2
2022
Letnik 27

Fizika v šoli

Poštnina plačana pri pošti 1102 Ljubljana

Kako poslušamo čmrlje?

Zavod
Republike
Slovenije
za šolstvo

- Merjenje krvnega tlaka
- Prve srednješolske raziskovalne naloge v okviru projekta GoChile – Eksoplaneti in utripajoče zvezde
- Fizikalna delavnica »Vodna eksperimentalnica«

Fizika v šoli

Letnik 27 (2022), št. 2

KAZALO

Jože Pernar
Uvodnik 1

STROKOVNI PRISPEVKI

Anton Gradišek
Kako poslušamo čmrlje? 2

Urban Simončič, Matija Milanič, Jošt Stergar, Gorazd Planinšič in Aleš Mohorič
Merjenje krvnega tlaka 7

Jure Japelj in Andreja Gomboc
Prve srednješolske raziskovalne naloge v okviru projekta GoChile – Eksoplaneti in utripajoče zvezde 13

Anja Šmid Pustoslemšek
Vesolje v stripu 19

Peter Gabrovec
Splošna matura iz fizike 2022 23

Vlasta Zrnec
Kamera obskura in model fotoaparata 32

Nina Jereb
Fizikalna delavnica »Vodna eksperimentalnica« 36

Jože Pernar
Vodoravni curek 44

Milan Ambrožič in Mojca Milone
Pouk fizike v naravi 52

ZANIMIVOSTI

Sergej Faletič
Konferenca o fizikalnem poučevanju GIREP 2022 v Ljubljani 60

Napovednik izobraževanj: tabori, konference, seminarji 64

PACS 01.40. –d, 01.50. –i, 01.55. +b

ISSN 1318-6388

FIZIKA V ŠOLI
letnik XXVII, številka 2, 2022

Izdajatelj in založnik:
Zavod RS za šolstvo
Predstavnik:
dr. Vinko Logaj
Odgovorni urednik:
mag. Jože Pernar
Uredniški odbor:
mag. Miroslav Cvahte, dr. Mojca Čepič, dr. Andreja Gomboc, dr. Vladimir Grubelnik, Tatjana Gulič, dr. Tomaž Kranjc, dr. Marko Marhl, dr. Aleš Mohorič, Milenko Stiplovšek, dr. Saša Ziherl
Jezikovni pregled:
Andraž Polončič Ruparčič
Prevod povzetkov:
Bumblebee, jezikovno svetovanje, Polonca Luznik, s. p.
Urednica založbe:
Andreja Nagode
Oblikovanje:
Simon Kajtna, akad. slik.
Fotografije:
avtorji člankov
Računalniški prelom:
Design Demšar, d. o. o.
Tisk:
Present, d. o. o.
Naklada: 380 izvodov

Prispevke pošljite na naslov: Zavod RS za šolstvo, Uredništvo revije Fizika v šoli, Poljanska c. 28, 1000 Ljubljana, e-naslov: revija.fizika@zrss.si.
Naročila: Zavod RS za šolstvo – Založba, Poljanska c. 28, 1000 Ljubljana, faks: 01/30 05 199, e-naslov: zalozba@zrss.si
Letna naročnina (2 številki): 22,00 € za šole in ustanove, 16,50 € za fizične osebe, 8,50 € za študente, dijake in upokojence. Cena posamezne številke v prosti prodaji je 13,00 €.

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

Priznanje avtorstva-Nekomercialno-Brez predelav

Poštnina plačana pri pošti 1102 Ljubljana.

Spoštovane bralke in bralci revije,

pred vami je druga številka sedemindvajsetega letnika revije *Fizika v šoli*, v kateri nadaljujemo z interdisciplinarnimi vsebinami.

Bioakustika je veda, ki preučuje zvoke, ki jih proizvajajo živa bitja. O čmrljih, njihovih krilih in letenju je bilo napisanega že veliko. V našem prvem prispevku vam tokrat želimo približati nekaj akustičnih študij gibanja kril teh pomembnih žuželk.

Kot smo obljubili v prejšnji številki, tudi tokrat objavljamo prispevek s področja medicinske diagnostike. Verjetno vsem dokaj poznana in enostavna preiskovalna tehnika merjenja krvnega tlaka je predstavljena na zelo preprost način. Metoda merjenja je pripravljena v obliki avtentičnega prikaza eksperimentalne vaje, ki jo lahko izvedemo v razredu.

Pod okriljem Univerze v Novi Gorici in astronomske revije *Spika* mineva prvo leto uspešnih opazovanj s teleskopoma GoChile. Prispevek nam približa in s primeri predstavi astronomsko opazovanje študentov in dijakov v okviru pedagoško-raziskovalnega projekta GoChile. Predstavljeni raziskovalni nalogi sta temeljili na opazovanju prehoda eksoplaneta prek gostujoče zvezde in na merjenju razdalj do oddaljenih utripajočih zvezd.

O tem, da je lahko vesolje tudi zabavno, nas prepriča avtoričin pristop k izdelavi stripov. Prispevek predstavi primer medpredmetnega povezovanja šolske knjižnice in fizike v osmem razredu osnovne šole.

Glavni ocenjevalec državne predmetne komisije splošne mature za fiziko nam predstavi zanimive podatke o letošnji maturi. Izpostavljen je rahlo boljši rezultat glede na prejšnja leta. Predstavljene so tudi najbolj izstopajoče naloge in komentarji uspeha. Zbrane so značilne napake in težave kandidatov pri reševanju. Za učitelje je nedvomno pomemben opis postopka ocenjevanja, ki je letos že tretjič potekalo elektronsko.

V naslednjem prispevku učiteljica opisuje svojo izkušnjo izdelave kamere obskure z učenci. Ta uporabni učni pripomoček je mogoče izdelati zgolj v eni šolski uri. Dobrodošle in uporabne so izkušnje, ki jih je avtorica pridobila pri pouku, svoje delo pa je nadgradila z izdelavo modela fotoaparata.

Novo učno okolje, kot je učilnica na prostem, lahko učence dodatno motivira. V prispevku spoznamo avtentično okolje Borov gozdiček, ki se nahaja v Mestni občini Nova Gorica. Izkušnjam samostojnega raziskovalca so dodane naloge, ki jih lahko izvajajo učenci pri rednem pouku, na taboru ali pri samostojnem raziskovanju.

V zadnjem delu revije kar dva prispevka prikažeta eksperimente z vodo. Najprej avtorica predstavlja svoje vodne dogodivščine z dijaki ter izkušnje s samogradnjo zanimivih poskusov. Drugi prispevek pa je pripravljen v obliki eksperimentalnih vaj in navodil tako za srednjo kot osnovno šolo.

V času dokončevanja pričujoče revije pa se je v Ljubljani odvila tudi mednarodna konferenca GIREP 2022, ki je v našo sredino privabila mnoge tuje strokovnjake s področja didaktike fizike. Za vse tiste, ki se dogodka niste udeležili, nam vodja organizacijskega odbora približa nekaj utrinkov.

mag. Jože Pernar,
odgovorni urednik

Kako poslušamo čmrlje?

dr. Anton Gradišek
Institut Jožef Stefan, Ljubljana

Izvleček
Bioakustika je veda, ki preučuje zvoke, ki jih proizvajajo živa bitja. V zadnjem času nam pri tem vedno bolj lahko pomagajo računalniški algoritmi. V prispevku predstavimo nekaj akustičnih študij čmrljev. Ti pomembni opraševalci, s katerimi smo se gotovo že srečali na cvetočem travniku, lahko proizvajajo različne tipe zvokov, najbolj znano je seveda brenčanje med letom. Preučevali smo frekvenčno strukturo zvokov, z metodami strojnega učenja smo razvili klasifikacijski algoritem, ki prepozna, za katero vrsto in tip čmrlja gre, ter razvili enostaven algoritem za štetje prihodov in odhodov čmrljev iz panja.

Ključne besede: bioakustika, zvok, čmrlji, frekvenca zvoka.

How to Listen to Bumblebees?

Abstract
Bioacoustics is the science concerned with the production of sound by living organisms. Computer algorithms have become a crucial element in the analysis. This paper presents several recent acoustic studies of bumblebees. These essential pollinators, whom everyone must have already encountered in a flowering meadow, produce different sounds, of which the flight buzzing sound is the most immediately recognisable. We studied the frequency structure of diverse types of sounds, developed a machine-learning classification algorithm to predict bumblebee species and types, and developed a simple algorithm to track bumblebee arrivals and departures from the hive.

Keywords: bioacoustics, sound, bumblebees, sound frequency.

Nekaj utrinkov iz bioakustike

Bioakustika je interdisciplinarna veda, ki združuje akustiko in biologijo, v zadnjem času pa vedno bolj tudi znanja s področja računalništva in umetne inteligence. Preučuje zvoke, ki jih proizvajajo živa bitja, to pa vključuje načine, kako se zvoki proizvajajo, zaznavajo in prenašajo po mediju, predvsem po zraku in po vodi. Začetnik sodobne bioakustike je bil slovenski zoolog Ivan Regen (1868–1947), ki je konec 19. in v prvi polovici 20. stoletja preučeval oglašanje žuželk, predvsem kobilic in murnov. Zanimalo ga je, kako žuželke med seboj komunicirajo, natančneje, kako lahko samica v visoki travi poišče samca, ki se oglaša. Samci proizvajajo zvok s stridulacijo, to je proces, pri katerem žuželka med seboj drgne dva trdna, a prožna dela telesa in s tem ustvarja vibracije. Pri murnih gre za drgnjenje kril, pri kobilicah kratkotipalčnicah pa denimo za drgnjenje krila ob posebno strukturo na zadnjih nogah. Mehanizmi poslušanja takrat še niso bili dobro pojasnjeni, znanstveniki si namreč niso bili enotni, ali žuželke poslušajo s pomočjo tipalnic ali pa morda zaznavajo tresljaje, ki se prenašajo po podlagi. Regen je z vrsto poskusov pokazal, da samice poslušajo samce s pomočjo timpanalnega organa, ki se nahaja na golencih sprednjih nog [1]. To je kožnata membrana, ki zaniha ob stiku z zvočnim valovanjem, žuželka pa to zazna s posebnimi receptorji. Nekateri poskusi so bili še posebej zanimivi. Možnost, da samice zaznavajo tresljaje, ki se prenašajo po podlagi, je izključil tako, da je samca s pomočjo balona dvignil v zrak. Scenarij, po katerem bi samice samca poiskale s pomočjo vida ali vonja, je izključil tako, da je samici predstavil dva samca – eden je bil nem in viden, drugi pa je prepeval, a je bil skrit za zaslonom. Samica se je vedno usmerila k pojočemu samcu. Ta poskus je deloval celo, če je Regen samo predvajal posnetek petja. Statistično je Regen funkcijo timpanalnega organa demonstriral v terenskem poskusu s 1600 murnovimi samicami, kjer je polovici samic že v fazi ličinke poškodoval timpanalni organ, nekaterim pa je odstranil tudi tipalnice. K pojočemu samcu na travniku so vedno prišle le samice z nepoškodovanimi slušnimi organi, s tipalnicami ali brez.

Danes je bioakustika pomembna tudi na področju spremljanja biodiverzitete. Ste kdaj v gozdu zaprli oči in se osredotočili samo na poslušanje? Kar slišimo, lahko poimenujemo zvočna pokrajina. Sestavljena je iz antropogenih zvokov (npr. zvok prometa), zvokov iz narave, kot

so zvoki vetra ali dežja, in zvokov, ki jih proizvajajo živali. Odvisno od lokacije in dela dneva lahko slišimo ptiče, sesalce, žuželke, žabe … Živali se oglašajo iz različnih vzgibov. Nekatere z oglašanjem označujejo teritorij, pri drugih gre za paritvene klice, lahko gre tudi za opozarjanje na nevarnost, ko ena od živali v tropu zagleda plenilca. Zvočna pokrajina nam daje dober vpogled v biotsko raznovrstnost na določenem območju. V kakofoniji zvokov se vsaka živalska vrsta oglaša drugače – v svojem frekvenčnem območju ali s svojo pesmijo, s posebnim akustičnim vzorcem. Seveda, živali se prilagodijo, tako da si najdejo svojo akustično nišo, kjer se njihov klic ne izgubi v množici ostalih. Če poenostavimo, kompleksnejša ko je torej zvočna pokrajina, večja je biodiverziteta in bolj zdrav je ekosistem [2]. To velja tako za tropski deževni gozd, za afriško savano kot tudi za sosednjo mlako.

