentov Vernier. Zaradi visoke cene in nekaterih omejitev je včasih primernejša uporaba drugih instrumentov. Eden takih je mikrokrmilnik Arduino, ki je v članku predstavljen skupaj s svojimi prednostmi in slabostmi.

Abstract

Schools across Slovenia mostly use Vernier measuring instruments. Because of their high price and certain limitations, it would sometimes be better to use other instruments. One such instrument is the Arduino microcontroller, which is presented in the article, including its advantages and drawbacks.

Uvod

V Sloveniji smo leta 2003 večino gimnazij in tehniških gimnazij opremili z računalniškimi vmesniki Vernier, ki omogočajo zajemanje podatkov oziroma merjenje različnih fizikalnih količin [1] [2]. Večina profesorjev naravoslovnih predmetov vmesnike Vernier dobro pozna, njihova uporaba je preprosta, izmerjeni podatki pa so dosegljivi v realnem času in prikazani na grafu ali v tabeli. Tak način zajemanja in prikazovanja podatkov je uporaben kot opora demonstracijskim poskusom pri pouku. Še več, natančnost je dovoljšnja, da lahko vmesnik Vernier uporabimo tudi pri natančnejših meritvah, na primer pri raziskovalnih nalogah ali raziskovalnih projektih.¹

Pri uporabi na terenu pa se hitro pokažejo njegove pomanjkljivosti. Cena vmesnika in senzorjev je visoka, zato opreme ne moremo pustiti brez nadzora. Tudi napajanje preko baterije ima svoje omejitve. Pri projektu *Vič gre v vesolje* je bila ovira tudi masa (glej opombo 2). Za zmanjšanje mase smo senzorce razdrli in odstranili ohišje, s tem pa senzorcji niso bili več primerni za poznejšo uporabo. Cena je bila previsoka. Pozneje smo z enako kakovostjo izvedli drugi izpust atmosferske sonde, ki je delovala s pomočjo mikrokrmilnika Arduino, stroški pa so bili približno desetkrat manjši.

Kaj je Arduino?

Arduino je odprtokodna mikrokrmilniška platforma, ki temelji na enostavni razvojni ploščici z vhodno-izhodnimi konektorji in na uporabniku prijaznem razvojnem okolju (brezplačna programska oprema) [3]. Ker je Arduino odprtokodni sistem, so načrti za strojno opremo javni, tako da si zahtevnejši uporabnik lahko izdelata lastno

Arduino je odprtokodna mikrokrmilniška platforma, ki temelji na enostavni razvojni ploščici z vhodno-izhodnimi konektorji in na uporabniku prijaznem razvojnem okolju.

¹ Na Gimnaziji Vič smo pred leti izvedli projekt *Vič gre v vesolje*, v okviru katerega smo izpustili atmosfersko sondo, ki je s pomočjo Vernierjeve opreme merila temperaturo, tlak, koncentracije nekaterih plinov in podobno.

razvojno ploščico. Cena razvojne ploščice (slika 1) je približno 20 evrov, seveda pa je ugodneje prek spleta kupiti še cenejšo kitajsko različico.²

Katere so prednosti sistema Arduino?

Arduino lahko deluje samostojno ali pa v povezavi z računalnikom. To omogoča učinkovito uporabo na terenu. Električna poraba je majhna, tako da dobro deluje tudi na baterije. Je zelo razširjen in odlično dokumentiran. Na spletu je mogoče najti navodila za izvedbo preprostih in zapletenih primerov. Prav tako je na voljo veliko knjig za začetnike pa tudi za zahtevnejše uporabnike.³ Preprosto iskanje besede »Arduino« v iskalniku Google vrne nepregledno množico zadetkov. Zelo verjetno je projekt, ki si ga boste zamislili, naredil že kdo pred vami in na spletu zanj napisal navodila. Baza uporabnikov je res neverjetno velika.

Plošča vsebuje mikroprocesor, nekaj spomina, komunikacijski priključek ter nekaj vhodno-izhodnih konektorjev in je pravzaprav mali računalnik.

Klasični računalnik za delovanje potrebuje operacijski sistem, ki je lahko pri zajemanju meritev tudi v napoto, saj operacijski sistem zahteva svoj čas, senzorji, priključeni na vhodno-izhodne, enote pa zato niso ves čas na voljo. Arduino, podobno kot večina ostalih mikrokontrolerov, nima operacijskega sistema. Program, ki ga napišemo, se shrani v spomin in se nato ves čas ponavlja, vrstico za vrstico. Rezultat je solidna hitrost, meritve lahko brez težav zajemamo vsako milisekundo. Tudi stabilnost sistema je solidna – Arduino sem doma uporabil za merjenje temperature akvarijske vode, prižiganje in ugašanje luči ter za prikazovanje informacij na zaslonu LCD, program pa je stabilno deloval 24 ur na dan več kot leto.

Prednost dela z Arduinom je tudi brezplačna programska oprema, ki deluje na različnih operacijskih sistemih osebnega računalnika (Windows, Apple in Linux). Programska oprema vključuje okolje, v katerem programiramo v poenostavljenem jeziku C++ , in se imenuje Arduino IDE (slika 2).

Primerjajmo še cene. Vernierjev klasični termometer stane približno 36 USD, ločljivost senzorja je 0,1 °C, natančnost pa 0,5 °C.⁴ Senzor DS18B20, ki je preprost za uporabo s pomočjo Arduina, ima podobne oziroma boljše karakteristike, ločljivost je 0,01 °C, natančnost pa ravno tako 0,5 °C. Cena takega senzorja je manj kot 1 USD.

Najboljše pri Arduinu je, da nanj lahko poleg senzorjev preprosto priključimo tudi druge koristne pripomočke. Če želimo npr. vedeti, kolikšna je temperatura, ki jo merimo na terenu, lahko priključimo majhen zaslon LCD, na katerem se bodo izpisovali podatki. Če želimo poleg termometra še mešalo za vodo, priključimo npr. koračni motor. Če želimo, da Arduino meri neko količino dalj časa brez našega nadzora, npr. en mesec, potrebujemo mesto za shranjevanje teh podatkov. Preprosto lahko priključimo kartico microSD in težava je odpravljena. Če želimo vedeti, kje natančno smo neko količino izmerili, lahko dodamo modul GPS. Če želimo, da bi bile meritve, izmerjene



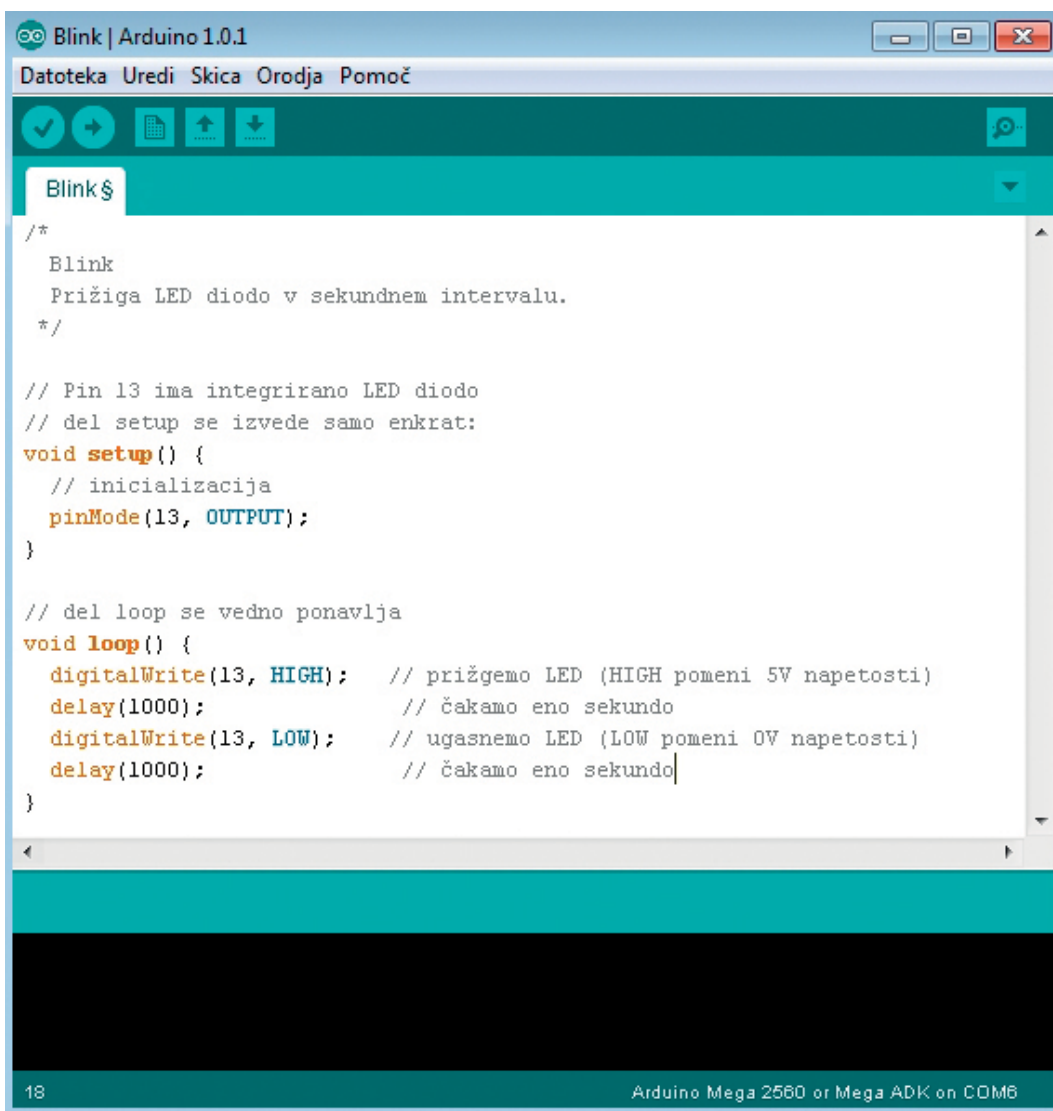
Slika 1: Najpreprostejša razvojna ploščica, Arduino Uno. [4]

Arduino, podobno kot večina ostalih mikrokontrolerov, nima operacijskega sistema.