Antropogeni hrup na živali običajno vpliva negativno. Če se frekvenčno območje hrupa prekriva z območjem, v katerem se živali oglašajo, lahko to pripelje do motenj v komunikaciji. Primerjave med ptiči iste vrste, ki živijo v mestu ali na podeželju, so pokazale, da osebki v mestu spremenijo obnašanje. Raziskave so pokazale, da se taščice v mestih raje oglašajo bolj proti večeru, ko je hrupa manj, kosi (in še nekaj drugih vrst) pa v mestu pojejo pri višjih frekvencah. Mogoča razloga sta dva, po eni strani se tako izogibajo nizkofrekvenčnemu hrupu, po drugi strani pa pri višji frekvenci lahko ustvarjajo močnejši zvok, ki se zato širi dlje [3]. Že dolgo je znano tudi, da zvok, ki ga v morju ustvarjajo plovila, slabo vpliva na kite. Gre za nizkofrekvenčne zvoke, ki se prekrivajo z območji, v katerih kiti komunicirajo. Posledice pri kitih so lahko poškodbe sluha, stres, spremembe obnašanja in tudi nepričakovana nasedanja. Negativne učinke so opazili tudi pri tjulnjih [4].

Živalske zvoke spremljamo z mikrofoni. Posnetke lahko nato analiziramo, pri tem pa nam pomagajo računalniške metode. V nadaljevanju si bomo ogledali nekaj primerov, kako lahko s pomočjo analize zvoka spremljamo čmrlje.

Kakšne zvoke proizvajajo čmrlji?

Čmrlji (*Bombus spp.)* spadajo v družino čebel (Apidae), vendar se od dobro znane medonosne čebele razlikujejo v več pogledih. So socialne žuželke, družino z matico in delavkami lahko sestavlja od nekaj deset do nekaj sto osebkov (za primerjavo: pri medonosni čebeli je v panju več deset tisoč delavk). Čebelja družina v panju prezimi, pri čmrljih pa zimo preživijo le mlade matice, ki se spomladi prebudijo iz hibernacije, poiščejo primerno mesto za gnezdo in začnejo ustvarjati družino. Ob koncu sezone se izležejo mlade matice in samčki, ki zapustijo gnezdo, se parijo, matice nato poiščejo ustrezno prezimovališče, gnezdo pa počasi propade [5]. V Sloveniji poznamo 35 vrst čmrljev, na svetu pa jih je okrog 250. So pomembni opraševalci. Za razliko od medonosne čebele letajo tudi ob nizkih temperaturah in v slabem vremenu, poleg tega pa so večji in bolj kosmati. Zato so izredno učinkoviti pri opraševanju rastlin, nanje se prime več cvetnega prahu. Oprašujejo nekatere rastlinske vrste, ki jih čebele ne. Tak primer je paradižnik (kot zanimivost, čmrlji oprašujejo paradižnike v rastlinjakih, trgovanje z družinami čmrljev pa je donosen posel za nekaj podjetij, ki se s tem ukvarjajo). V divjini čmrlji gnezdijo v opuščenih gnezdih glodavcev, v duplinah, v šopih trave, v grmovju, zadnje čase pa tudi v objektih človeške izdelave.

Kakšne zvoke pa proizvajajo čmrlji? Najbolj tipičen zvok je seveda zvok brenčanja med letom. Ta zvok nastane kot posledica mahanja s krili. Osnovna frekvenca je odvisna od vrste in tipa čmrlja (matice so večje, delavke manjše), nekje med 130 in 250 Hz. Nekatere rastline imajo cvetove, kjer se pelod močno drži prašnikov in potrebuje stresanje, da se sprosti. Čmrlji so ena od vrst, ki je tega sposobna – čmrlj ustvarja tresenje tako, da trese letalne mišice, ne pa tudi kril. Zaradi manjšega vztrajnostnega momenta ti tresljaji potekajo pri višji frekvenci kot pri letenju.

Izpostavimo še dva tipa zvokov v gnezdu. Prvi je povezan s termoregulacijo. Za to, da se ličinke v gnezdu ustrezno razvijajo, morajo najprej matica (spomladi) in kasneje delavke v gnezdu zagotavljati primerno temperaturo, ki je malo nad 30 °C. Ko je zunanja temperatura nizka, čmrlji gnezdo grejejo z metabolno toploto. To sproščajo s hitrim krčenjem mišic, dosežejo lahko kar 20 °C višjo temperaturo kot v okolici. Ko je zunanja temperatura visoka, delavke gnezdo hladijo, tako da z mahanjem s krili ustvarjajo pretok zraka. Frekvence tega zvoka so podobne tistim pri letu. Drugi način oglašanja pa so obrambni zvoki. Ob sumu na prisotnost vsiljivca čmrlji obrambno »sikajo«, gre za visokofrekvenčno oglašanje, pri katerem vibrirajo letalne mišice, ne pa tudi krila. Raziskave so pokazale, da tako obnašanje sproži povišana koncentracija CO_2, denimo ob obisku miške, ki je pogost plenilec gnezd [6].

Kako smo poslušali čmrlje?

V zadnjih letih smo zvoke čmrljev preučevali v različnih scenarijih. Pobudnik raziskav je bil profesor Janez Grad, dolgoletni predavatelj na Ekonomski fakulteti in Fakulteti za upravo, ki se s čmrlji ukvarja že vrsto let. Na vrtu v okolici Ljubljane ima postavljene lesene gnezdilnice, v katere se vsako pomlad naselijo različne vrste čmrljev. Tako smo lahko spremljali čmrlje v različnih delih leta in v različnih okoliščinah.

Slika 1 prikazuje spektrograme treh tipov zvokov delavke drevesnega čmrlja (*Bombus hypnorum)*. Spektrogram predstavlja časovno odvisnost Fourierove transformacije in nam omogoča spremljanje posameznih komponent zvoka. Pri letu vidimo najmočnejšo komponento pri okrog 200 Hz, nad njo so višji harmoniki, ob tem, da je vsaka naslednja komponenta šibkejša. Primer takega

Slika 1: Spektrogram treh tipov zvokov delavke čmrlja *B. hypnorum. Prilagojeno po [7].*

spektra prikazuje Slika 2. Drugi del slike prikazuje tresenje cveta – čmrlj najprej prileti do cveta (enak vzorec, kot pri letu), nato ga strese, kjer je osnovna frekvenca precej višja. Tretji scenarij, obrambno oglašanje, je bilo posneto pri čmrlju v kozarcu – ko potrkamo po kozarcu, se čmrlj jezno odzove s še višjo frekvenco.

Slika 2: Spekter zvoka tipičnega čmrljevega leta z osnovno frekvenco okrog 200 Hz.

Med študijem zvokov brenčanja smo zbrali posnetke brenčanja 11 vrst čmrljev, pri večini vrst smo zbrali posnetke tako matic kot delavk. To zbirko posnetkov smo uporabili kot bazo, na kateri smo razvili algoritem strojnega učenja za avtomatsko klasifikacijo posnetkov glede na vrsto in tip (matica ali delavka) čmrlja. Najprej smo posnetke ročno prečistili s programom Audacity. Odstranili smo dele posnetka, kjer ni bilo prisotnega brenčanja, in tiste, kjer so bili prisotni še dodatni šumi iz okolice, denimo promet. Tako smo skupaj dobili več kot 1000 segmentov v 17 razredih (vrsta in tip čmrlja). V naslednjem koraku smo s pomočjo odprtokodne knjižnice openSMILE izračunali vrsto značilk (atributov) za vsak segment. Posamezna značilka je rezultat matematične operacije na posameznem posnetku. Primer značilk so koeficienti MFCC (Mel-Frequency Cepstrum Coefficient), ki temeljijo na Fourierovi transformaciji signala. Z metodo informacijskega pribitka (Information Gain) smo izbrali sto značilk, ki najbolje ločijo med posameznimi razredi.

Sto značilk smo uporabili za gradnjo klasifikacijskega algoritma, ki nato za novi posnetek določi, za katero vrsto in tip čmrlja gre (torej, razred). Uporabili smo odprtokodni program Weka (https://www.weka.io). Testirali smo različne tipe algoritmov strojnega učenja. Test je potekal tako, da smo bazo posnetkov razdelili na učno množico, na kateri se algoritem uči, in testno množico, na kateri potem napoveduje razrede. Običajno se tak test izvede z metodo prečnega preverjanja, kjer se baza na različne načine razdeli na učno in testno množico, skupna natančnost pa je potem povprečje posameznih poskusov. Najbolje se je izkazal algoritem Random Forest (naključni gozd). Ta algoritem temelji na odločitvenih drevesih, kjer se na vsaki razvejitvi odločimo glede na vrednost posamezne značilke. Algoritem ustvari množico takih dreves in potem primerja njihove napovedi. V našem primeru je algoritem dosegel 82,7 % klasifikacijsko natančnost (ang. *accuracy*), ta metrika je določena kot delež pravilno določenih primerov. Nekatere razrede je algoritem napovedal z natančnostjo nad 90 %, pri drugih, predvsem tistih, kjer smo imeli v učni množici manjše število posnetkov, pa je bil manj natančen [7].

V drugi študiji smo zvočne posnetke uporabili za spremljanje »prometa« čmrljev, se pravi za prihode in odhode iz panja. Avtomatsko »štetje prometa« je koristno, saj nas dolgoročno zanima, kdaj so posamezne vrste čmrljev aktivne, denimo v odvisnosti od padavin ali zunanjih temperatur. Pred panj smo postavili mikrofon, ki je več ur snemal zvok, kot prikazuje Slika 3. Mikrofon seveda

posname vse zvoke, ki ga dosežejo, poleg čmrljev tudi hrup prometa, soseda, ki se pogovarja z ženo, pa še soseda v drugi hiši, ki nekaj počne v delavnici. Občasno se oglasi tudi kakšen ptič. Iz posnetka je treba zato najprej izluščiti, kateri zvoki pripadajo čmrljem, ki letajo mimo mikrofona. Primer dveh izsekov iz posnetka je na Sliki 4.

Slika 3: Lesena panja za čmrlje, pred vhodom v levega je postavljen USB-mikrofonček.

Algoritem, ki smo ga razvili, je pravzaprav preprost. Celoten posnetek razrežemo na segmente, ki so dolgi nekaj sekund. Nato določimo najmanjšo jakost zvoka, pri kateri bi lahko šlo za prelet čmrlja. Spomnimo, mikrofon je tik pred vhodom v panj, zato bodo preleti glasnejši od večine drugih zvokov (razen morda od občasnega avtomobila, ki se pripelje po bližnji cesti). Za vsak segment, ki je dovolj glasen, z nekaj enostavnimi pravili pogledamo, ali po strukturi ustreza brenčanju čmrlja – predvsem, ali je prisoten močan vrh pri osnovni frekvenci in šibkejši pri višjem harmoniku (kot na Sliki 2). Ta enostavni algoritem je na 12-urnem posnetku pred panjem rjavega čmrlja (*Bombus pascuorum*) pravilno določil 95 % preletov (primerjali smo z ročno analizo posnetka). Slika 5 prikazuje porazdelitev dogodkov na izbrani dan (28. maj 2018), vidimo lahko, da so bili čmrlji aktivnejši sredi dneva, zjutraj in zvečer pa manj [8]. Poudariti je treba, da smo šteli samo prelete čmrljev, ne pa izletov posamezne delavke – za tako študijo bi jih morali posebej označiti in spremljati ročno ali s pomočjo kamere.

Slika 5: Urna porazdelitev preletov čmrljev *B. pascuorum* na dan 28. maja 2018.

Na podlagi zvoka pa lahko ugotovimo tudi, ali je čmrlj priletel ali odletel. Fizik bi najprej pomislil na Dopplerjev pojav, kjer se frekvenca zviša, če se nam vir zvoka približuje, in zniža, če se oddaljuje. A gre tudi enostavneje, v časovni domeni. Oglejmo si envelopi prihoda in odhoda, kot ju prikazuje Slika 6. Pri prihodu se jakost zvoka povečuje, saj se čmrlj približuje mikrofonu. Ob pristanku amplituda hitro pade, saj čmrlj med sprehajanjem po »pisti« ne brenči. Pri odhodu je ravno obratno, čmrlj se sprehodi do izhoda iz panja, vzleti (amplituda hitro naraste) in odleti stran od panja, kar se odraža v padcu amplitude. Iz oblike signala lahko torej enostavno določimo, za kateri tip dogodka gre [8, 9].

Kaj načrtujemo v prihodnosti?

Kot smo pokazali, lahko spremljanje zvoka v panju pove marsikaj o dogajanju v gnezdu. Ugotovimo lahko, kdaj

Slika 4: Zvočna izseka (amplituda v odvisnosti od časa), pridobljena s programom Audacity. Levi posnetek predstavlja prelet čmrlja (prihod v panj), na desnem pa se med drugim slišijo ptičje petje, cvrčanje kobilic in hrup prometa.

Slika 6: Envelopi prihoda (črna) in odhoda (rdeča), obe amplitudi sta normalizirani.

so čmrlji aktivni, kaj počnejo, spremljamo pa lahko tudi, ali jih je morda obiskal vsiljivec. Dolgoročno so te ugotovitve pomembne v kontekstu razumevanja, kako podnebne spremembe vplivajo na posamezne vrste čmrljev, spremljanje zvokov pa je obetavno tudi za zgodnje zaznavanje problemov v gnezdu, denimo okužb s paraziti ali virusi. To je pomembno predvsem pri družinah čmrljev, ki jih specializirana podjetja pošiljajo v rastlinjake za opraševanje, saj lahko tako preprečimo širjenje patogenov.