² Cene na spletu se gibljejo med 5 in 10 USD.

³ Ena takih je knjiga z naslovom *30 Arduino projects for the evil genius*.

⁴ Pomembno je razlikovati med ločljivostjo in natančnostjo senzorja. V konkretnem primeru ločljivost pomeni, da senzor zazna razliko v temperaturi najmanj 0,1 °C, natančnost pa, da se lahko izmerka dveh enakih termometrov razlikujeta za največ 0,5 °C.



Slika 2: Arduino IDE – okolje, v katerem programiramo mikrokrmilnike Arduino.

s pomočjo Arduina, dostopne preko spletne strani, dodamo modul ethernet⁵ in Arduino že lahko dostopa do interneta. Branje meritev ali prižiganje luči preko pametnega telefona je tako preprosto. Dodamo lahko na primer tudi modul bluetooth in že lahko upravljamo Arduino z razdalje nekaj 10 metrov. In še mnogo več.

Katere so pomanjkljivosti sistema Arduino?

Prav je, da razkrijemo še slabosti sistema Arduino. Kot sem že omenil, ploščica nima operacijskega sistema. Koda se izvaja linearno, vrstica za vrstico. To pomeni, da je nemogoče odčitati meritev z

dveh senzorjev hkrati. Najprej se bo izvedel ukaz za branje prvega senzora, nato še za branje drugega. Resnične večopravnosti pri Arduino torej ni. Ker pa se koda izvaja zelo hitro, je časovna razlika med izmerki morda nekaj mikrosekund. Običajno s tem ni težav.

Druga slabost je jakost električnega toka, ki so ga sposobni prejemati ali oddajati vhodno-izhodni konektorji. Ta je omejena na 20 mA [5]. Tako je na primer nemogoče neposredno napajati motor ali kaj podobnega. V takem primeru moramo poiskati druge rešitve. V najslabšem primeru se lahko zgodi, da bo mikroprocesor na ploščici pregorel. Če se to zgodi, lahko zamenjamo zgolj mikroprocesor in ne celotne ploščice. Taka napaka nas bo stala nekaj evrov.

⁵ Pri Arduino se ti dodatki imenujejo »shield«. Če želimo dodati zmožnost priklopa na splet, moramo dodati t. i. »Ethernet shield«.

Uporaba pri pouku fizike

Uporabo lahko v grobem razdelimo na dve področji: uporabo pri pouku in uporabo pri raziskovalnih nalogah oziroma projektih.

Zagotovo sistema ni tako preprosto uporabljati pri demonstracijskih poskusih kot sistem Vernier, saj se podatki ne izrisujejo sproti na grafu, čeprav je z nekaj programiranja mogoče tudi to. Morda imamo v razredu »zahtevnega dijaka«, ki ga je zaradi nadarjenosti smiselno dodatno zaposliti. Iz izkušenj vem, da dijaki z veseljem uporabijo sistem Arduino in napišejo različne programe. Poleg tega so običajno cene nekajkrat nižje, tako da si morda v ekonomsko težkih časih lažje privoščimo zeleni senzor za Arduino kot senzor za Vernier.

Uporaba sistema Arduino pri raziskovalnih nalogah pa je naravnost idealna zaradi že omenjenih prednosti. Dijaki lahko sami ustvarijo na primer robota,⁶ 3D-tiskalnik, lastni osciloskop ali detektor laži.⁷ Vsekakor pa je cena tista, ki omogoča dostopnost ne le profesorjem oziroma šoli, temveč tudi dijakom samim.

Zdaj se je treba le še opogumiti in narediti prve korake v svet programiranja mikrokrmilnikov. V seriji člankov jih bomo naredili skupaj in začeli z najpreprostejšimi, končali pa z zahtevnejšimi primeri.

Prvi koraki v svet Arduina

Za prvi preprost program potrebujemo:

- osebni računalnik z nameščenim okoljem za programiranje – Arduino IDE,
- osnovno mikrokrmilniško ploščico, na primer Arduino Uno in kabel USB.

Želimo upravljati diodo LED, ki je že vgrajena v ploščico Arduino. V okolju Arduino IDE pod Datoteka/Primeri/Osnove najdemo že narejen primer Blink. Odpremo program (slika 2).

Vidimo, da je program dolg zgolj nekaj vrstic. Prve vrstice so namenjene komentarjem. V programskem okolju Arduino IDE se vse, kar se začne z // ali /*, razume kot komentar, zato se besedilo obarva sivo. Za podrobnosti pomena posameznih ukazov se lahko obrnemo na spletno stran <https://www.arduino.cc/en/Reference/HomePage>.

Struktura programa je sicer vedno enaka. Prvi del se imenuje »void setup«, drugi pa »void loop«. Vse, kar je zapisano pri »void setup«, se izvede samo enkrat – takoj ko ploščico priključimo na napajanje oziroma vsakič, ko jo »resetiramo«. Ko se ta del kode izvede, program preide v »void loop«. Vsa koda, ki je vpisana v delu »void loop«, se ponavlja v zanki. Ko program pride do konca, se spet vrne na prvo vrstico dela »void loop«.

Skupaj analizirajmo posamezne dele kode, da bomo bolje razumeli delovanje programa.

```
void setup() {
  // Inicializacija
  pinMode(13, OUTPUT);
}
```

Del »void setup« se izvede samo enkrat, na začetku. Ukaz pinMode ima dva argumenta. S prvim mikrokrmilniku povemo, kateremu konektorju (pinu) bomo dodeljevali funkcijo, z drugim pa, kaj pričakujemo od posameznega konektorja. Besedilo za poševnicama je komentar avtorja in ne vpliva na delovanje kode.

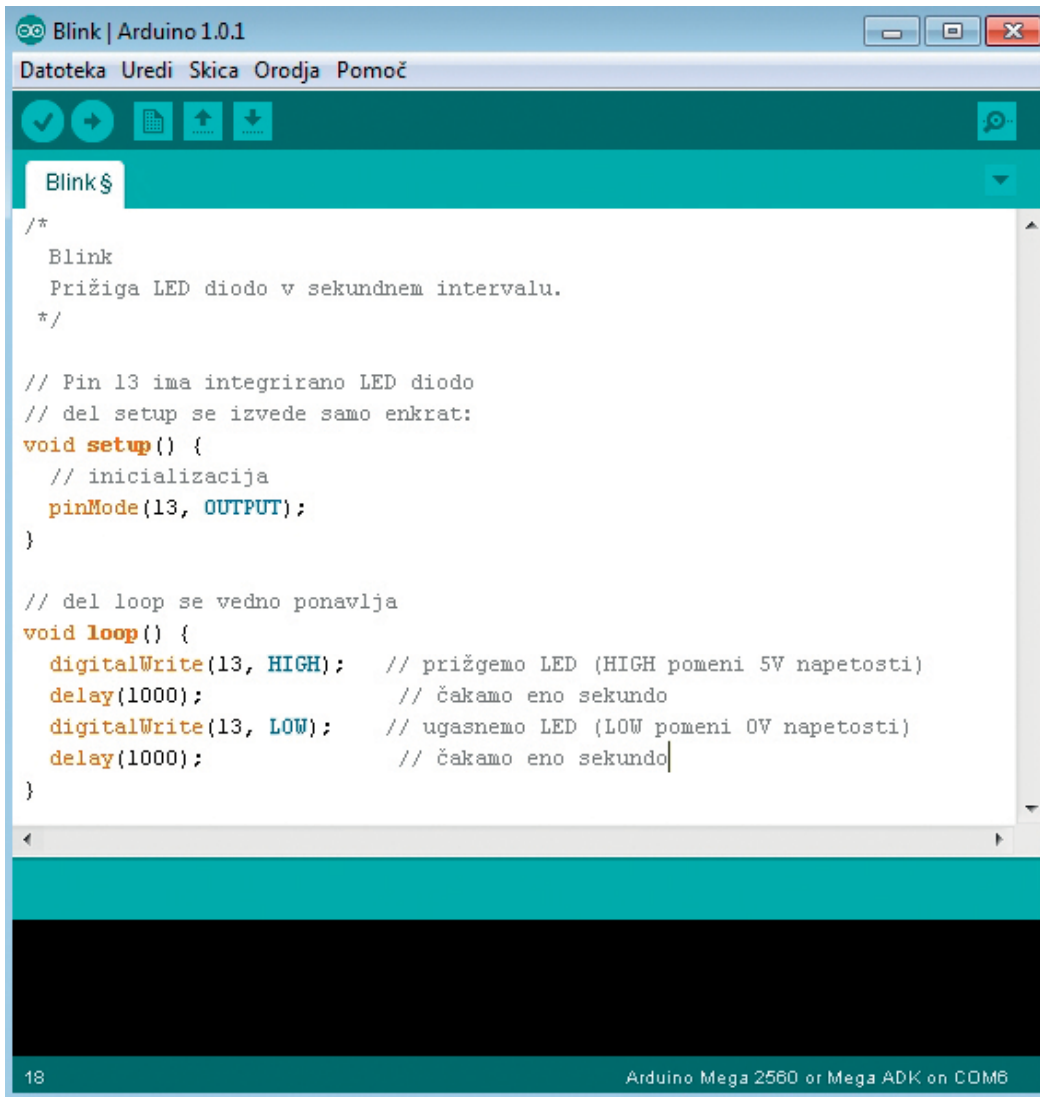
Ker je na ploščici Arduino dioda LED že integrirana na konektorju številka 13, smo zapisali, da želimo uporabiti pin 13 kot izhod (OUTPUT). Če bi želeli na tem konektorju brati napetost, bi morali vpisati INPUT.

```
// del loop se vedno ponavlja
void loop() {
  digitalWrite(13, HIGH); // prižgemo LED
  (HIGH pomeni 5 V napetosti)
  delay(1000);           // čakamo eno sekundo
  digitalWrite(13, LOW); // ugasnemo LED
  (Low pomeni 0 V napetosti)
  delay(1000);           // čakamo eno sekundo
}
```