Letos in naslednje leto z Andragoškim centrom Slovenije sodelujemo pri projektu Podnebni cilji v vzgoji in izobraževanju [10], ki v kontekst vzgoje in izobraževanja za trajnostni razvoj vključuje podnebne vsebine. S pomočjo občestvene znanosti (ang. *citizen science*) se posvečamo opazovanju opraševalcev, da bi bolje razumeli njihovo povezavo s podnebjem. Več kot sto udeležencev spremlja opraševalce, ki obiskujejo sončnice. V prvem letu opazovanje poteka ročno, udeleženci beležijo, kateri opraševalci so se oglasili na cvetovih in ob kateri uri. Ker gre za udeležence, ki niso strokovnjaki, določamo opraševalce le kategorično (medonosna čebela, čmrlj, čebela samotarka, metulj, muha trepetavka, osa, hrošč, drugo) in z izjemo dobro znane medonosne čebele (Apis melifera) ne določamo točne vrste. Naslednje leto nameravamo v študijo vključiti tudi mikrofone, ki jih bomo pritrdili na sončnice, pri analizi posnetkov pa bodo koristni tudi algoritmi, ki smo jih opisali v tem prispevku.

Viri

[1] Gradišek, Anton. Ivan Regen. *Novice IJS*, dec. 2012, št. 162, str. 11–12.

[2] Fuller, Susan, idr. „Connecting soundscape to landscape: Which acoustic index best describes landscape configuration?" *Ecological indicators 58* (2015): 207–215.

[3] Nemeth, Erwin, idr. „Bird song and anthropogenic noise: vocal constraints may explain why birds sing higher-frequency songs in cities." *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 280.1754 (2013): 20122798.

[4] Weilgart, Linda S. „A brief review of known effects of noise on marine mammals." *International Journal of Comparative Psychology* 20.2 (2007).

[5] D. Goulson, Bumblebees: Behaviour, Ecology, and Conservation, Oxford University Press, 2010

[6] Miller, Zachary J. „What's the Buzz About? Progress and Potential of Acoustic Monitoring Technologies for Investigating Bumble Bees." IEEE Instrumentation & Measurement Magazine 24.7 (2021): 21–29.

[7] Gradišek, A., Slapničar, G., Šorn, J., Luštrek, M., Gams, M., in Grad, J. (2017). Predicting species identity of bumblebees through analysis of flight buzzing sounds. Bioacoustics, 26(1), 63–76.

[8] Gradišek, A., Cheron, N., Heise, D., Galen, C., in Grad, J. (2018). Monitoring bumblebee daily activities using microphones. In *Proceedings of the 21st Annual International Multiconference Information Society–IS* (pp. 5–8).

[9] Heise, D., Miller, Z., Harrison, E., Gradišek, A., Grad, J., in Galen, C. (2019, March). Acoustically tracking the comings and goings of bumblebees. In 2019 IEEE Sensors Applications Symposium (SAS) (pp. 1–6). IEEE.

[10] https://www.acs.si/projekti/domaci/podnebni-cilji-in-vsebine-v-vzgoji-in-izobrazevanju/, https://irdo.si/irdo2022/referati/day2-2022-paper-bogataj-ok.pdf

Merjenje krvnega tlaka

dr. Urban Simončič[1, 2], dr. Matija Milanič[1, 2], dr. Jošt Stergar[1, 2], dr. Gorazd Planinšič[1], dr. Aleš Mohorič[1]

[1] Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani

[2] Institut Jožef Stefan, Ljubljana

Izvleček

Merjenje krvnega tlaka je enostavna preiskovalna tehnika, s katero se je verjetno srečal že vsak. Čeprav zanjo ne potrebujemo drage in zapletene merilne opreme, sam način merjenja ni povsem očiten in je primeren za obravnavo pri srednješolskem fizikalnem izobraževanju. Opisane aktivnosti je mogoče izvesti z računalniško podprtim sistemom za zajem podatkov (npr. Vernier), z mehanskim merilnikom krvnega tlaka in nekaj dodatne opreme, ki je na voljo v vsaki učilnici fizike.

Ključne besede: krvni tlak, hipertenzija, Korotkovi zvoki, oscilometrično merjenje, metoda Riva-Rocci.

Blood Pressure Reading

Abstract

Blood pressure measurement is a simple, widely-used investigative technique. Although it does not necessitate expensive or complicated measuring equipment, the measurement method is not easily discernible. Thus, it is appropriate for secondary school physics instruction. The activities described can be carried out using a computer-based data acquisition system (e.g., Vernier), a mechanical blood pressure monitor, and some other equipment found in any physics classroom.

Keywords: blood pressure, hypertension, Korotkoff sounds, oscillometric measurement, Riva-Rocci method.

1 Uvod

V pouk radi vključujemo aktivnosti, ki dijakom približajo vsebine učnega načrta z zanimivimi vsakdanjimi zgledi, še posebej, če so povezani z zdravjem, kar je vedno dobra motivacija. V prispevku je predstavljen zgled merjenja krvnega tlaka v okviru znanstvenoraziskovalnega učnega pristopa ISLE. Ste se že kdaj vprašali, kako delujejo sodobni merilniki krvnega tlaka in zakaj vrnejo dve vrednosti? Pomen zgornje verjetno sami hitro uganemo, spodnja pa je marsikomu že izziv. Članek opisuje aktivnosti, ki so jo izvedli učitelji fizike pri stalnem strokovnem spopolnjevanju na Fakulteti za matematiko in fiziko 17. decembra 2021. [1] Aktivnost je bila na podlagi odzivov sodelujočih izboljšana tako, da bolje naslavlja ustreznost podajanja novih znanj dijakom. Aktivnost je primerna za dijake, ki že poznajo Pascalov zakon (povečanje tlaka na enem mestu tekočine povzroči enako povečanje po vsej tekočini) in Boylov zakon (produkt prostornine in tlaka plina pri konstantni temperaturi je konstanten).

Termin *krvni tlak* se v medicini običajno nanaša na arterijski[1] krvni tlak; konkretno na nadtlak krvi v arterijah, merjen glede na tlak v okoliški atmosferi. Arterijski krvni tlak je višji od venskega krvnega tlaka, ker tudi pri toku krvi po žilah (tako kot pri vsakem pretoku tekočine po cevi) zaradi viskoznosti tlak pada v smeri premikanja tekočine.[2] Največji padci tlaka so v kapilarah, v arterijah ali venah pa je tlak v danem trenutku skoraj konstanten, malenkostno pa je odvisen tudi od višine zaradi prispevka teže tekočine. Arterijski tlak utripa zaradi utripanja srca, zato ločimo spodnji in zgornji tlak. [2]

Izvorno in konceptualno najenostavnejše je merjenje krvnega tlaka z neposredno metodo, pri čemer se v ar-

1 Srčnožilni sistem sestavljajo srce, kri in žile, ki se delijo na arterije, vene in kapilare. Sistemski obtok je del srčnožilnega obtoka, po katerem se oksigenirana kri prenese iz levega srčnega prekata (kamor je prišla iz pljučnega obtoka) skozi aorto do preostalih delov telesa, deoksigenirana kri se pa nato po istem sistemu vrne v desni srčni preddvor. Aorta se razdeli na manjše arterije, ki se nato razdelijo na kapilare, potem pa spet združijo v vene in nazadnje v dve veliki veni, po katerih se deoksigenirana kri vrača v desni srčni preddvor.

2 To velja, če ni prispevka teže tekočine in spremenljive hitrosti.

terijo vstavi kateter, ki je povezan z merilnikom tlaka (manometrom). [3] Ta metoda je tudi najnatančnejša in zato izhodiščna, vendar se le redko uporablja, saj je boleča za preiskovanca, zapletena za izvedbo ter povezana s tveganji za zaplete. Običajno [4] krvni tlak izmerimo tako, da okrog nadlakti namestimo napihljivo manšeto, ki jo napihnemo nekoliko nad pričakovani zgornji tlak, s čimer arterijo pretisnemo in tako blokiramo krvni pretok. Nato iz manšete počasi izpuščamo zrak, hkrati pa s stetoskopom poslušamo zvok ob pretisnjeni arteriji. Ko tlak v manšeti pade pod zgornji tlak, lahko ob tlačnih vrhovih kri v kratkotrajnih curkih teče skozi delno stisnjeno arterijo. Te hitre curke krvi skozi arterijo slišimo skozi stetoskop in jih imenujemo Korotkovi zvoki. [5] Ko še naprej nižamo tlak v manšeti, so curki krvi, ki tečejo skozi arterijo, vedno daljši. Ko pa manšeta ne stisne arterije popolnoma niti v času najnižjega (spodnjega) tlaka, ti zvoki izginejo. Način merjenja krvnega tlaka je prikazan na sliki 1.

Namesto poslušanja Korotkovih zvokov lahko opazujemo tudi oscilacije tlaka manšete, ki jih povzroči stiskanje in razširjanje arterije. Takemu pristopu pravimo oscilometrična metoda in je osnova za delovanje avtomatskih merilnikov tlaka. [6]

2 Aktivnost za dijake – eksperiment na mehanskem modelu

Pri tej aktivnosti bodo dijaki izvedli eksperiment z merjenjem krvnega tlaka na mehanskem modelu. Na modelu bodo opazovali pojave, ki so ključni za merjenje krvnega tlaka (pretisnjena arterija ob dovolj visokem tlaku v manšeti, šum ob toku krvi skozi delno pretisnjene žile, prenos nihanja tlaka iz žil na manšeto), in njihovo soodvisnost. Ker enega od pojavov (pretisnjena arterija ob dovolj visokem tlaku v manšeti) ni preprosto opazovati na človeku, bodo dijaki ob mehanskem modelu lahko razvili boljše razumevanje merjenja, kot bi ga samo s poskusi na prostovoljcu.

Dijaki bodo spoznali osnovni način merjenja krvnega tlaka z obema uveljavljenima različicama. Poleg tega bodo dijaki izkusili delo z računalniško podprto opremo in napreden način zajemanja ter obdelave podatkov z opremo Vernier. Utrdili bodo znanje Pascalovega zakona in enačbe idealnega plina ter izražanje tlaka z različnimi enotami.

2.1 Postavitev eksperimenta

Pri predstavljenem eksperimentu se meri krvni tlak na mehanskem modelu. Zanj potrebujemo:

- kozarec s pokrovčkom (npr. kozarec za vlaganje),
- zelo gibko elastično cev (npr. odrezan balon za modeliranje),
- nekaj povezovalnih cevi in spojk,
- ročno črpalko za zrak z manometrom (npr. komponenta mehanskega merilnika krvnega tlaka),
- drugo ročno črpalko za zrak (npr. komponenta montažne blazinice ali komponenta mehanskega merilnika krvnega tlaka),
- sistem za zajem podatkov z dvema merilnikoma tlaka (npr. LabQuest2, računalnik in 2× Go Direct® Gas Pressure Sensor).

Na pokrovček je s pomočjo spojk speljana zelo gibka in elastična cev, ki predstavlja arterijo (slika 2). Pokrovček namestimo na kozarec (slika 3), v katerem lahko dvigujemo in nižamo tlak s črpalko 1. Tlak v kozarcu merimo z manometrom na črpalki 1, njegovo časovno odvisnost pa vzorčimo z elektronskim merilnikom tlaka in sistemom

Slika 1: Način merjenja krvnega tlaka. Z manšeto pretisnemo arterijo. Dokler je tlak v manšeti nad zgornjim tlakom, je pretok povsem prekinjen. Ko je v manšeti tlak med zgornjim in spodnjim nivojem, kri teče v kratkotrajnih curkih (v času, ko je tlak v arteriji višji od tlaka v manšeti) in takrat s stetoskopom slišimo pretok (pulzirajoč tok krvi oz. Korotkove zvoke). Ko tlak v manšeti pade pod spodnji krvni tlak, je tok v arteriji neoviran, zato je (skoraj) enakomeren in ga ne slišimo.

za zajem podatkov. S črpalko 2 lahko dovajamo zrak z nadtlakom skozi gibko cev (model arterije), ki je s spojkami pritrjena na pokrovček kozarca. Nadtlak zraka v kozarcu predstavlja manšeto; tako kot napihnjena manšeta pretisne arterije, tudi nadtlak v kozarcu pretisne gibko cev. Tok zraka skozi gibko cev pa predstavlja tok krvi.

2.2 Izvedba aktivnosti

Z merjenjem krvnega tlaka na mehanskem modelu lahko pokažemo in raziščemo nekaj pojavov, ki so ključni za delovanje tega merjenja. Dijaki naj z izvedbo ustreznih eksperimentov naslovijo dva izziva pri merjenju krvnega tlaka:

– Pri oscilometričnem merjenju krvnega tlaka izkoriščamo dejstvo, da ob pulzirajočem toku krvi skozi arterijo pulzira tudi tlak v manšeti. Kako bi to pokazal z merjenjem krvnega tlaka na mehanskem modelu?
– Pri vseh merjenjih krvnega tlaka z manšeto se predpostavlja, da je pretok krvi skozi arterijo blokiran, če je tlak v manšeti višji od tlaka v arteriji. Poskušaj z merjenjem krvnega tlaka na mehanskem modelu to potrditi! Ti je uspelo? Na kakšne težave naletiš?

Slika 2: V pokrovček naredimo tri luknje. Skozi dve namestimo spojki, na kateri je nameščena gibka cev. V tretjo luknjo namestimo priključek za cev, po kateri dovajamo zrak v kozarec.

Slika 3: Postavitev celotnega eksperimenta.

2.3 Primer izvedbe aktivnosti

Z zgoraj predstavljeno eksperimentalno postavitvijo izvedemo dve aktivnosti, ki odgovarjata na zgoraj predstavljena vprašanja/izzive.

Pri prvi aktivnosti s črpalko 1 ustvarimo nadtlak v kozarcu; nekje 100–200 mmHg. Nato s sunkovitim stiskanjem črpalke 2 v enakomernih časovnih presledkih ustvarimo utripanje tlaka v cevi, kjer ob porastu tlaka zrak steče skozi gibko cev (sliši se šum), ko pa tlak pade, se tudi zračni tok ustavi. Tak režim ustreza delno pretisnjeni arteriji med merjenjem krvnega tlaka, ko je tlak v manšeti med obema skrajnostma.

Pri drugi aktivnosti z nežnim stiskanjem črpalke 2 ustvarimo ravno pravi tlak, da se zasliši šum – da steče zrak skozi gibko cev.

Pri obeh aktivnostih računalniško vzorčimo oba tlaka in spremljamo njuno časovno odvisnost. Primer meritev je na sliki 4. V prvem delu grafa vidimo kratko sunkovito dviganje tlaka v gibki cevi, ki v svojem vrhu znatno preseže tlak v kozarcu. V trenutku, ko ga preseže, se tudi tlak v kozarcu nekoliko dvigne. V drugem delu se tlak v gibki cevi izenači s tlakom v kozarcu (takrat dobimo šum ob toku zraka), tlak v kozarcu pa ostaja konstanten.

Pri uporabi odrezanega balona za modeliranje smo naleteli na težavo: prvotno smo balon oblikovali v obliki črke U, vendar je v spodnjem delu nekje nastalo koleno, ki je preprečevalo tok zraka tudi v odsotnosti nadtlaka v kozarcu. Problem smo rešili tako, da smo v balon dali debelejšo žico v obliki črke U.

2.4 Spoznanja ob izvedbi aktivnosti

Pri prvem delu te aktivnosti (sunkovito stiskanje črpalke 2) opazimo nihanje tlaka v kozarcu. Tlak v kozarcu se dvigne, ko se tlak v gibki cevi dvigne nad prvotni tlak v kozarcu. Razlog je ta, da takrat cev nabrekne in tako prepusti tok zraka, pri tem pa nekoliko zmanjša volumen, ki ga zavzema zrak v kozarcu. Če bi bila temperatura zraka v kozarcu konstantna, bi spreminjanje tlaka lahko opisali z Boylovim zakonom. V resnici pa zaradi stiskanja temperatura zraka malenkostno naraste, kar še dodatno poveča tlak. Nihanje tlaka v kozarcu ob pulzirajočem toku zraka skozi gibko cev je mehanski ustreznik nihanju tlaka v manšeti, kadar je tlak v manšeti med zgornjim in spodnjim krvnim tlakom. Pri manšeti je situacija sicer nekoliko drugačna, saj se tam roka razširja pod vplivom utripajočega tlaka v arterijah, razširjanje roke pa deformira manšeto, kar spet zmanjša volumen zraka v manšeti in s tem poviša njegov tlak.

Že pri prvem delu te aktivnosti se zdi, da slišimo šumenje oz. tok zraka skozi gibko cev okvirno takrat, ko tlak v gibki cevi preseže tlak v kozarcu. Natančneje to raziščemo v drugem delu aktivnosti, kjer tlak v gibki cevi povišamo ravno toliko, da zaslišimo šumenje pri prehodu zraka skozi gibko cev. Merjenje pokaže, da dobimo tok zraka skozi cev pri podobnem tlaku, kot je v kozarcu (odvisno

Slika 4: Časovna odvisnost obeh tlakov za prvi in drugi del aktivnosti.

od tega, kako dobro zaznavamo šum pri toku zraka skozi gibko cev in kako uspešno vzdržujemo minimalen tok zraka skozi cev ter s tem minimalni potrebni tlak). Glede na siceršnje razumevanje modela bi tak rezultat tudi pričakovali. Vemo namreč, da gibka cev lahko prenaša zgolj natezne obremenitve, zato sklepamo, da ne more biti tlak znotraj nižji kot zunaj. Če torej s črpalko 2 ne dosežemo tlaka, ki bi bil vsaj enak tlaku zunaj cevi, bo cev pretisnjena in prehod zraka blokiran. Če pa je tlak v cevi enak ali višji od tlaka zunaj cevi, se cev razpre in prehod zraka skozi cev je mogoč. Šum ob toku zraka skozi delno pretisnjeno gibko cev je podoben šumu krvi ob pulzirajočem toku skozi delno pretisnjeno arterijo pri klasičnem merjenju krvnega tlaka z mehanskim merilnikom.

3 Aktivnosti za dijake – eksperiment na prostovoljcu s prirejenim merilnikom krvnega tlaka

Dijaki bodo z izvedbo eksperimenta na prostovoljcu s prirejenim merilnikom krvnega tlaka izkusili pravo merjenje krvnega tlaka in kakšne signale pri tem izmerimo. S tem bodo dobili vpogled v delovanje merilnikov krvnega tlaka. Primerjali bodo tudi območje tlakov, v katerem je vidno nihanje tlaka v manšeti, z območjem tlakov, v katerem so slišni Korotkovi zvoki.

Za osnovno razumevanje eksperimenta se predpostavi, da je roka zgrajena iz tekočine, ki poskrbi, da je tlak na stenah arterije enak tlaku v manšeti. Tkivo roke je sicer zgrajeno iz mehke snovi, ki pa se v našem primeru obnaša precej podobno kot tekočine, zato je roka iz tekočine povsem zadosten model za kvalitativno razlago pojava. Pri merjenju na prostovoljcu torej manšeta in roka skupaj ustrezata kozarcu iz prvega eksperimenta.

3.1 Postavitev eksperimenta

Preprost mehanski merilnik krvnega tlaka zlahka predelamo za oscilometrično merjenje krvnega tlaka na prostovoljcu. Za tak poskus potrebujemo:

- mehanski merilnik krvnega tlaka,
- T-člen in dve cevki,
- sistem za zajem podatkov z merilnikom tlaka (npr. LabQuest2, računalnik in Go Direct® Gas Pressure Sensor).

Med črpalko in manšeto priklopimo Vernierov merilnik tlaka, kot prikazuje slika 5. Merilnik tlaka priklopimo na računalnik in pripravimo za vzorčenje tlaka v enakomernih presledkih.

Slika 5: Mehanski merilnik krvnega tlaka, prirejen za zajem časovne odvisnosti tlaka v manšeti z računalnikom.

3.2 Izvedba aktivnosti

Na podlagi prvega dela vaje in poznavanja teoretičnega ozadja merjenja krvnega tlaka bi pričakovali, da Korotkove zvoke slišimo v istem območju tlaka v manšeti, kot dobimo nihanje tlaka v manšeti. Nam eksperiment na prostovoljcu to potrdi? Kako se spreminja jakost Korotkovih zvokov in amplituda nihanja tlaka s spreminjanjem tlaka v manšeti?

3.3 Primer izvedbe aktivnosti

Na prostovoljcu izvedemo standardni postopek merjenja tlaka: Levo roko nad lahtjo ovijemo z manšeto, glavo stetoskopa pa prislonimo na nadlaktno arterijo tik pod ovojem. Nato manšeto napihnemo malo nad pričakovano vrednostjo krvnega tlaka, nakar začnemo počasi spuščati zrak iz nje (2–3 mmHg/s), hkrati pa s stetoskopom poslušamo morebitno šumenje (Korotkovi zvoki). Zapišemo tlak, ko prvič slišimo Korotkove zvoke, in tlak, ko ti zvoki izginejo. Sproti s sistemom za zajem meritev beležimo tlak v manšeti.

Pri merjenju krvnega tlaka na prostovoljcu dobimo vpogled v časovno odvisnost tlaka v manšeti (slika 6). Na začetku vidimo dviganje tlaka z ročno črpalko. Po doseženem maksimalnem tlaku pričnemo spuščati zrak in tlak začne padati. Nihanje tlaka se opazi nekje pri 130 mmHg pa navzdol nekje do 50 mmHg. Korotkovi zvoki so bili slišni nekje od 115 mmHg pa navzdol do 70 mmHg. Nihanje tlaka je najprej blago, potem pa čedalje intenzivnejše, nato pa njegova amplituda spet pada. Podobno je tudi s Korotkovimi zvoki: najprej jih slišimo kot mehak trkajoč zvok, potem so vedno daljši in glasnejši, na koncu pa jih slišimo kot daljše šumenje. Opaženo nihanje tlaka je v nekoliko širšem območju tlakov kot Korotkovi zvoki.

3.4 Spoznanja ob izvedbi aktivnosti

Pričakovanjem navkljub smo Korotkove zvoke slišali v ožjem območju tlaka v manšeti, kot je bilo opaženo nihanje tlaka v manšeti. Tako Korotkovi zvoki kot nihanje tlaka v manšeti se začnejo z zelo majhno jakostjo/amplitudo, ki potem naraščata, nakar spet padata. Določitev območja, v katerem slišimo Korotkove zvoke oz. opazimo nihanje tlaka v manšeti, je povezana z občutljivostjo merilnega instrumenta (ušesa, tlačnega senzorja) in s šumom. Ker imamo povsem drugačen mehanizem za zaznavanje Korotkovih zvokov kot za nihanje tlaka v manšeti, je tudi meja zaznavnosti drugačna in to je eden od razlogov, da je nihanje tlaka opaženo v nekoliko širšem območju tlakov kot Korotkovi zvoki.[3]

Nihanje tlaka se lepo vidi pri merjenju z elektronskim merilnikom tlaka. Gre za majhne amplitude nihanja, zato ga je precej težko identificirati pri merjenju z aneroidnim manometrom, kakršen je na črpalki na sliki 5, in še težje z živosrebrnim manometrom z U-cevjo. Če bi skušali identificirati nihanje tlaka v manšeti s takimi merilniki tlaka, bi zaradi njihove slabše občutljivosti identificirali manjše območje tlakov v manšeti. Posledično bi bila izmerjena zgornji in spodnji tlak odvisna od karakteristik uporabljenih manometrov. Zato oscilometrično merjenje krvnega tlaka ni doživelo širše uporabe do pojava elektronskih tlačnih senzorjev, pri katerih občutljivost ni več problem. Poleg tega z elektronskimi tlačnimi senzorji tudi zlahka posnamemo časovno odvisnost in iz celotne serije meritev z nekim protokolom določimo zgornji in spodnji tlak. Po drugi strani pa Korotkove zvoke razmeroma dobro identificiramo pri poslušanju, medtem ko bi jih bilo zelo težko identificirati pri elektronskem merjenju z mikrofonom.[4] Zato je merjenje z mehanskim merilnikom krvnega tlaka razmeroma zanesljivo, kadar ga izvaja izkušen operater, za avtomatizacijo z elektronskim merilnikom pa je precej nepraktično.

4 Zaključek

Merjenje krvnega tlaka je standardna preiskovalna tehnika v primarni zdravstveni oskrbi in tudi pri samozdravljenju na domu, zato se je z njo verjetno srečal že vsak. Kljub svoji preprostosti in razmeroma dolgi zgodovini je še vedno izjemno pomembna, zato si zasluži, da razumemo, kako deluje.

Namen tega članka je predstaviti aktivnosti za dijake, s pomočjo katerih bodo razumeli zakonitosti merjenja krvnega tlaka in delovanje naprav za merjenje krvnega

3 Nekateri avtomatski merilniki krvnega tlaka med meritvijo indicirajo zaznavo srčnega utripa (npr. utripajoč znak za srce). Izkušnje kažejo, da avtomatski merilnik zaznava srčni utrip v širšem območju tlakov, kot ga na koncu izpiše kot zgornjo in spodnjo vrednost. To je zato, ker avtomatski merilniki iz odvisnosti amplitude nihanja od tlaka v manšeti preračunajo, kje naj bi se slišali Korotkovi zvoki. Zanje pa smo ugotovili, da so v precej ožjem območju tlakov, kot je zaznavno nihanje tlaka.