V tem delu smo uporabili ukaz »digitalWrite«, ki ponovno potrebuje dva argumenta. Najprej povejmo, kateri konektor želimo uporabljati (v našem primeru konektor številka 13) in kaj želimo. Ker želimo prižgati diodo LED, napišemo HIGH, ko naj bo dioda prižgana, in LOW, ko naj bo ugasnjena. Ker se program hitro izvaja, smo vmes dodali še ukaz »delay(1000);«, kar pomeni, da se bo program v tej vrstici ustavil za 1000 milisekund oziroma za eno sekundo. Rezultat je, da se dioda LED prižiga in ugaša v sekundnih intervalih.

⁶ Znani robotski sesalnik iRobot Roomba uporablja enak mikroprocesor kot Arduino.

⁷ Natančnejši izraz bi bil merilnik prevodnosti kože. Detektor laži meri poleg prevodnosti kože še temperaturo, srčni utrip in podobno.



Slika 3: Zaslonska slika z odprtim programom Blink.

Viri

- [1] *Vzgoja in izobraževanje* (2015). št. 2–3, letnik XLVI, str. 83. Ljubljana: Zavod RS za šolstvo.
- [2] <http://www.zrss.si/HYPERLINK> „<http://www.zrss.si/digitalnaknjiznica/PKP-zbornik-prispevkov-zakl-konf/>“, str. 166. (22. 10. 2015).
- [3] <http://www.smakshop.si/smakrobot/mikrokrmilnik-arduino-uno.html>, (6. 10. 2015).
- [4] https://virtuabotix-virtuabotixllc.netdna-ssl.com/core/wp-content/uploads/2013/03/arduino_uno_r3_top.jpg, (22. 10. 2015).
- [5] <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>, (22. 10. 2015).

Deset let Verižnega eksperimenta

dr. Jurij Bajc, dr. Saša Ziherl, dr. Katarina Susman

Pedagoška fakulteta Univerze v Ljubljani

Povzetek

V prispevku na kratko preletimo desetletno zgodovino prireditve Verižni eksperiment, ene od aktivnosti svetovnega leta fizike 2005, ki je preživela do danes. Že 12. prireditev Verižni eksperiment je maja 2016 potekala na Jesenicah v Gornjesavskem muzeju Jesenice.

Abstract

The paper presents a brief history of the ten years of the Chain Experiment. The activity was set in motion during the World Year of Physics 2005 and is still alive and kicking today. In May 2016, the 12th annual Chain Experiment event was held at the Gornjesavski muzej Jesenice museum in Jesenice.

Uvod

Leto 2005 je bilo izbrano za svetovno leto fizike in tudi v Sloveniji smo organizirali niz dogodkov za promocijo fizike v ožjem in naravoslovja ter tehnike v širšem smislu. Ena od dobro sprejetih idej je bila tudi aktivnost Verižni eksperiment, ki idejno izhaja iz podobnega dogodka na znameniti univerzi MIT (Massachusetts Institute of Technology) v ZDA in katere zaključno prireditev v Cankarjevem domu v Ljubljani si je maja 2005 ogledalo okoli tisoč ljudi. Kar 53 naprav v verigi, ki je bila dolga preko 80 metrov, so pripravili skupine učencev, dijakov in študentov, družine, posamezniki in združene skupine staršev in predšolskih otrok pod mentorstvom vzgojiteljic nekaterih vrtcev (slika 1). Zaradi dobrega odziva Verižni eksperiment prirejamo vsako leto in zadnjih deset let na zaključni prireditvi vsakič sestavimo verigo okoli 20 naprav, ki si jih ogleda nekaj sto ljudi.

Verižni eksperiment – kaj sploh je?

Po enajstih ponovitvah zaključnega dogodka je Verižni eksperiment poznan mnogim. Kljub temu ne bo odveč povedati, za kaj pri tej dejavnosti gre.

Verižni eksperiment združuje dvoje: predstavitev zanimivih fizikalnih pojavov, kakor jih vidijo konstruktorji naprav, in skupinski dinamični proces, ki po zgledu podirajočih se domin poteka od začetka do konca brez vmesnega posredovanja. Oba vidika združimo na učinkovit način s preprostimi pravili, ki po eni strani omogočajo združljivost in poljuben vrsti red naprav, po drugi strani pa vsaki skupini dopuščajo veliko idejne, vsebinske in izvedbene svobode pri konstrukciji njene naprave. Za medsebojno združljivost naprav skrbi tako imenovani »vezni člen«: vsaka naprava se sproži tako, da ujame jekleno kroglico premera 2 cm, ki pade z višine 45 cm, in se ustavi tako, da spusti enako kroglico z višine 45 cm v naslednjo napravo. Ustvarjalnost pri zamislih in izdelavi naprave podpiramo tako, da razen omejitve velikosti na površino običajne šolske klopi (120 cm x 60 cm) in višino do 150 cm, časa trajanja delovanja od

Verižni eksperiment združuje dvoje: predstavitev zanimivih fizikalnih pojavov in skupinski dinamični proces.

20 sekund do dve minuti ter nekaterih varnostnih zahtev¹ ni drugih omejitev.



Slika 1: Spomin na prvo izvedbo Verižnega eksperimenta – ovitek zgoščenke z video posnetkom. Nagrado občinstva je osvojila naprava Grad (desno zgoraj).

Dogajanje v posamezni napravi je prepuščeno domišljiji konstruktorjev, napotek organizatorjev je le, naj naprava kaže zanimiv fizikalni pojav. Odvisno od starosti in zanimanja konstruktorjev so naprave različno tematsko usmerjene, navezujejo se, na primer, na značilnosti kraja, od koder ekipa prihaja, ali na kak fizikalni koncept ali kako popularno temo in podobno. Pogosti elementi v napravah so tako cevi ali vodila, po katerih se kotalijo kroglice ali se pretaka voda, majhni elektromotorji, ki dvigajo dele naprav, vzvodi in škripci, čolnički na jadra, ki jih poganjajo vetrnice, in podobno. Poleg pogostih in pričakovanih pojavov smo v več kot desetih letih Verižnega eksperimenta in v desetinah naprav našli tudi zelo izvirne načine, kako dele naprav pognati v gibanje, na primer tako imenovani magnetni top, precesijo masivne vrtavke, spremembo površinske napetosti, sklopljeno nihanje več nihaj, Arhimedov vijak, vodni sifon in podobno.

Kratka zgodovina veriženja

Začelo se je jeseni 2004, ko smo se odločili maja 2005 organizirati prvi Verižni eksperiment, dogo-

dek, ki je morda celo v absolutnem merilu do sedaj najbolj obiskan posamezen dogodek za promocijo fizike v Sloveniji. Študentje fizike na Fakulteti za matematiko in fiziko v Ljubljani in študentje fizike na Pedagoški fakulteti v Ljubljani so izdelali prvih devet verižnih naprav, ki smo jim kasneje dodali še napravo študentov Pedagoške fakultete v Mariboru. Te naprave so tvorile Demo verigo, ki v posodobljeni različici še danes služi promociji Verižnega eksperimenta tako med slovenskimi učenci kot splošno javnostjo. Z intenzivno promocijo in obsežnim spremljevalnim programom smo v ljubljanskem Cankarjevem domu v soboto, 14. maja 2005, dogodek spremenili v festival fizike, ki so ga udeleženci in obiskovalci še dolgo pomnili.



Slika 2: Do vključno leta 2008 je Verižni eksperiment potekal v parku Tehniškega muzeja Slovenije v Bistri pri Vrhniki.