4 Pri Korotkovih zvokih gre za razmeroma zapleten signal z nizko jakostjo, ki ga moti veliko drugih zvočnih signalov iz okolice. Možgani so se sposobni naučiti prepoznavati specifične oblike signala tudi v prisotnosti drugih signalov iz okolice, za računalniško analizo signalov pa je to precej zahteven problem, ki bi ga danes verjetno najlažje rešili z metodami umetne inteligence.

a)

b)

Slika 6: Časovna odvisnost tlaka v manšeti pri merjenju s prirejenim merilnikom tlaka; celotna meritev (a) in izsek z vidnim utripajočim tlakom (b). Osenčeno je področje tlaka, v katerem smo slišali Korotkove zvoke.

tlaka. V prvem delu izvedemo aktivnosti z mehanskim modelom, s katerim demonstriramo dve pomembni zakonitosti merjenja krvnega tlaka: (1) tok krvi skozi arterijo dobimo takrat, kadar je tlak v njeni okolici manjši od krvnega tlaka, (2) ko je tlak v manšeti med spodnjim in zgornjim tlakom, pa dobimo pulzirajoč tok krvi in pulzirajoče razširjanje arterije, kar se prenaša na manšeto in je zaznavno kot nihanje tlaka v manšeti. V drugem delu izvedemo še merjenje na prostovoljcu, kjer ugotovimo, da je nihanje tlaka v manšeti vidno v širšem območju tlakov, kot so slišni Korotkovi zvoki. Poleg tega ugotovimo tudi, da se tako nihanje tlaka v manšeti kot pojav Korotkovih zvokov začneta z majhno, komaj zaznavno amplitudo/jakostjo, potem narašča in doseže maksimum, nakar spet pada, dokler ne izgine. Domnevamo, da je eden od razlogov za različno območje tlakov za Korotkove zvoke in nihanje tlaka v manšeti v različnih mejah zaznavnosti.

Za izvedbo vseh predstavljenih aktivnosti je potrebne nekaj opreme: predvsem dva merilnika tlaka in sistem za vzorčenje, kar sicer spada med splošno opremo didaktičnih fizikalnih laboratorijev. Dodatno potrebujemo črpalko za zrak in mehanski merilnik krvnega tlaka (za vse predstavljene aktivnosti smo uporabili dva merilnika krvnega tlaka, eno črpalko pa smo dobili na montažni blazinici). Poleg tega potrebujemo še nekaj cevi, spojk, nastavkov za cevi, T-členov, kozarec za vlaganje s pokrovčkom in gibko cev (uporabili smo odrezan balon za modeliranje). Vabimo vse, ki boste te aktivnosti preizkusili z dijaki, da nam sporočite svoje izkušnje in odzive dijakov.

5 Dodatek: Zgodovinski razvoj merjenja krvnega tlaka

Neposredna metoda merjenja krvnega tlaka je bila prva in je še danes izhodiščna, vendar je zelo nepraktična. Mnogo bolj praktično, manj tvegano in manj neprijetno je posredno merjenje arterijskega krvnega tlaka. Pri njem merimo silo, s katero je treba pritisniti na radialno arterijo (arterija na roki), da se prekine pretok krvi, oziroma tlak v blazini, ki pritiska na arterijo in prekine pretok krvi. Prekinitev pretoka krvi enostavno zaznamo tako, da ne moremo več otipati utripa. Takemu merjenju pravimo sfigmomanometrija, napravi pa sfigmomanometer. Osnovno idejo za tak način posrednega merjenja krvnega tlaka je podal Karl von Vierordt leta 1855, ki je izdelal tudi prvo tovrstno napravo. Naprava je bila zelo zapletena, zato ni dosegla širše uporabe. Pomembne izboljšave sta prispevala Etienne-Jules Marey leta 1860 in Samuel Siegfried Karl Ritter von Basch leta 1881, ki sta napravo precej poenostavila za uporabo, vendar obdržala osnovno idejo, po kateri se pretok v radialni arteriji prekine s točkovnim pritiskom nanjo.

Scipione Riva-Rocci je leta 1896 predstavil poenostavljeno različico, kjer namesto točkovnega pritiska na arterijo uporabimo napihljivo manšeto, ki jo namestimo okrog nadlakti in napihnemo do te mere, da prekinemo pretok skozi radialno arterijo. Ta metoda je zaradi svoje praktičnosti dosegla širšo uporabo, zato se je za tako merjenje krvnega tlaka uveljavil izraz metoda Riva-Rocci ali na kratko kar metoda RR. Podobno kot pri prej predstavljenih metodah sfigmomanometrije tudi tu najprej s pritiskom zaustavimo pretok skozi radialno arterijo, potem pa pritisk počasi popuščamo in hkrati skušamo otipati srčni utrip. Ko ga otipamo, zabeležimo ocenjeni zgornji tlak. Pri metodi RR ga dobimo kar iz tlaka v manšeti, pri predhodnih metodah pa iz sile pritiska na radialno arterijo oz. iz tlaka v blazini, ki pritiska na roko.

Dodatno je metodo RR leta 1905 izpopolnil ruski zdravnik Nikolaj Korotkov, ki je odkril Korotkove zvoke. Z metodo Korotkova lahko ocenimo zgornji in spodnji krvni tlak in se še danes uporablja pri mehanskih merilnikih krvnega tlaka.

Namesto poslušanja Korotkovih zvokov lahko opazujemo tudi oscilacije v tlaku manšete, ki jih povzroči stiskanje in razširjanje arterije. Gre za oscilometrično merjenje krvnega tlaka, ki idejno izvira že iz samih začetkov sfigmomanometrije; takrat so pretok krvi skozi arterijo poskušali zaznati z (mehanskim) sfigmografom, ki je risal odvisnost tlaka od časa na papir. Odkritje Korotkovih zvokov in razmeroma zapleteno beleženje tlačnih oscilacij v manšeti pa je to metodo za nekaj časa potisnilo v ozadje. Danes je zaradi dostopnosti natančnih tlačnih senzorjev in zmogljive elektronike oscilometrična metoda spet aktualna, saj je osnova za delovanje avtomatskih merilnikov tlaka.

Literatura

[1] Simončič, U., Milanič, M., Stergar, J., Planinšič, G., Mohorič, A. Merjenje krvnega tlaka: delavnica v okviru Stalnega strokovnega spopolnjevanja učiteljev fizike, 17. 12. 2021.

[2] https://kvarkadabra.net/2016/05/meritve-krvnega-tlaka/ (19. 09. 2022)

[3] Booth, J. (1977). A short history of blood pressure measurement, Proceedings of the Royal Society of Medicine, 70 (11), 793–799. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1543468/pdf/procrsmed00089-0065.pdf

[4] https://www.zd-lj.si/cpc/images/datoteke/gradiva/radm_sestre/5_Razline_tehnike_merjenja_krvnega_tlaka.pdf (19.09.2022)

[5] https://en.wikipedia.org/wiki/Korotkoff_sounds (19. 09. 2022)

[6] Geršak, G., Drnovšek, J. (2009). AVTOMATSKI MERILNIKI KRVNEGA TLAKA ZA DOMAČO UPORABO – ALI JIM LAHKO ZAUPAMO?, Zdrav Vestn, 78, 1–7. https://vestnik.szd.si/index.php/ZdravVest/article/download/333/225/

Prve srednješolske raziskovalne naloge v okviru projekta GoChile – Eksoplaneti in utripajoče zvezde

dr. Jure Japelj
Fakulteta za naravoslovje, Center za astrofiziko in kozmologijo, Univerza v Novi Gorici

dr. Andreja Gomboc
Fakulteta za naravoslovje, Center za astrofiziko in kozmologijo, Univerza v Novi Gorici

Izvleček

Za nami je prvo leto uspešnih opazovanj s teleskopoma GoChile v okviru pedagoško-raziskovalnega projekta GoChile pod okriljem Univerze v Novi Gorici in astronomske revije *Spika*. Študentje in dijaki so v tem času dodobra spoznali daljinsko vodena teleskopa, nameščena v čilskem visokogorju. Pri študijskih obveznostih in v prostem času so pridobivali izkušnje z astronomskimi opazovanji ter spoznavali raziskovalni proces. Med številnimi izvedenimi projekti smo za tukajšnjo predstavitev izbrali srednješolski raziskovalni nalogi, ki sta dosegli lep uspeh na državnem srečanju mladih raziskovalcev v organizaciji Zveze za tehnično kulturo Slovenije. Raziskovalni nalogi sta temeljili na opazovanju prehoda eksoplaneta prek gostujoče zvezde in na merjenju razdalj do oddaljenih utripajočih zvezd.

Ključne besede: slovenski teleskop v Čilu, astronomska opazovanja, raziskovalne naloge

First Secondary-School Research Projects with GoChile Telescope System: Exoplanets and Twinkling Stars

Abstract

The first successful year of observations with GoChile, an educational and research project of the University of Nova Gorica and the astronomical magazine Spika, has ended. Secondary-school and undergraduate students got acquainted with two telescopes in the Chilean Andes. As part of their studies and free time, the students honed their skills in astronomical observations and familiarised themselves with the research process. The article presents two of several secondary-school research projects. Both achieved notable success at the national competition of young researchers organised by the Association for Technical Culture of Slovenia. The students observed an exoplanet transit and measured distances with the help of pulsation.

Keywords: Slovenian telescope in Chile, astronomical observations, research projects.

Planeti, kometi, asteroidi, kopice, meglice, galaksije, zvezde in njihove eksplozije – vse to in še več smo opazovali in raziskovali v prvem letu projekta GoChile [1]. Projekt sestavljata dva teleskopa (Tabela 1), 400-milimetrski zrcalni GoT1 in 72-milimetrski lečni GoT2, ki omogočata širok nabor astrofotografskih in raziskovalnih projektov [2]. Večino opazovanj smo izvedli z večjim GoT1, ki je za raziskovalne namene primernejši. Temne in jasne noči v povezavi z oddaljenim vodenjem (Slika 1), ki ga lahko opravljamo od koderkoli z internetno povezavo, so se izkazale za odlično kombinacijo. Prva opazovanja s teleskopom smo sicer opravili že maja 2021, a pravi preizkus nas je čakal oktobra, ko so teleskopa začeli uporabljati dijaki in študenti fizike in astrofizike na Fakulteti za naravoslovje Univerze v Novi Gorici.

Tabela 1: Osnovne lastnosti teleskopov GoT1 in GoT2

	GoT1	GoT2
Tip teleskopa	zrcalni	lečni
Zbiralna površina	400 mm	72 mm
Goriščno razmerje	f / 6.5	f / 5.6
Vidno polje	47.1' x 31.4'	3.4° x 2.2°
Kamera	Monokromatska	Barvna
Filtri	L, B, G, R, OIII, Hα	B+G+R, OIII+Hα

Slika 1: Teleskopa upravljamo prek oddaljenega računalnika. Slika prikazuje program Voyager, s katerim izvajamo opazovanja.

Dijaki in študentje so v tem času pri študiju, pa tudi v prostem času, opazovali številne nebesne objekte. Najprej so tu telesa Osončja. Oba teleskopa imata relativno majhni goriščni razmerji, zato nista primerna za izdelavo lepih visokoločljivih slik planetov, lahko pa opazujemo številne lune in njihovo gibanje okoli planetov (Slika 2). Opazovali smo komete, med katerimi je kraljeval komet C/2021 A1 oziroma komet Leonard, ki je bil okoli novega leta na našem nebu viden celo s prostim očesom. Ulovili smo tudi nekaj asteroidov in spremljali vesoljski teleskop James Webb pri njegovem potovanju do 1,5 milijona kilometrov oddaljene točke L2, kjer sedaj izvaja opazovanja.

Slika 2: Planet Uran s štirimi največjimi lunami, posnet s teleskopom GoT1.

Ko se ozremo proti zvezdam Galaksije in še dlje, so možnosti skoraj neomejene. Med najpriljubljenejšimi oddaljenimi cilji opazovanja so zvezde, ki gostijo eksoplanete. Dijaki so med drugim opazovali več spremenljivih zvezd, to je zvezd, ki se jim navidezni sij s časom spreminja. Večini se svetlost spreminja zaradi utripanja, spremljali pa so tudi takšne, ki se jim navidezni sij spreminja zaradi gravitacijskega lečenja. Tako za znanstvene meritve kot za astrofotografijo so zanimive kroglaste in razsute zvezdne kopice, meglice in galaksije. Ujeli smo tudi nekaj supernov.

Z opazovanjem dijaki in študenti spoznavajo korake raziskovalnega procesa. Svojo projektno idejo morajo ustrezno argumentirati ter razmisliti, kaj je pravzaprav njihov cilj. Oceniti morajo, ali je zamisel izvedljiva, poiskati morajo ustrezne objekte in predhodno načrtovati opazovanje (kdaj in s katerimi filtri želijo opazovati, koliko posnetkov potrebujejo, kako dolgi naj bodo časi osvetlitve posnetkov). Po končanem opazovanju podatke obdelajo, analizirajo in predstavijo rezultate.

Med projekti velja izpostaviti dve raziskovalni nalogi, ki sta se uvrstili na državno srečanje mladih raziskovalcev v organizaciji Zveze za tehnično kulturo Slovenije (ZOTKS) [3]. Obe nalogi sta bili zelo uspešni in kažeta na potencial projekta GoChile pri izobraževanju mladih, poglabljanju njihovega znanja in ustvarjalnosti ter pridobivanju raziskovalnih izkušenj.

Merjenje razdalj do utripajočih zvezd

Damjan Dovnik in Hana Brumec, dijaka 3. letnika Srednje šole Slovenska Bistrica, sta ob pomoči mentorjev mag. Marka Žigarta in dr. Jureta Japlja izmerila razdalje do petih utripajočih zvezd. Naloga z naslovom »Merjenje oddaljenosti kefeid tipa Delte Ščita« je na državnem srečanju mladih raziskovalcev prejela zlato priznanje.

Poznavanje oddaljenosti nebesnih teles je izjemno pomembno. Dve zvezdi na nebu sta lahko videti podobno svetli – imata podoben navidezni sij – čeprav se njuni oddaljenosti od nas razlikujeta za več tisoč svetlobnih

let. Le znana razdalja do opazovanega objekta nam torej njegove lastnosti (med katerimi je zelo pomembno poznavanje izseva) postavi v pravi kontekst. A ogromnih razdalj v vesolju ni enostavno izmeriti. Izkaže se, da si pri tem lahko pomagamo s posebnim razredom utripajočih zvezd.

Na začetku dvajsetega stoletja je ameriška astronomka Henrietta Leavitt opazovala kefeide, zvezde s periodičnim spreminjanjem sija, v bližnji galaksiji Veliki Magellanov oblak. Opazila je, da so zvezde z daljšimi periodami videti svetlejše. In ker so bile vse kefeide v isti galaksiji, torej na bolj ali manj enaki oddaljenosti, je ugotovila, da kefeide z daljšo periodo utripanja izsevajo več svetlobe. Povezava med periodo in izsevom kefeid, ki jo je odkrila Henrietta Leavitt, je danes zelo dobro umerjena, zato jo lahko uporabimo za merjenje razdalj do oddaljenih kefeid. To naredimo tako, da poljubni kefeidi izmerimo povprečni navidezni sij in periodo, nato pa iz povezave med periodo in izsevom preberemo izsev zvezde. S primerjavo izseva in navideznega sija zvezde naposled izračunamo njeno oddaljenost [4].

Poznamo več tipov utripajočih zvezd. Poleg klasičnih kefeid so tu tudi zvezde tipov RR Lire in Delta Ščita. Še posebej slednje so zanimive za merjenje razdalj, saj jih je v vesolju ogromno. A vprašanje je, kako dobra je povezava med izsevom in periodo teh zvezd. Damjan in Hana sta v svoji nalogi želela preveriti trdnost te povezave. V katalogu sta poiskala pet zvezd tipa Delta Ščita, ki so bile na začetku leta vidne na čilskem nebu. Pri izbiri sta bila pozorna na navidezni sij zvezd in na periodo ter amplitudo nihanja sija – temnim zvezdam z majhno amplitudo bi bilo težko natančno izmeriti periodo. Pet izbrank je utripalo s periodo okoli dveh ur. Dijaka sta vsako zvezdo opazovala vsaj eno periodo nihanja, nato sta obdelala podatke, izmerila navidezni sij zvezd ter izrisala svetlobne krivulje, to je spreminjanje navideznega sija s časom (Slika 3).

Ugotovila sta, da spreminjanje sija treh zvezd precej dobro opiše sinusna funkcija. Periodo sta v tem primeru izmerila s prilagajanjem sinusne funkcije podatkom. Spreminjanje sija preostalih dveh zvezd je bilo bolj zapleteno, zato sta v tem primeru odčitala periodo na roke neposredno z grafa. Izmerila sta povprečni navidezni sij zvezd in vsem meritvam ocenila napako. Nato sta v strokovni literaturi poiskala izmerjeno povezavo med periodo in izsevom zvezd tipa Delta Ščita, s katero jima je uspelo izračunati razdaljo do zvezd. Dodajmo še, da sta morala izmerjeno vrednost navideznega sija pred tem nekoliko popraviti. Svetloba zvezd se pri potovanju skozi medzvezdni prostor siplje na delcih prahu, zato se del svetlobe na poti od zvezde do nas izgubi. Dijaka sta z zemljevidov prahu v Galaksiji odčitala, koliko prahu je med nami in posamezno zvezdo, ter dobljeno vrednost uporabila za popravek navideznega sija zvezd.

Nato je prišel čas za test. Kako dobre so bile pravzaprav njune izmerjene vrednosti? Vse zvezde, ki sta jih dijaka opazovala, se nahajajo v Galaksiji. In vsem zvezdam je satelit Gaia izmeril oddaljenost na neodvisen način prek

Slika 4: Primerjava razdalj do zvezd, izmerjenih z uporabo dveh tehnik. Na abscisni osi so razdalje, ki sta jih dijaka dobila z uporabo utripanja kefeid, na ordinatni osi pa razdalje, izmerjene s satelitom Gaia. Črtkana črta označuje enake vrednosti na oseh.

Slika 3: Levo. Periodično spreminjanje svetlosti zvezde AG Pic, predstavnice tipa Delta Ščita. Znak desno spodaj označuje običajno vrednost napake meritev. Desno. Zvezdno polje okoli zvezde AG Pic.

letne paralakse.[1] Dijaka sta primerjala svoje meritve s tistimi, ki jih je ponudil satelit, in ugotovila, da se vrednosti ne razlikujejo za več kot 20 % (Slika 4). Meritve bi lahko izboljšala z daljšim opazovanjem posameznih zvezd, s čimer bi natančneje izmerila periode. Ugotovila sta, da je vsaj za njune zvezde povezava med periodo in izsevom precej dobra. Da bi povezavo lahko zares potrdila ali ovrgla, bi morala opazovati veliko več zvezd – to je naloga, s katero se ubadajo različne raziskovalne skupine po vsem svetu.

Opazovanje prehoda eksoplaneta prek gostujoče zvezde

Dejan Kokanović, dijak 4. letnika I. gimnazije v Celju, je ob pomoči mentorjev prof. Romana Ocvirka in dr. Jureta Japlja opazoval in modeliral prehod eksoplaneta Wasp-19b. Z nalogo, naslovljeno »Smo v vesolju sami?«, si je prislužil srebrno priznanje na državnem srečanju mladih raziskovalcev.

Eksoplanet Wasp-19b spada med vroče jupitre, to je skupino orjaških plinastih planetov, ki krožijo izredno blizu svojih zvezd. Medtem ko glavna polos Jupitrove rahlo eliptične orbite meri približno 780 milijonov kilometrov, se Wasp-19b giblje po praktično krožni orbiti s polmerom vsega 2,5 milijona kilometrov. Wasp-19b potrebuje nekaj manj kot 19 ur, da obide zvezdo, kar ga uvršča med rekorderje v tej kategoriji. Raziskovalci so na njegovi dnevni strani izmerili temperaturo okoli 1970 stopinj Celzija.

Eksoplanete odkrivamo na različne načine. Velike in od zvezde zelo oddaljene planete lahko slikamo neposredno. Zvezda, okoli katere se giblje eksoplanet, obenem ni povsem pri miru: planet in zvezda se gibljeta okoli skupnega masnega središča. Takšno periodično gibanje zvezde lahko opazimo z daljšim in izredno natančnim merjenjem njenega položaja. Periodično premikanje zvezde razkrije tudi njen spekter visoke ločljivosti – v njem lahko opazimo, da se absorpcijske spektralne črte, ki nastanejo v zvezdni atmosferi, periodično premikajo, kar je posledica Dopplerjevega premika. Omenjene tehnike zahtevajo profesionalne instrumente in velike teleskope. Potem je tu še četrta tehnika, ki jo izkoriščajo predvsem manjši teleskopi. V določenih primerih je orbita planeta postavljena tako, da planet včasih potuje med nami opazovalci in zvezdo. Ko planet zakrije del površine zvezde, zvezda navidezno nekoliko potemni. Prehod planeta torej pusti v svetlobni krivulji zvezde edinstven odtis, iz katerega lahko preberemo podatke tako o planetu kot o njegovi orbiti.

Planet Wasp-19b je zaradi svoje orbite in velikosti, ki nekoliko presega Jupitrovo, idealna tarča za opazovanje z manjšim teleskopom. Dejan je planet našel v spletnem katalogu ameriške Nase [5], kjer je med drugim izvedel, kdaj bo prehod viden iz observatorija El Sauce, kjer stojita teleskopa GoChile. Našel je tudi podatek, da naj bi planet pokril nekaj več kot 2 % zvezdne površine. To se ne sliši veliko, a so običajne vrednosti za eksoplanete še veliko manjše. Zadnji pomemben podatek je navidezni sij zvezde: le dovolj svetla zvezda nudi dovolj svetlobe, da lahko natančno merimo tako majhne spremembe sija.

Dejan je opazovanje izvedel 13. januarja 2022. Nebo je osvetljevala skoraj polna Luna. Ker je svetlobno onesnaženje zaradi Lune manjše pri daljših valovnih dolžinah, je Dejan opazovanje izvedel skozi filter, ki prepusti le rdečo svetlobo. Opazovanje je pričel nekoliko pred napovedanim začetkom prehoda in končal nekoliko po njem. Po opazovanju je obdelal slike, izmeril navidezni sij zvezde na seriji posnetkov in izrisal svetlobno krivuljo (Slika 5).

Slika 5: Prehod eksoplaneta Wasp-19b prek njegove zvezde, posnet s teleskopom GoT1. Modre točke predstavljajo posamezne meritve navideznega sija zvezde, črna krivulja pa najbolje prilegajoč se teoretični model. Orbita, planet in zvezda na zgornji skici niso narisani v pravem razmerju. Znak levo spodaj označuje običajno vrednost napake meritev.

Oblika in globina potemnitve zvezde nam povesta veliko o sistemu. Iz globine potemnitve na sredini mrka preberemo, kolikšno je razmerje med polmeroma planeta in zvezde. S pomočjo podatkov iz literature – perioda planeta, tip in velikost zvezde – ter oblike krivulje lahko izmerimo tudi veliko polos orbite in inklinacijo orbite.

1 Letna paralaksa je navidezen premik položaja bližnjih objektov glede na ozadje bolj oddaljenih objektov, ki je posledica potovanja Zemlje okoli Sonca. Če poznamo Zemljin položaj v trenutku posameznih opazovanj bližnjih zvezd, lahko uporabimo izmerjeno paralakso za izračun njihove oddaljenosti.

Dejan je za modeliranje uporabil program AstroImageJ [6]. Izmeril je, da je polmer planeta 1,43-krat večji od polmera Jupitra, da velika polos meri 2,79 milijona kilometrov in da je kot med ravnino orbite planeta in zveznico Zemlja–zvezda 7,8 stopinje. Izmerjene vrednosti za manj kot 10 % odstopajo od vrednosti iz kataloga. Zanimivo je bilo tudi opažanje, da se je prehod planeta začel deset minut pred napovedanim časom, kar kaže na to, da so dodatna opazovanja sistema smiselna, saj bomo s tem lahko natančneje določili orbito.

Možnosti za izboljšave je še veliko. Žal program, ki ga je uporabljal Dejan, ne omogoča ocene napak modeliranih vrednosti. Obenem je opazoval le en prehod planeta, zato ni mogel izmeriti periode. To je bil prvi eksoplanet, ki smo ga opazili v okviru projekta GoChile. Izkušnje, ki smo jih pridobili, smo že uporabili pri opazovanju številnih drugih prehodov eksoplanetov. Oziramo se proti eksoplanetom, ki prekrijejo manj površine zvezde, obenem pa izvajamo tudi večkratna opazovanja prehodov istih eksoplanetov, s čimer želimo izboljšati izmerjene vrednosti orbitalnih parametrov.

Na poti v novo šolsko leto

Prek leta smo izvedli več spletnih tečajev, kjer smo udeležencem predstavili teleskopa, potek tipičnega opazovanja, kalibracijo podatkov in osnovne astronomske meritve (kot je na primer fotometrija). Sledila so prva samostojna opazovanja, pri katerih smo uporabnikom pomagali, nato pa so bili običajno že pripravljeni vzeti vajeti v svoje roke in začeti izvajati lastna opazovanja brez nadzora. Vodenje teleskopov se je izkazalo za zanesljivo z malo tehničnimi težavami. Število noči, do-

Slika 6: Spiralna galaksija M83, posneta aprila 2022 s teleskopom GoT1. Avtor: Matej Mihelčič.

Slika 7: Komet C/2021 A1 (Leonard), posnet 27. decembra 2021 s teleskopom GoT2. Avtor: Matej Mihelčič.

Slika 8: Spremljanje vesoljskega teleskopa James Webb na poti do točke L2. Navidezni sij teleskopa se med potovanjem spreminja, ker se spreminja kot med Soncem in odsevno površino teleskopa. Vesoljski teleskop smo opazovali 7. januarja, ko je bil oddaljen približno milijon kilometrov.

deljenih posameznemu projektu, je seveda odvisno od cilja, giblje pa se od pol noči (tipični čas za opazovanje enega prehoda eksoplaneta) do štirih noči (opazovanje več objektov kot v primeru spremenljivih zvezd). Redki primeri, kot je dolgotrajno zasledovanje tranzientnih pojavov (supernove, gravitacijsko mikrolečenje), potrebujejo več časa. Zanimivo je opažanje, da imajo tako študenti kot dijaki največ težav s pripravami na opazovanje. Poiskati objekt, ki bo ustrezen za izvedbo zamišljenega projekta in bo obenem zadostil tehničnim pogojem (lokacija in lastnosti teleskopa), zahteva precej znanja.