Organizacijo zaključnega dogodka si vsa leta delimo Pedagoška fakulteta v Ljubljani, Tehniški muzej Slovenije in Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije. Prva leta je dom in logistično podporo zaključni prireditvi Verižnega eksperimenta ponujal Tehniški muzej Slovenije v Bistri pri Vrhniki (slika 2). Demo verigo, s katero se dejavnost promovira vse leto, vzdržujejo in spremljajo študentje Pedagoške fakultete v Ljubljani, bodoči učitelji fizike v osnovnih in strokovnih srednjih šolah. Tehniški muzej Slovenije poleg logistične podpore Demo verigi vsako leto na razstavi Dnevi fizike nameni del prostora promociji Verižnega eksperimenta. Po nekaj izvedbah na čudovitem vrtu Tehniškega muzeja v Bistri smo zaključni dogodek vseeno predstavili v zaprt prostor, saj smo ugotovili, da je vpliv vremena, predvsem vetra, na delovanje naprav preveč moteč. V naslednjih letih smo zaključno srečanje nekajkrat izvedli v Železniškem muzeju Slovenskih železnic v Ljubljani (slika 3) in nekajkrat na osrednjem razstavnem prostoru Pedagoške fakultete v Ljubljani (slika 4). Leta 2014, ko

¹ Naprave na primer ne smejo vključevati živali, ognja, nevarnih ali strupenih kemikalij ter električnih elementov, ki delujejo z napetostjo nad 24 V, in podobno.

je bila zaključna prireditev Verižni eksperiment izpeljana desetič, smo jo ponovno organizirali v Cankarjevem domu v sklopu vsakoletne slovesnosti, na kateri Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije razglasi najboljše tekmovalce na državnih tekmovanjih iz znanja, ki jih društvo soorganizira. Poleg zaključnih dogodkov smo z Demo verigo obiskali več deset šol in na desetine drugih dogodkov, od poletne šole fizike do nakupovalnih središč in sejmskih prireditev.



Slika 3: Utrinek s pripravljanja Verižnega eksperimenta leta 2011, ki so si ga obiskovalci lahko ogledali s posebej prirejenega vagona.



Slika 4: Leta 2012 smo na Pedagoški fakulteti v okviru Verižnega eksperimenta tri nagrajene naprave na sliki vključili v prenovljeno Demo verigo.

Verižni eksperiment je vsako leto popestrilo kaj novega. Prva izvedba v Cankarjevem domu je presegla naša pričakovanja tako po udeležbi ekip kot po obisku udeležencev. Presenetili so nas Kranjski vrteci, ki izkazujejo izjemno lepo sodelovanje staršev, otrok

in vzgojiteljic in so več let s svojimi domiselnimi in konceptualno zaokroženimi napravami prepričevali gledalce in osvajali nagrado občinstva. Na eni od izvedb Verižnega eksperimenta v Bistri so dijaki iz Kamnika »spregledali« omejitev velikosti naprave in jo izdelali v dolžini okoli deset metrov, tako da smo jo morali gledalcem pokazati kot samostojno verigo zunaj tekmovalnega programa.

Z Verižnim eksperimentom smo nekatere učitelje tako navdušili, da njihovi učenci vsako leto pripravijo po več naprav, največ naprav iz ene šole je bilo leta 2011, ko so jih na OŠ Rovte izdelali kar sedem. Ko smo Verižni eksperiment izpeljali v Železniškem muzeju Slovenskih železnic, smo za tribuno uporabili velik tovorni vagon, ki so ga za to priložnost prijazno predelali v Železniškem muzeju (slika 3). Na deseti ponovitvi v Cankarjevem domu smo potek Verižnega eksperimenta prvič uspešno prenašali v živo v polni Linhartovi dvorani (slika 5).



Slika 5: Leta 2014 smo Verižni eksperiment izpeljali v okviru prireditve Bistroumi 2014 v Cankarjevem domu. Na sliki so vsi konstruktorji naprav.

Vsako leto prinese kaj novega in tako smo se odločili v šolskem letu 2015/2016 organizacijo zaključne prireditve prepustiti zanesenjakom, ki v okviru Društva upokojencev Jesenice že več let aktivno sodelujejo na prireditvi in so k organizaciji pritegnili tudi Občino Jesenice ter Gornjesavski muzej Jesenice. Zaključna prireditev je potekala v soboto, 28. maja 2016, na Jesenicah v prireditveni dvorani Kolpern na Stari Savi. Obogatil jo je pester spremljevalni program, povezan tako s fiziko kot s tehničkim kulturnim izročilom Jesenic. Pridružite se nam v naslednjih letih kot gledalci ali s svojo napravo.

Za več informacij in za prijavo obiščite spletni strani www.tms.si in www.verizni.si.

Prometna varnost in fizika

Robert Buček
Osnovna šola Litija

Povzetek

V vsakdanjem življenju smo velikokrat udeleženi v prometu kot vozniki ali sopotniki v osebnem avtomobilu. Pri tem se srečamo z različnimi prometnimi situacijami in različno prometno kulturo. Pomembno je, da učence dovolj zgodaj poučimo o pravilnem obnašanju v prometu in o fizikalnih razlogih zanj.

Abstract

In our day-to-day lives, we are often participants in traffic as drivers or passengers in a passenger car. In the process we encounter various traffic situations and different traffic culture. It is important that we teach students early on about proper behaviour in traffic and the physical reasons behind it.

Uvod

Pri pouku v osnovni šoli učenci velikokrat slišijo o prometni vzgoji. V petem razredu takrat, ko opravljajo kolesarski izpit, v šestem, sedmem in osmem razredu pa pri tehniki in tehnologiji. Nekatere poudarke o prometni vzgoji pa lahko obravnavamo pri pouku fizike. S tem skušamo učence napeljati k razmisleku o načinu vožnje in o boljši prometni kulturi na naših cestah. V nadaljevanju bom navedel nekaj primerov.

Omejitve hitrosti

Z učenci ponovimo omejitve hitrosti, ki veljajo v Sloveniji (Tabela 1). Za lažjo predstavitev o posamezni hitrosti lahko enote pretvorimo v m/s in se pogovorimo o pomenu posamezne hitrosti. Hkrati lahko ponovimo tudi prometne znake, ki označujejo posamezno omejitev oziroma vrsto ceste. Povemo, da so te omejitve vezane na cesto. Poznamo pa tudi omejitve hitrosti, ki so vezane na vozilo.

Nekatere poudarke o prometni vzgoji pa lahko obravnavamo pri pouku fizike.

Tabela 1: Omejitve hitrosti, ki veljajo v republiki Sloveniji [1]

	Hitrost v km/h	Hitrost v m/s
Ceste v naselju	50	14,0
Območje omejene hitrosti	30	8,3
Območje umirjenega prometa in prometa v območju za pešce	10	2,8
Avtoceste	130	36,1
Ceste, rezervirane za motorna vozila	100	27,8
Ceste zunaj naselja	90	25

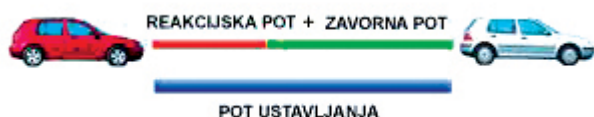
Z omejitvami hitrosti se lahko ukvarjamo v osmem razredu pri obravnavi enot za merjenje hitrosti.

Reakcijski čas

Reakcijski čas je pri večini ljudi ena sekunda. Odvisen je tudi od psihofizičnih sposobnosti voznika in od njegove zbranosti.

Pot ustavljanja

Pot ustavljanja je sestavljena iz reakcijske poti in zavorne poti (Slika 1). Reakcijska pot je pot, ki jo pri hitrosti, s katero se gibamo, naredimo v eni sekundi. Zavorna pot pa je pot, ki jo naredimo od trenutka, ko začnemo zavirati, do trenutka, ko se ustavimo. V prvem delu se gibamo enakomerno, v drugem pa pojemajoče.



Slika 1: Pot ustavljanja. [2]

Pot ustavljanja je sestavljena iz reakcijske poti in zavorne poti.

Pot ustavljanja je odvisna od naslednjih dejavnikov.

a) Hitrost, s katero se gibamo

Tabela 2: Pot ustavljanja v odvisnosti od hitrosti gibanja na suhi cesti [2]

Hitrost v km/h	Reakcijska pot v metrih	Zavorna pot v metrih	Pot ustavljanja v metrih
30	8,3	5	13,3
50	14	14	28
70	19,5	27,5	47
90	25	45,5	70,5
110	30,5	68	98,5
130	36	95	131

Večja je hitrost, daljša je pot ustavljanja. Reakcijska pot se povečuje enakomerno, zavorna pot pa neenakomerno. To lahko opazimo, če narišemo stolpični diagram. Iz njega ugotovimo, da lahko vrhove stolpcev za reakcijsko pot povežemo s premico, vrhove stolpcev za zavorno pot pa s krivuljo – parabolo.

b) Razmere na cesti, na kateri se ustavljamo

Pot ustavljanja je odvisna od tega, ali se vozimo po suhi, mokri, zasneženi ali poledeneli cesti. Reakcijska pot pri neki hitrosti se ne spreminja glede na cestne razmere, spreminja pa se zavorna pot. Pot zaviranja je na mokri cesti dvakrat daljša, na poledeneli cesti pa trikrat daljša kot na suhi cesti. [2]

c) Reakcijski čas

Če je reakcijski čas krajši ali daljši od ene sekunde, se zmanjša ali poveča reakcijska pot in s tem tudi pot ustavljanja.

č) Stanje cestišča, obrabljenost pnevmatik, stanje zavor

Slabše so zavore (zavorni diski, zavorne ploščice), daljša je zavorna pot. Manjša je globina profila pnevmatik, daljša je zavorna pot. Slabše je stanje cestišča, daljša je zavorna pot. In če je zavorna pot daljša, je daljša tudi pot ustavljanja.

O poti ustavljanja govorimo, ko obravnavamo pot pri enakomernem pospešenem gibanju.