Teleskopa smo dodobra spoznali in nestrpno pričakujemo vstop v novo opazovalno leto. Ob tem vas vabimo, da projekt GoChile predstavite svojim dijakom, tako začetnikom kot izkušenejšim. Astronomskim navdušencem bomo z veseljem pomagali, da spoznajo teleskopa GoChile, ju uporabijo za potep po nebu ali celo izvedejo svoj opazovalni projekt.

Poštni naslov: gochile@ung.si

Literatura

[1] GoChile, https://gochile.si/ (5. 9. 2022).

[2] Gomboc, A. (2021). GoChile – prvi slovenski teleskop v Čilu. *Fizika v šoli*, *26* (2), 49–51.

[3] ZOTKS, https://www.zotks.si/raziskovalci/rezultati (5. 9. 2022).

[4] Kefeide in P-L povezava, http://www.astro.sunysb.edu/metchev/PHY515/cepheidpl.html (5. 9. 2022).

[5] Katalog eksoplanetov, https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/ (5. 9. 2022).

[6] Collins idr. (2017). AstroImageJ: Image Processing and Photometric Extraction for Ultra-precise Astronomical Light Curves. *The Astronomical Journal*, *153*, 1–13.

Iz digitalne bralnice ZRSŠ

www.zrss.si/digitalna-bralnica/

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

Vesolje v stripu

Anja Šmid Pustoslemšek
Osnovna šola Orehek Kranj

Izvleček
Učitelji fizike vedno razmišljamo, kako učencem približati pouk in kako poučevati, da bi učenci kar največ pridobili. Prispevek opisuje primer medpredmetnega povezovanja šolske knjižnice in fizike v 8. razredu osnovne šole. Delo je potekalo sodelovalno v parih/trojkah. Vsak par si je sam izbral temo, pridobil ustrezno gradivo in narisal strip. Končni izdelki so bili razstavljeni v šolski avli in obiskovalci so jih ocenili zelo pozitivno.

Čedalje pomembnejše je, da učenci delajo aktivno in samostojno ter da sta učitelj in knjižničar le mentorja pri usmerjanju do končnega rezultata. Seveda se samostojnost gradi postopoma že od prvega razreda.

Ključne besede: medpredmetno povezovanje, strip, skupinsko delo, fizika, astronomija.

Universe in Comics

Abstract
Physics teachers always consider how to make the classroom more accessible to students and how to teach for maximum student benefit. This paper provides an example of cross-curricular integration of the school library and physics in Grade 8 of primary school. The students worked in pairs or groups of three. Each pair/group chose their topic, gathered relevant information, and created a comic strip. Their products were exhibited in the school lobby and received favourable feedback.

It is becoming increasingly important that students work actively and independently, with the teacher and librarian serving only as guides to the result. Indeed, students' independence should be encouraged and achieved gradually throughout schooling.

Keywords: cross-curricular integration, comic, groupwork, physics, astronomy.

Uvod
V zadnjih letih je vedno večji poudarek na ustreznosti podajanja snovi, kako učencem približati pouk fizike, kako jih motivirati. Sama se zelo rada medpredmetno povezujem in vedno se izkaže, da je takšna učna ura zelo uspešna.

»Namen medpredmetnega povezovanja je večja prenosljivost znanja, s čimer ustvarjamo pogoje za boljše razumevanje, večjo uporabnost znanja in s tem tudi večjo ustvarjalnost na vseh predmetnih področjih. Medpredmetno povezovanje pomeni iskanje vertikalnih in horizontalnih povezav predmeta z drugimi predmetnimi področji, sodelovanje učiteljev različnih predmetnih področij, skupno načrtovanje obravnave sorodnih vsebin, izmenjava primerov in nalog, načrtovanje projektnega tedna in podobno« (*Fizika: u*čni načrt, str. 32).

Odlične izkušnje imam s povezovanjem pouka fizike s knjižnico. Ker se mi zdi, da je knjižnično-informacijsko znanje (v nadaljevanju KIZ) zelo pomembno, ga poskušam nekaj uvesti tudi v svoj pouk.

Namen KIZ je usposobiti učence za samostojno uporabo šolske knjižnice in knjižničnega gradiva, razvijati njihove kompetence na različnih področjih ter uzavestiti koncept, da znanje, pridobljeno pri enem predmetu, lahko uporabijo tudi pri drugem.

Cilj informacijskega opismenjevanja učencev je usvojitev informacijskega procesa, ki je temelj za samostojno učenje in učencem omogoča, da se naučijo reševati različne probleme. Poteka v okviru rednega vzgojno-izobraževalnega procesa, kjer učitelji sodelujejo s knjižničarjem, metoda dela pa je učenje z viri (iskanje, obdelava in vrednotenje podatkov iz različnih virov). To pomeni, da učitelji in učenci uporabljajo knjižnico in njeno gradivo ter druge informacijske vire, ki so dosegljivi z računalniško in komunikacijsko tehnologijo, kot pripomoček za učenje in poučevanje. Učenci tako ob pomoči učitelja in

knjižničarja rešujejo določen raziskovalni problem, ki je rešljiv z informacijskimi viri, ki so navadno del knjižnične zbirke. Rezultat učne enote je lahko tudi pisni izdelek. Ob takšnem reševanju učnega raziskovalnega problema z informacijskimi viri učenci hkrati usvajajo vsebinska in procesna znanja, ob poznavanju tematike pa se tudi informacijsko opismenjujejo (Novljan, 2010).

Medpredmetno sodelovanje: fizika in KIZ

Pri medpredmetnem povezovanju je bistveno timsko poučevanje, kar pomeni, da dva ali več učiteljev hkrati ne le izvaja pouk skupinsko, temveč ga skupinsko tudi načrtuje in vrednoti. Zato mora tim delovati načrtno: učitelj in knjižničar skupaj izbereta temo, način dela, učne metode in trajanje take oblike dela. Odgovornost si delita, zato sta pri svojem delu avtonomna. Za uspeh je ključno, da drug drugemu zaupata (Zwitter, 2012).

Zamislila sem si, da bi temo vesolja učenci obdelali samostojno in da bi bil rezultat dela izvirni strip. S to idejo sem šla do naše šolske knjižničarke, ki zelo rada sprejema takšne izzive. Sicer vesolje na šoli že več let obravnavamo v sklopu KIZ, letos pa je bila izdelava stripa dodana vrednost. Najprej sta bili potrebni začetno usklajevanje in dogovarjanje, katere cilje želiva doseči. V nadaljevanju je nastal osnutek predstavitve v PowerPointu, ki sva ga nadgrajevali in dopolnjevali.

Za osnovo sva vzeli naslednjo literaturo:
- *Figa me briga, stripi za večkratno uporabo*. Benčevič, Dora (2020). Ljubljana: Borzen.
- *Najmanjša velika enciklopedija stripa: Stripburgerjeva akademija predstavlja strip dr. Horowitza*. Horjak, Ciril, idr. (2011). Maribor: Založba Pivec.
- *Hinkova hiša. Vesolje*. Ardagh, Philip (2018). Jezero: Založba Morfem.

Na začetku pouka se je knjižničarka z učenci pogovorila, kaj je to strip, razlago so preverili tudi v *Slovarju slovenskega knjižnega jezika* in na spletnem portalu Fran. Na dveh videoposnetkih so si ogledali, kako nastaja risani in računalniški strip (https://otroski.rtvslo.si/infodrom/prispevek/1315 in https://www.youtube.com/watch?v=NVsI49i-0KQ), omenila pa jim je nekaj najbolj znanih slovenskih striparjev, čeprav so učenci bolj kot njih poznali njihova dela (Zvitorepec, Tonček Bontonček, Maruška Potepuška …)

V nadaljevanju sem učencem razložila, kako bo potekalo delo. Učenci so se razdelili v pare oziroma trojke. Poudarila sem, da si lahko izberejo poljubno temo, povezano z astronomijo. Pred to medpredmetno uro smo z učenci pri pouku fizike že spoznali nekaj osnovnih dejstev na temo vesolja, ki je zajeta v učnem načrtu za fiziko. Čeprav se sliši enostavno, pa pri temi vesolja to še zdaleč ni lahko. Tema je široka, zato sem poudarila, naj si izberejo res samo en pojem/dogodek/pojav, ki ga bodo razložili v stripu. Namen vsakega posameznega stripa je bil, da je tema, ki jo bodo izbrali, zapisana tako, da se lahko iz stripa nekaj naučiš. Da so učenci sploh lahko začeli delati, smo skupaj s knjižničarko nato ponovili urejenost knjižnih polic, dotaknili smo se UDK in skupaj določili ustrezne vrstilce po policah. Potem so učenci samostojno iskali gradivo in se zatopili v brskanje po njem. Najtežja je bila izbira teme, potem pa je delo kar steklo.

Slika 1: Proučevanje literature.

Sliki 2 in 3: Ustvarjanje stripa.

Učenci so morali na list papirja formata A4 najprej narediti osnutek, ki je bil osnova za končni izdelek na formatu A3. Pogoj pri stripu je bil, da ima strip najmanj štiri okenca, čeprav sem jim svetovala, naj jih naredijo več, ker bo tako lažje zgraditi dobro zgodbo.

Sliki 4 in 5: Izdelovanje stripa.

Na voljo so imeli dve šolski uri, vendar se je že vmes izkazalo, da bo časa premalo. Ker sva s knjižničarko želeli, da izdelke dokončajo, sem naslednji teden zaključevanju stripa namenila dodatno uro fizike.

Da izdelki ne bi ostali neopaženi, sva s knjižničarko v šolski avli pripravili razstavo, kjer so prav vsi stripi dobili svoje mesto. Seveda so največ zanimanja za ogled najprej pokazali ustvarjalci, vsak mimoidoči pa je vsaj pokukal, če se že ni natančneje poglobil v razstavljene izdelke. Odziv na razstavo je bil zelo pozitiven.

Učenci so morali za izhodni listek (povratna informacija) ob koncu pouka zapisati dobre in slabe strani te ure.

Po opravljeni evalvaciji sva s knjižničarko sklenili, da naslednje leto poskusiva na tak način obdelati celotno temo vesolja. S tem bodo imeli učenci dovolj časa (podaljšanje na en mesec), da se poglobijo v osnovne pojme, ki jih morajo osvojiti, čas pa bo tudi za likovno dovršenost stripa.

Zaključek

Zelo pomembno se mi zdi, da lahko pri naravoslovnih predmetih pokažemo učencem še malo drugačen način raziskovanja določenih področij. Pri takih urah včasih pridejo v ospredje tudi šibkejši učenci, za katere je fizika že sama po sebi »strašna«. Takšen način pa jim približa temo in od ure res nekaj odnesejo.

Na naši šoli smo učitelji navajeni medpredmetnega sodelovanja. Učenci so pri takem pouku še aktivnejši. Ure KIZ največkrat potekajo v šolski knjižnici, zato je motivacije za delo pri učencih dovolj. Nase so najbolj ponosni, ko vidijo, da lahko v kratkem času dosežejo dobre rezultate. Učenci so bili na svoje izdelke na koncu ponosni, v največje zadovoljstvo pa jim je bilo, ko so videli, da njihove stripe berejo tudi drugi učenci.

Slika 6: Razstava v avli šole.

Zelo mi je bilo všeč in bilo je zabavno. Nobenega minusa ni. Če bi bile vse ure take bi komaj čakala, da grem v šolo. Mogoče samo, da če bi bilo možno namenite več časa, da ne razvlečemo na več dni ampak, da naredimo, ko smo že v elementu.

MENI JE BILO VŠEČ, KER JE BILA DRUGAČNA URA FIZIKE, IN KER RADA USTVARJAM. NIČESAR NE BI SPREMENILA SAMO PREMALO ČASA SMO IMELI. VŠEČ MI JE DELO S KNJIGAMI.

Meni se je zdelo zelo fino ter, je zabavem način za učenje astromomije. Malo je zmanjkalo časa za dokončanje stripa.

Slika 7: Povratna informacija učencev.

Viri in literatura

[1] Novljan, S. (2010). *Knjižnica za ustvarjalno učenje. Posodobitve pouka v gimnazijski praksi. Knjižnično informacijsko znanje*. Pridobljeno 24. 3. 2022 s spletne strani: https://www.zrss.si/projektiess/gradiva/posgim/GRA_Knjiznicno_informacijsko_znanje.pdf.

[2] *Učni načrt. Program osnovna šola. Fizika*. (2011). Pridobljeno 24. 3. 2022 s spletne strani: https://www.gov.si/assets/ministrstva/MIZS/Dokumenti/Osnovna-sola/Ucni-nacrti/obvezni/UN_fizika.pdf.

[3] Zwitter, S. (2012). *Pedagoško delo v šolski knjižnici*. Ljubljana: Modrijan.