Varnostna razdalja

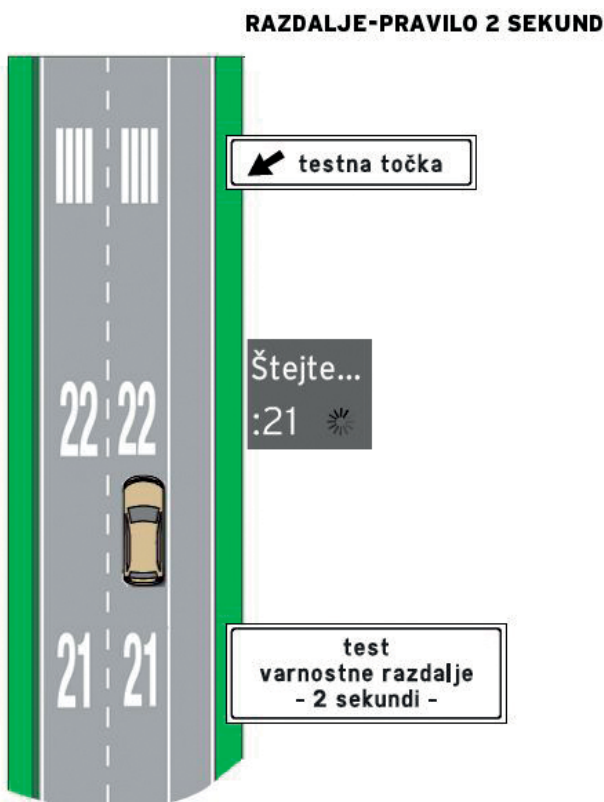
Varnostna razdalja je razdalja med dvema motornima voziloma. Varnostna razdalja je pot, ki jo naredimo v dveh sekundah – pravilo dveh sekund. [4]

Tabela 3: Varnostna razdalja v odvisnosti od hitrosti

Hitrost (km/h)	Varnostna razdalja (m)
30	17
50	28
70	39
90	50
110	61
130	72

Varnostna razdalja je odvisna tudi od razmer na cesti. Pri slabših razmerah na cesti mora biti varnostna razdalja večja.

Sami lahko tudi ugotovimo, ali imamo pravo varnostno razdaljo ali ne. Na nekaterih avtocestah so narisane oznake za preverjanje varnostne razdalje (Slika 2).



Slika 2: Oznake na avtocesti za preverjanje varnostne razdalje. [1]

O varnostni razdalji se lahko pogovarjamo v osmem razredu pri enakomernem gibanju, lahko pa tudi v devetem. Pogovor se lahko dotika pomena varnostne razdalje in posledic njenega neupoštevanja.

Naletna teža

Naletna teža nam pove, kolikšne sile delujejo na človeka ob trku glede na njegovo težo.

Naletne teže pri določenih hitrostih:

1. pri hitrosti 30 km/h so sile, ki vas ustavljajo, 7,8-krat večje od vaše teže,
2. pri hitrosti 50 km/h so sile, ki vas ustavljajo, 25,5-krat večje od vaše teže,
3. pri hitrosti 90 km/h so sile, ki vas ustavljajo, 78,4-krat večje od vaše teže. [2]

O naletni teži lahko govorimo v devetem razredu pri obravnavi drugega Newtonovega zakona. Pogovorimo se lahko tudi o tem, kako te sile zmanjšati.

Viri

- [1] <http://www.arhivo.com> (november 2015).
- [2] <http://www.avp-rs.si/> (november 2015).
- [3] www.tecajcpp.com (november 2015).
- [4] Zakon o varnosti v cestnem prometu (2005). Dostopno na: <http://www.uradni-list.si/1/content?id=56187> (november 2015).

Senca in polsenca, redka gosta v višjih razredih

dr. Mojca Čepič

Oddelek za fiziko in tehniko, Pedagoška fakulteta Univerze v Ljubljani

V prvem prispevku o besednih in drugih predstavitev v šoli smo se ob »letu svetlobe« posvetili svetlobi. Ker pa sta svetloba in senca nerazdružljivi prijateljici ali nasprotnici, odvisno od obravnave ali osebnega nagnjenja, je smiselno, da nekaj razprave posvetimo tudi senci.

V učnih načrtih se s senco učenci srečujejo na razredni stopnji. Kasneje se s senco srečujejo še pri obravnavi bližnjega vesolja in obeh mrkov – Sončevega in Luninega, ob obravnavi obeh mrkov pa v učbenikih pri razlagah najdemo tudi omembo polsenca. Senca sama je v vseh obdobjih dokaj površno obravnavana. Zakaj, ne vem, a naivno se zdi, da imamo prebivalci Zemlje s senco toliko izkušenj, da se je pisec učbenikov na vseh stopnjah senca zdela nekaj, kar vsak dovolj izkustveno pozna in zato zanjo ne potrebujemo razlag.

V tem prispevku se bomo ukvarjali s senco in polsenco in z vsem, kar je povezano z njima. Poskusimo najprej odgovoriti na vprašanje, kaj imenujemo v fiziki »senca«? Naša razprava naj bo omejena na vidno svetlobo, čeprav govorimo o senci pogosto tudi v drugih okoliščinah, povezanih z valovanji. V tem drugem primeru se senca navadno nanaša na območja, kjer so valovanja oziroma signali, ki jih valovanja nosijo, šibkejši in manj razločni ali pa jih sploh ni.

Navedimo najprej nekaj trditev, ki jih najdemo v različnih strokovnih publikacijah, a žal tudi v učbenikih:

- Senca se pojavi na zaslonu za predmetom kot področje, ki NI osvetljeno.
- Senca ima obliko predmeta.
- Prozorni predmeti nimajo senc.

Morda bi se našlo še kaj podobnega. Bralci, prosim, sporočite.

Senca je pojav, ki je povezan z *dvema akterjema* – s *svetilom in s predmetom*, za katerim nastane senca. V vsakdanjem življenju se le redko srečamo z okolišči-

nami, v katerih prostor osvetljuje eno samo svetilo. Zato se običajno ne srečujemo s sencami, za katere bi veljalo, da gre za področja, ki NISO osvetljena. Senca je torej področje, ki NI NEPOSREDNO osvetljeno s svetlobo opazovanega svetila – torej: senca predmeta zaradi cestne svetilke ali senca predmeta zaradi Sonca. Svetloba iz natančno opredeljenega svetila se bodisi absorbira v predmetu, katerega senco opazujemo, bodisi se od njega odbije. Zato je področje za predmetom manj osvetljeno. Na ta način je senca opredeljena s *pasivnim* opazovanjem. Opazovalec opazuje osvetljenost zaslona in opredeli del zaslona, kjer senca obstaja, in ostale dele zaslona, kjer sence ni. A prisotnost zaslona ne opredeljuje sence. Na zaslonu senco le posredno zaznamo oziroma vidimo, da je del zaslona šibkeje osvetljen. Zato je mnogo ustrežnejše govoriti, da je senca del prostora za predmetom, ki ga svetloba svetila ne osvetljuje neposredno, in da gre za pojav, ki ga moramo obravnavati v treh dimenzijah. Na zaslonih opazujemo le presek osenčenega prostora z ravnino zaslona in oblika sence se z orientacijo zaslona običajno spreminja. Opazovanje sence pa je lahko tudi *aktivno*. Opazovalec iz celotnega področja sence ne more videti svetila neposredno. Z besedo »opazovalec« poimenujemo opazovalčeve oči, ki zaznavajo okolico, kamero, fotoaparati in podobno.

Ker so v prostorih najpogosteje še druga svetila ali pa se svetloba svetila, ki je vzrok za nastanek senc, odbija od sten in od ostalih predmetov, skoraj nikoli ne naletimo na »popolno« senco oziroma na prostor, ki NI osvetljen. Senca je zato področje, v katerem je svetlobe manj. Še vedno pa lahko v senci razpoznamo predmete, beremo, pišemo itd. Kaj je lepšega, kot poleti v ležalni mreži v senci pod drevesom brati dobro in/ali napeto knjigo?

Trditev (a) torej napeljuje k napačnemu sklepu, da je senca področje, ki ni osvetljeno. Tako izkušnja popolne sence je zelo težko zagotoviti, in prav zaradi pomanjkanja izkušenj s popolno senco so imeli težave tudi prvi obiskovalci Lune [1]. Šele, ko so že

stopili v senco lunarnega modula, so ugotovili, da za gibanje po senci potrebujejo svetilko. Zaradi odsotnosti atmosfere, v kateri se svetloba siplje, in odprtega ravnega prostora je bila v senci »popolna« tema.

Tudi trditev (b), da ima senca obliko predmeta, ni pravilna. Tudi če se omejimo na preseke zaslonov s prostorsko senco, sta oblika in velikost sence odvisni od lege in orientacije zaslona glede na svetilo in predmet, ki meče senco. Z načrtno pokrčenimi prsti lahko na zidu »ustvarimo« senco »psa« ali česa drugega (slika 1). Na prevari oblike in velikosti temeljijo senčne lutke, na spletu [2] pa najdemo številne predloge za izdelavo predmetov, katerih sence, če so osvetljeni iz določene smeri, spominjajo na to ali ono, samo na predmet, kot je videti neposredno, ne.



Slika 1: Senca rok je podobna senci psa, če pravilno pokrčimo prste.

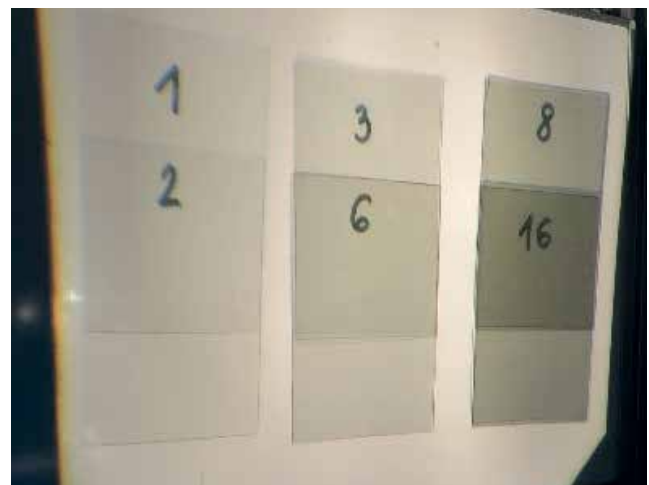
Razmislimo še o izjavi (c). Ali za prozornimi predmeti nastane senca ali ne? Če se strinjamo z opredelitvijo, da je senca prostor, v katerega svetloba iz svetila zaradi določenega predmeta NE pada neposredno, potem lahko zaključimo, da je izjava (c) ustrezna. A vendar, če prozoren predmet del svetlobe absorbira in del odbije, je intenziteta neposredne svetlobe iz svetila za predmetom manjša. Na zaslonu zato opazimo obris prozornega predmeta, ki ima vse značilnosti sence, le kontrast med osvetljenim in manj osvetljenim delom zaslona, kjer je »senca prozornega predmeta«, je manjši. Ali to področje potem lahko imenujemo senca?

Dokler so na šolah še na voljo grafoskopi, izvedimo naslednji poskus.¹ Na grafoskop položimo prosojnico velikosti A6 ali A7. Ali lahko nežne obrise prosojnice na zaslonu imenujemo senca? Nato na prvo prosojnico položimo še eno enako prosojnico, in še eno, in še eno (slika 2a). Koliko prosojnic

moramo položiti, da področje na zaslonu z manjšo intenziteto svetlobe z grafoskopa imenujemo senca (slika 2b)? Pet, deset, dvajset, sto? Zelo težko bomo prepričali učence, da področja za šestnajstimi prosojnicami ne moremo imenovati senca. A vsaj del svetlobe s svetila pada na to področje neposredno. Zelo težko se bomo tudi dogovorili, kdaj je področje dovolj »temno«, da ga že imenujemo senca. Definicija sence, kot smo jo predlagali prej, za prozorne predmete ni popolnoma ustrezna, zato jo je za prozorna telesa treba dopolniti. Kako? Morda lahko predlagamo poimenovanje delna senca? Predlagam, da sklenemo dogovor: *delna senca* je področje, ki ga opazovano svetilo slabše osvetljuje skozi prozoren predmet, ker se del svetlobe absorbira in odbije od tega predmeta.



Slika 2 a) Na grafoskop smo položili 1, 2, 3, 6, 8 in 16 plasti navadnih prosojnic velikosti A7.



b) Na grafoskopski projekciji lahko vidimo že eno samo plast prosojnic. Za področje, ki je osvetljeno skozi 16 plasti, se bomo težko izognili poimenovanju, povezanemu s senco.

¹ Grafoskopi, še posebej tisti z osvetlitvijo od spodaj, iz učilnic izginjajo. Grafoskopi so odlični za številne poskuse v optiki pa tudi pri drugih vsebinah. Zato, fiziki, ne pustite odpisati starih grafoskopov, shranite jih med svoje zaloge učil. Proizvajalci učil že prodajajo stare tipe grafoskopov po mnogo višjih cenah kot nekoč.

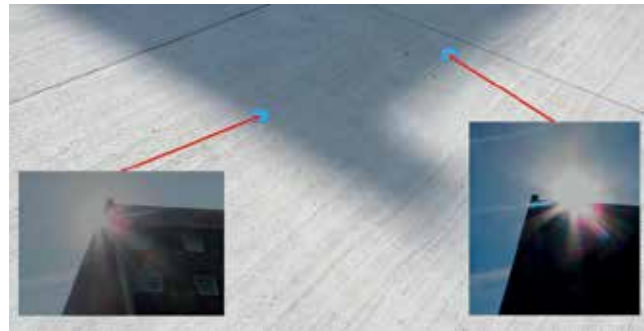
Senco pa lahko opazujemo tudi aktivno. Področje sence je tam, kjer opazovalec (oko) ali fotoaparater svetlobe iz svetila ne zazna neposredno. Področje delne sence pa je tam, kjer opazovalec ali fotoaparater zazna manj neposredne svetlobe iz svetila, ker se je delno absorbirala in delno odbila.

Dokler opazujemo senco in delno senco, razlika med pasivno in aktivno opredelitvijo sence ni tako zelo pomembna. Postane pa pomembna takrat, ko opazujemo polumesco.

Kako se razlikujeta delna senca in polumesca? Delna senca nastane zaradi delne absorpcije svetlobe na osvetljenem predmetu, svetilo pa je lahko točkasto ali razsežno, bližnje ali oddaljeno. Polumesca pa nastane le pri osvetljevanju z razsežnimi svetili. Ključen pogoj za nastanek polumesce je različna smer oddane svetlobe iz različnih delov razsežnega svetila. Vsak delček difuznega svetila, kot so neonske luči ali mat žarnice, oddaja svetlobo v prostor v vseh smereh. Smer svetlobe iz posameznega dela sončeve ploskve je na Zemlji vzporedna oziroma se njena smer razlikuje za $5 \cdot 10^{-3}$ stopinj od južnega do severnega pola Zemlje [3]. Za približno 0,5 stopinje se razlikuje smer svetlobe iz nasprotnih robov Sonca, kar je dovolj za nastanek polumesce. Podobno je tudi pri svetilih, kot so baterijske svetilke ali grafoskopi. Svetloba ni difuzna, je pa blago divergentna in se po smeri znotraj svetlobnega snopa nekoliko razlikuje. Tudi v tem primeru nastanejo polumesce (slika 3).

Običajno območje polumesce opredelimo kot področje, ki ga ne osvetljuje celotno svetilo. Polumesca obdaja področje sence predmeta kot prehodno območje, v katerem se intenziteta svetlobe zvezno spreminja iz intenzitete v področju sence do intenzitete v področju, kjer predmet razsežnega svetila ne zakriva več. Na zaslonu to področje vidimo kot zvezan prehod med svetlim in temnim področjem oziroma kot zabrisan neoster rob sence. Preko opazovanja območij, ki so osvetljena z delom svetila, je polumesca opredeljena pasivno. Iz opazovanja takega področja opazovalec namreč ne ve, kateri del svetila je s predmetom zastrt in kateri ne.

Odgovor na to nam ponudi šele neposredno opazovanje svetila z očesom ali s fotoaparatom oziroma kamero iz področja polumesce. Šele tedaj vidimo, kateri del svetila osvetljuje področje, ki nas zanima (sliki 4 in 5). Tisti del svetila namreč, ki ga iz območja polumesce vidimo neposredno. Aktivna opredelitve polumesce je v nekem smislu močnejša, natančno namreč opredeli tudi del svetila, ki območje osvetljuje.



Slika 3 a) Polumesca na tleh zaradi Sonca za visoko stavbo. Modra kvadratka kažeta položaj fotoaparata med fotografiranjem s puščicami označenih fotografij. Vidimo, da je v obeh legah del Sonca zakrit s stavbo.



b) Loparček osvetljuje okroglo svetilo z mat površino. Robovi sence so zabrisani.

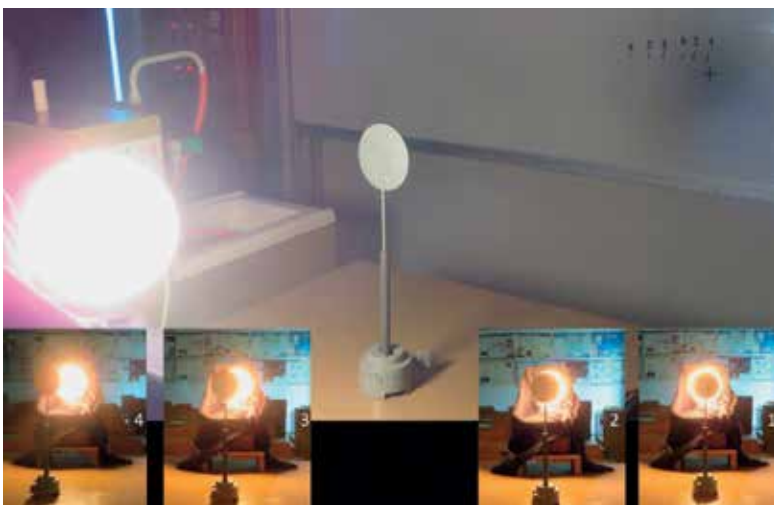
Podrobneje analizirajmo nastanek sence in polumesce na sliki 4. Razsežno difuzno svetilo v obliki okrogle buče, svetla lisa na levi strani slike 4, je dober pripomoček za prikaz polumesce. Na tabli desno vidimo temno liso popolne sence loparčka in okoli nje širok difuzen obroč, kjer polumesca počasi prehaja v popolno osvetljenost na straneh in v popolno senco na sredini. V vrsti pod postavitvijo poskusa vidimo fotografije, posnete iz linije vodoravnice križca na sredini sence. Fotografije so bile posnete iz leg 1 do 7, označenih na tabli. V legi 1 je področje popolne sence in svetilo je popolnoma zakrito z loparčkom. Svetilo je v področju polumesce zakrito le delno, in čim bolj je osvetljeno področje, iz katerega fotografiramo, tem manj je zakrito svetilo. Še v legi 6 loparček nekoliko zakriva svetilo in šele v tej legi se področje polumesce nehuje. Ker oko zaznava intenziteto svetlobe logaritmčno, področja polumesce v celotnem območju s pasivnim opazovanjem ne zaznamo. Potrebno je neposredno aktivno opazovanje svetila iz področja polumesce.

Kako se pravzaprav razlikujeta sliki 4 in 5? Na postavitvi na sliki 5 je loparček bolj oddaljen od zaslona kot na postavitvi na sliki 4. Vidimo, da je senca

skupaj z obročem polsence širša in da je tudi v središču samem bolj svetla kot na sliki 4. Senca loparčka na sliki 5 ni nikoli popolna. Pri tej oddaljenosti od zaslona za loparčkom nastane le polsenca. V legi 1 vidimo, da loparček svetila ne pokrije v celoti. Fotoaparata lahko nekoliko premikamo, površina svetila, ki osvetljuje področje okoli sredine polsence, pa ostaja enaka. Intenziteta svetlobe na tem področju je enaka, a manjša, kot če bi loparčka ne bilo. Na tak način astronomi zaznavajo planete, ki krožijo okoli oddaljenih zvezd. Planet, ki je mnogo manjši od zvezde, namreč nekoliko zasenči svetlobo zvezde in današnje merilne naprave lahko zaznajo te male spremembe [4]. Ko se premikamo s fotoaparatom v vodoravni smeri kot pri sliki 4, loparček vedno manj zakriva svetilo in intenziteta svetlobe se zvezno povečuje do področja, kjer loparček svetila ne zakriva več.

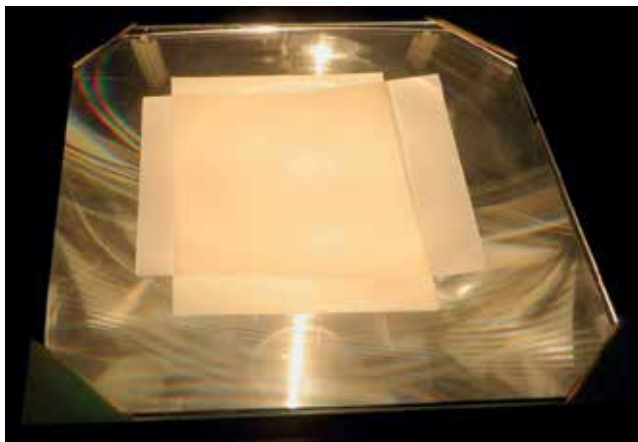


Slika 4: Postavitev poskusa za proučevanje plosence in popolne sence. Senca za loparčkom na tabli je v sredini popolna. Pod sliko so z enakimi številkami označeni položaji, iz katerih je bil narejen posnetek, kot na tabli.

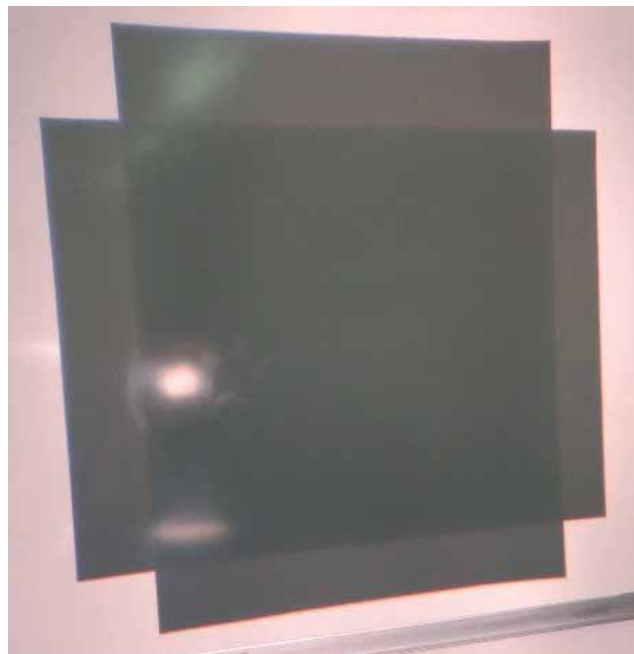


Slika 5: Nekoliko spremenjena postavitve poskusa. Na tabli za loparčkom nastane le plosenca. Enako kot pri sliki 4 so s številkami označene lege, iz katerih so bile posnete fotografije v spodnji vrsti.

Morda je smiselno dodati še en primer predmetov, pri katerih nastanek sence tudi ni nedvoumen. To so *prosojni* predmeti. Kako se prosojni predmeti razlikujejo od prozornih? Svetloba po prehodu skozi prozoren predmet ohrani smer oziroma se na manjših območjih lomi v enaki smeri. Zato se informacije o smeri svetlobe iz svetila ali odbiti na predmetih ohranijo in jih lahko prepoznamo kot nespremenjene npr. skozi okensko steklo, se zdi, da imajo predmeti drugačno lego od pričakovane npr. kamenje pod vodno gladino, ali celo prepoznamo predmete pri opazovanju skozi zbiralno lečo npr. njihove prave slike, ki imajo drugačno smer in lego kot neposredno opazovani predmeti. Prosojni predmeti pa imajo hrapavo površino vsaj na eni strani. Takšna so npr. mat stekla pa mat papir ali mat lepilni trak. Svetloba se zato na hrapavi površini lomi in odbija v vse smeri. Prosojni predmeti zato prepuščajo podobno intenziteto svetlobe kot enaki prozorni predmeti z gladko površino, le po prehodu je ta razpršena v celoten



Slika 6 a) Prosojen mat papir prepušča svetlobo skoraj v celoti. Ker se svetloba razprši po celotnem prostoru, je videti papir iz vseh smeri enako svetel.



b) Čeprav prepušča svetlobo, pa za papirjem na zaslonu nastane »globoka« delna senca.

prostor. Zato je v območju za prosojnim predmetom osvetljenost mnogo manjša in je tam delna, a precej temna in dobro definirana senca. Tovrstno senco v šoli enostavno pokažemo s prijateljem grafoskopom. Na grafoskop položim dve plasti mat papirja, zamaknjeni eno glede na drugo. Čeprav neposredno opazovanje papirjev pokaže, da prepuščata svetlobo, je na zaslonu videti področje, ki je zelo slabo osvetljeno že pri enem samem mat papirju. Pri dveh je senca tako rekoč popolna.

Naj sklenem. O sencii se pri pouku fizike običajno ne pogovarjamo poglobljeno. Poznavanje sencii in

razumevanje nastanka sencii se zdita samo po sebi umevni. Upam, da pričujoči prispevek, ter prispevek Marjance Komar v tej številki [5], kažeta, da se je sencii smiselno posvetiti. Spoznavanje sencii, polsencii [5] in delne sencii, potem pa še morda antisencii, kot tudi lahko imenujemo svetlobne lise [5], ponuja obilico aktivnosti za naravoslovni dan v osnovni in za projektno delo v srednji šoli. Glede na različna poimenovanja pa sencii omogočajo tudi argumentirano razpravo z učenci in ostrenje ušesa za natančno izražanje.

Viri

- [1] http://www.nasa.gov/exploration/home/03jan_moonshadows.html (29. 9. 2016).
- [2] <http://www.moillusions.com/amazing-shadow-illusions-collection/> (3. 10. 2016).
- [3] Susman, K., Čepič, M. (2010). Can the full Moon and the Sun be observed on the same side of the sky? *Physics Education*, 45(5), str. 469–474.
- [4] http://www.nasa.gov/mission_pages/kepler/multimedia/images/kepler-transit-graph.html (3. 10. 2016).
- [5] Komar, M. (2016). Sence razsežnih svetil, *Fizika v šoli*, 21(2), str. 26–31.

Obiskali smo 5. znanstveni piknik v Zagrebu

znanstveni piknik

V organizaciji Inštituta Ruđer Bošković, Združenja Profesor Baltazar in Carneta je bil od 23. do 25. septembra 2016 v prostorih Jadran filma v Zagrebu organiziran že 5. Znanstveni piknik. <http://znanstvenipiknik.weebly.com/>

Pod osrednjim sloganom »Znanost je zabavna!« in na temo »Povezava znanosti in umetnosti« se je v treh dneh zbralo več kot 150 predstavljalcev in več kot 30.000 obiskovalcev. Kot partnerska država je na dogodku sodelovala tudi Slovenija.



Foto: AB

Slika 2: Predstavljenci iz Slovenije.

Eden od namenov organizacije Znanstvenega piknika na Hrvaškem je spodbuditi in ozavestiti javnosti o nujnosti ustanovitve hrvaškega »ZEZ – Znanstvenega izobraževalno-zabavnega centra«, ki bi na zabaven način promoviral znanost.



Foto: AB

Slika 1: Znanost na odru.



Slika 3: Napis, ki nas je spremljal na vsakem koraku.



Foto: Andreja Bačnik

Raznolik program je vključeval različna področja, od naravoslovnih znanosti, medicine do robotike itd.

Slika 4: Zabava ob podajanju žoge na vrteči gugalnici.

Obiskali smo Muzej iluzij

Zakaj Luna navidezno zavzame večji zorni kot, ko je tik nad obzorjem? Odgovor se skriva v nas samih. Navidezna sprememba je le optična prevara. Povečanje zahajajoče Lune v primeri z Luno, ki je visoko nad obzorjem, je le navidezno. Vse, kar doživljamo, je rezultat procesov v naših možganih. »Mislim torej sem« (Cogito ergo sum) je pred približno 400 leti zapisal francoski filozof René Descartes. Vse ostalo je stvar interpretacije. Optične prevare nas opozarjajo na razlike med fizično realnostjo in subjektivno zaznavo predmeta ali dogodka. Svetlost, barve, senčen-



Slika 1: Glava na pladnju.



Slika 2: Barvne sence.

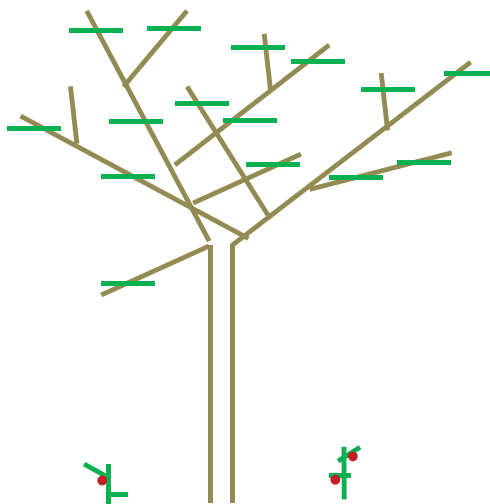
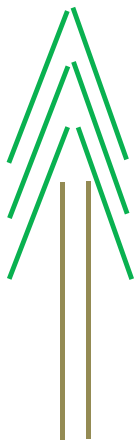
sob (obrnjena soba, soba velika in palčka, nagnjena soba) itd. V Muzeju so prepričani, da boste ob ogledu razstave in obisku prostora z didaktično logičnimi igračami doživeli vsaj malo frustracije in veliko, veliko zabave.

je, gibanje oči in drugi dejavniki imajo lahko močen vpliv na to, kar »vidimo«.

Obisk Muzeja iluzij (<http://muzejiluzij.si/>) je lahko odlična iztočnica za pogovor z učenci in dijaki o subjektivnosti našega dojetanja sveta in pomembnosti merilnih postopkov in inštrumentov za njegov objektivni opis in razumevanje. V treh nadstropjih stavbe na Kongresnem trgu v Ljubljani si lahko ogledate zanimivo zbirko optičnih prevar, »neskončnih« ogedal, hologramov, igro perspektiv, barvnih senc, interaktivnih

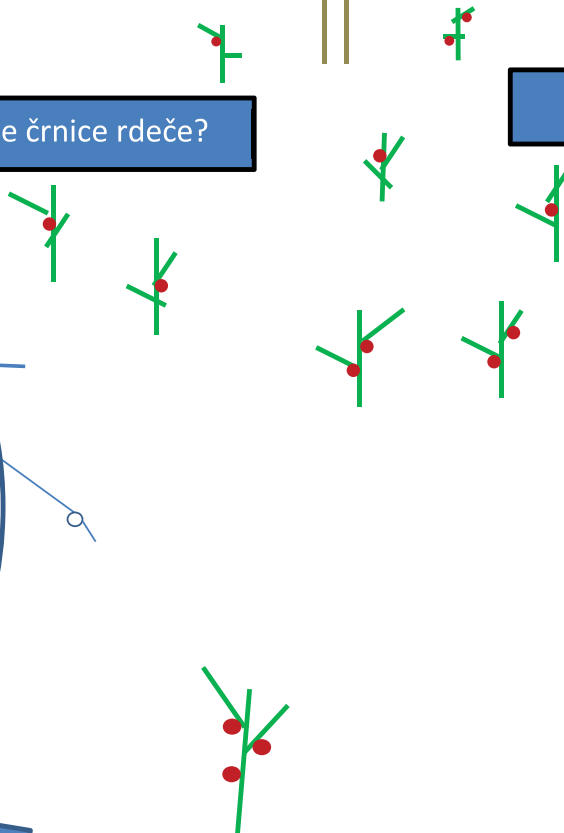
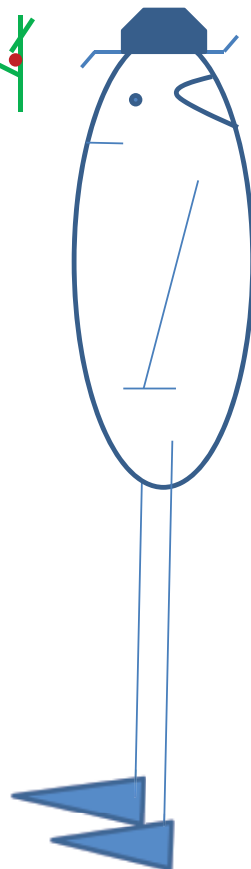
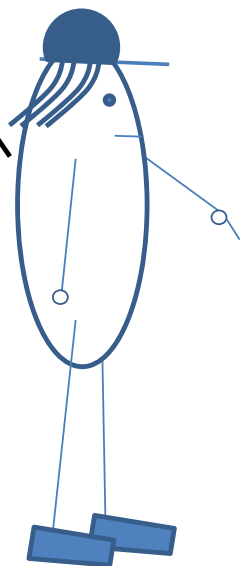


Slika 3: Kalejdoskop.



Ata, zakaj so te črnice rdeče?

Ker so še zelene.



IZ ZALOŽBE ZAVODA RS ZA ŠOLSTVO

temeljni priročniki

TAKSONOMIJA ZA UČENJE, POUČEVANJE IN VREDNOTENJE ZNANJA

- Revidirana BLOOMova taksonomija izobraževalnih ciljev.
- Utemeljitev taksonomije, predstavitev taksonomske preglednice in prikaz uporabe taksonomske preglednice v praksi.
- Temeljni priročnik, neprecenljiv vir in orodje za vse, ki se na neposreden ali posreden način ukvarjajo z izobraževanjem.
- Okvir, ki omogoča učiteljem organizirati učne cilje tako, da bodo lahko razumljivi in uresničljivi.



Avtorji: Lorin W. Anderson, David R. Krathwohl idr.
Prevod: Sonja Sentočnik
Cena: 34,50 €

NOVO



Avtorici: Alenka Kompare,
Tanja Rupnik Vec
Cena: 31,90 €

KAKO SPODBUJATI RAZVOJ MIŠLJENJA

Od temeljnih miselnih procesov do argumentiranja

- Namenjeno osnovnošolskim in srednješolskim učiteljem različnih predmetov ter bodočim pedagoškim delavcem.
- Učitelju omogoča spodbujanje in razvoj kritičnega mišljenja, **ponuja eksplicitne poučevalne pristope, miselne izzive in naloge za razvoj kritičnega mišljenja** na različnih stopnjah izobraževanja od osnovne do srednje šole.
- Podaja različna deklarativna in proceduralna znanja s področja kritičnega mišljenja.
- Namenjeno tudi vsem, ki jih zanima področje kritičnega mišljenja in spodbujanje razvoja kritičnega misleca.

BRALNE UČNE STRATEGIJE

- Prenovljena in z novejšimi spoznanji dopolnjena izdaja s področja učenja.
- **Najpomembnejši in najbolj celovit pripomoček za razvijanje bralne pismenosti** in tudi zmožnosti samoregulacije učenja iz pisnih virov pri nas.
- Namenjeno pedagoškim delavcem v najširšem smislu: učiteljem na vseh stopnjah izobraževanja, študentom vseh pedagoških smeri in šolskim svetovalnim delavcem pri strokovni pomoči učencem z učnimi težavami.



PONATIS
2015

Avtorici: Sonja Pečjak,
Ana Gradišar
Cena: 35,00 €



Naročanje



60 let
Zavod
Republike
Slovenije
za šolstvo

Naročanje:

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



Formativno spremljanje v podporo učenju

Priročnik za učitelje in strokovne delavce

2016, ISBN 987-061-03-0347-3, format A4
12,40 €

Ada Holcar Brunauer, Cvetka Bizjak, Marjeta Borstner, Janja Cotič Pajntar, Vineta Eržen, Mihaela Kerin, Natalija Komljanc, Saša Kregar, Urška Margan, Leonida Novak, Zora Rutar Ilc, Sonja Zajc, Nives Zore

Priročnik obsega 7 zvezkov, zbranih v mapi.



Formativno spremljanje je most med poučevanjem in učenjem

Priročnik združuje strokovna, znanstvenoraziskovalna in osebna spoznanja avtorjev – svetovalcev ter učiteljev praktikov, ki že vrsto let učinkovito uvajajo formativno spremljanje v svoje delo.

Vsak zvezek priročnika vsebuje:

- **teoretični del**, ki izpostavlja nekaj bistvenih značilnosti posameznega elementa formativnega spremljanja,
- **orodje za refleksijo**, ki vodi učitelja v razmislek, kako uspešen je pri uvajanju formativnega spremljanja v svojo prakso, in
- **formativno spremljanje v praksi**, z različnimi primeri, delovnimi listi ipd., ki jih učitelj ob določenih prilagoditvah lahko prenese na svoj predmet oz. področje.



naročanje

Naročanje:

P Zavod RS za šolstvo, Poljanska c. 28, 1000 Ljubljana

T 01 300 51 00

F 01 300 51 99

E zalozba@zrss.si

S www.zrss.si