[4] Kranjc, T. (2015). *Aktivno učenje – višja raven znanja*? Pridobljeno 17. 3. 2022 s spletne strani: http://pefprints.pef.uni-lj.si/3178/1/Kranjc_Aktivno_u%C4%8Denje.pdf

Splošna matura iz fizike 2022

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

Peter Gabrovec
II. gimnazija Maribor, glavni ocenjevalec DPK SM za fiziko

Izvleček
V prispevku je podana analiza mature iz fizike leta 2022. Ključni statistični podatki o kandidatih, nalogah in uspehu so navedeni primerjalno glede na predhodna leta. Izpostavljen je rahlo boljši rezultat glede na prejšnja leta, ki je posledica nekoliko lažjih nalog v prvi izpitni poli. Predstavljene so najbolj izstopajoče naloge s komentarji uspeha, zbrane so značilne napake in težave kandidatov pri reševanju izpita. Opisan je postopek ocenjevanja, ki je letos že tretjič potekal elektronsko.

Ključne besede: splošna matura iz fizike, analiza dosežkov, značilne težave pri reševanju, večletni trendi.

General Matura in Physics 2022

Abstract
This paper provides an overview of the 2022 general matura physics exam. It presents the statistics on candidates, tasks, and achievements compared to the previous years. There has been a slight improvement over the preceding years, owing to slightly easier tasks in the first half of the exam. The author presents the most outstanding exam tasks with comments on students' performance and their most common errors. The difficulties encountered by candidates while attempting to solve the tasks are summarised. Specific reference is made to the marking procedure, carried out electronically for the third time.

Keywords: general matura in physics, academic achievement analysis, typical problems, enduring trend.

1 Splošni podatki
Pisni izpit splošne mature iz fizike je v šolskem letu 2021/22 v spomladanskem roku opravljalo 1111 kandidatov. Struktura kandidatov glede na izobraževalni program je podobna kot prejšnja leta.

Število kandidatov, ki na maturi izberejo fiziko, vztrajno pada, pri čemer je pomemben dejavnik zmanjševanje števila vseh kandidatov na splošni maturi. Delež kandidatov, ki izberejo fiziko, je sicer stabilnejši, a tudi ta v zadnjih letih pada.

Tabela 1: Število kandidatov na maturi iz fizike med letoma 2013 in 2022.

Leto	Število vseh kandidatov
2013	1374
2014	1495
2015	1487
2016	1353
2017	1539
2018	1334
2019	1357
2020	1209
2021	1251
2022	1111

Slika 1.1: Delež kandidatov, ki so med letoma 2010 in 2022 opravljali izpit splošne mature iz fizike.

2 Analiza dosežkov kandidatov

Analiza dosežkov kandidatov je opravljena za referenčno skupino kandidatov. To skupino sestavljajo redni dijaki, ki prvič opravljajo splošno maturo v celoti (brez kandidatov z maturitetnim tečajem, 21-letnikov, odraslih in poklicnih maturantov). Referenčna skupina predstavlja 90 % kandidatov, ki so junija 2022 opravljali izpit splošne mature iz fizike.

Povprečno število točk, ki so jih pri izpitu dosegli kandidati referenčne skupine, je bilo letos 76,62. Ta vrednost je nekoliko višja kot lanska in sledi trendu rahlega naraščanja v zadnjih letih.

Pri prvi izpitni poli so kandidati referenčne skupine na splošni maturi v povprečju dosegli 26,78 točke, indeks težavnosti[1] (IT) je bil 0,77, kar je opazno več kot v preteklih letih (lani: 0,72; 2020: 0,72; 2019: 0,71; 2018: 0,64; 2017: 0,70; 2016: 0,69).

Povprečen uspeh pri drugi izpitni poli je bil 31,32 točke, indeks težavnosti te izpitne pole je 0,70. Rezultat je na ravni rezultatov prejšnjih let: lani: 0,69; 2020: 0,63; 2019: 0,70; 2018: 0,72; 2017: 0,64; 2016: 0,73.

Povprečno število točk pri internem delu izpita je bilo 18,53, kar je po dveh letih občutno višjih vrednosti spet nekoliko nižji rezultat.

Povprečno število točk, ki so jih pri izpitu dosegli kandidati referenčne skupine, je bilo letos 76,62.

Slika 2.1: Doseženo število točk po delih izpita in skupno število točk v zadnjih enajstih letih.

Povprečno skupno število točk je letos 76,62, kar je najvišja vrednost doslej. Dvig števila doseženih točk je DPK SM načrtovala in dosegla z rahlo spremembo zahtevnosti vprašanj predvsem pri prvi izpitni poli. S tem je dosegla, da je meja za pozitivno oceno 50 % in tako tudi boljšo primerljivost težavnosti izpita iz fizike z drugimi predmeti.

Tabela 2: Meje med ocenami za zadnjih pet let.

Ocene	5	4	3	2
2015	84	72	59	46
2016	85	73	60	47
2017	84	71	58	46
2018	85	72	58	47
2019	85	72	58	48
2020	83	70	56	46
2021	86	74	62	49
2022	86	74	62	50

Slika 2.2: Porazdelitev kandidatov referenčne skupine po ocenah.

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

2.1 Vsebinska analiza uspeha pri prvi izpitni poli

Prva izpitna pola je sestavljena iz 35 vprašanj izbirnega tipa. Kandidati izberejo enega od ponujenih odgovorov na zastavljeno vprašanje. Vprašanja preverjajo le tiste cilje v katalogu, ki spadajo med splošna znanja.

Slika 2.1.1: Razporeditev kandidatov po točkah. Upoštevani so kandidati referenčne skupine.

Državna predmetna komisija je v izpitno polo tako kot vedno vključila nekaj težjih vprašanj in nekaj zelo lahkih. V prvem približku se postavimo na stališče, da je »lahka« naloga tista, ki so jo kandidati uspešno reševali (visok IT), »težke« naloge pa so tiste, pri katerih je uspeh kandidatov zelo slab (nizek IT). Seveda na zahtevnost naloge vpliva (poleg objektivne kognitivne zahtevnostne stopnje) še marsikaj drugega – npr. jasna definicija problema, hitro razumljivi in pregledni odgovori, skice pri nalogi in še kaj. Kljub temu predstavlja IT nekakšno okvirno sporočilo o uspehu kandidatov pri splošni maturi. Kandidati so prvo polo nasploh reševali zelo dobro, najnižji IT je bil 0,51 pri vprašanju 1 in 32, vse druge naloge pa so imele IT nad 0,58. Letošnji rezultati pri prvi poli glede na pogostost nižjih indeksov težavnosti odstopajo, saj so bile v preteklih letih tipično štiri naloge z IT pod 0,5. Kot že omenjeno, je to posledica odločitve komisije, da rahlo spremeni zahtevnost izpita. Prva pola zdaj pregledneje preverja znanje po vseh poglavjih kataloga, višje taksonomske ravni znanja pa preverjajo naloge v drugi poli.

2.1.1 Naloge z nizkim indeksom težavnosti

Naloga 1 (IT = 0,51, ID = 0,26)

1. Z merilnikom večkrat izmerimo hitrost svetlobe v vakuumu. Vsi izmerki so med vrednostima $1{,}6 \cdot 10^8$ m/s in $2{,}2 \cdot 10^8$ m/s. Katera izjava je zagotovo pravilna?

   A Povprečna izmerjena vrednost je enaka $1{,}9 \cdot 10^8$ m/s.
   B Absolutna napaka meritve je enaka $0{,}6 \cdot 10^8$ m/s.
   C Sistematična napaka meritve je manjša od natančnosti merilnika.
   D Sistematična napaka meritve je večja od naključne napake meritve.

Komentar: Naloga 1 ima v prvi izpitni poli poleg naloge 32 najnižji indeks težavnosti, torej so jo kandidati reševali najslabše. Kandidati so morali presoditi, ali je večja sistematična napaka ali napaka merilnika. Pri tem so po eni strani morali širino intervala, v katerem so meritve, prepoznati kot posledico naključne napake meritve, po drugi strani pa vedeti, kolikšna je hitrost svetlobe v vakuumu, in presoditi, da so vse izmerjene vrednosti precej manjše od te vrednosti in da gre torej za sistematično napako.

Slika 2.1.1.1: Število kandidatov, ki so izbrali posamezni odgovor v nalogi 1. Pravilen je odgovor D.

Naloga 32 (IT = 0,51; ID = 0,30)

32. Kateri od naštetih atomov ali molekul ima največ nevtronov?

A Atom helija ($^{4}_{2}He$).
B Dvoatomna molekula tritija ($^{3}_{1}H$).
C Atom litija ($^{6}_{3}Li$).
D Dvoatomna molekula devterija ($^{2}_{1}H$).

Komentar: Naloga je poleg naloge 1 najslabše reševana naloga v prvi izpitni poli. Glede na to, da je med napačnimi izbirami jasno izstopal odgovor C, lahko sklepamo, da so kandidati vedeli, kako iz podanega zapisa razbrati število nevtronov, a so spregledali, da gre v primeru B za dvoatomno molekulo in je torej število nevtronov dvakrat večje kot pri atomu tritija in tako tudi večje od števila nevtronov pri litiju, ki je bil naveden pri izbiri C.

Slika 2.1.1.2: Število kandidatov, ki so izbrali posamezni odgovor v nalogi 32. Pravilen je odgovor B.

2.1.2 Naloge z dobrim uspehom (visok IT) in naloge, ki dobro ločujejo uspešnejše kandidate od manj uspešnih (visok ID[2])

Naloga 13 (IT = 0,99; ID = 0,10)

13. Sila vzgona na telo v vodi je veliko večja, kot je, če je telo v zraku. Kateri odgovor pravilno opisuje vzrok za ta pojav?

A Masa telesa v vodi je veliko večja kot v zraku.
B Teža telesa v vodi je veliko večja kot v zraku.
C Gostota vode je veliko večja kot gostota zraka.
D Prostornina telesa v vodi je veliko večja kot v zraku.

Komentar: Nalogo 13 so kandidati reševali najbolje, napačnih odgovorov skoraj ni bilo. Rezultat ni presenetljiv. Vprašanje ne spada med zahtevnejša, poleg tega so to temo kandidati dobro obdelali že v osnovni šoli. Razumljivo je, da je pri nalogah, ki jih kandidati tako množično rešijo pravilno, indeks diskriminativnosti zelo nizek, saj naloge, ki jih skoraj vsi rešijo pravilno, ne ločujejo kandidatov z dobrim znanjem od tistih s slabšim. Lažje naloge vseeno vključujemo v izpit, da je zahtevnost izpita ustrezna.

Slika 2.1.2.1: Število kandidatov, ki so izbrali posamezni odgovor v nalogi 13. Pravilen je odgovor C.

Naloga 9 (IT = 0,58; ID = 0,53)

9. Homogeni krogli z maso *m* in polmerom *r* se dotikata. Kater enačba pravilno opisuje gravitacijsko silo med njima?

A $F_g = G\frac{2\,m^2}{r^2}$

B $F_g = G\frac{m^2}{r^2}$

C $F_g = G\frac{m^2}{2\,r^2}$

D $F_g = G\frac{m^2}{4\,r^2}$

Slika 2.1.2.2: Število kandidatov, ki so izbrali posamezni odgovor v nalogi 9. Pravilen je odgovor D.

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

Komentar: Naloga je četrta najslabše reševana naloga in ima najvišji indeks diskriminativnosti, kar pomeni, da je izmed nalog v prvi poli najbolje ločevala med boljšimi in slabšimi kandidati. Zdi se, da se slabši kandidati niso spraševali, kaj točno pove podatek o velikosti krogel o njuni oddaljenosti, ampak so zgolj obkrožili izraz za silo, ki jim je bil najbolj domač.

Naloga 19 (IT = 0,62; ID = –0,05)

19. Kroglica z negativnim nabojem je pritrjena na višini z oznako 0 (glejte sliko). Pod njo je kroglica s pozitivnim nabojem in maso *m*. Ko je spodnja kroglica na višini z oznako 2, je rezultanta sil nanjo enaka nič. Višini z oznakama 1 in 3 sta enako oddaljeni od višine 2, in sicer za Δx. Katera izjava o velikosti rezultante sil na spodnjo kroglico na višinah 1 in 3 je pravilna?

A Velikost rezultante sil je največja, ko je kroglica na višini 1.
B Velikost rezultante sil je največja, ko je kroglica na višini 3.
C Velikost rezultante sil na višinah 1 in 3 je enaka.
D Za primerjavo velikosti rezultante sil na višinah 1 in 3 ni dovolj podatkov.

Komentar: Naloga je najslabše ločevala med kandidati z dobrim in slabim znanjem. Indeks diskriminativnosti blizu vrednosti nič pomeni, da je bilo povprečno število točk, ki so jih pri prvi poli dosegli kandidati, ki so izbrali pravilni odgovor, tako rekoč enako povprečnemu številu točk, ki so jih na tej poli dosegli preostali kandidati. Naloga spada med težje, saj zahteva več stopenj reševanja. Glavna težava je verjetno, da je treba presoditi, da se električna sila na manjši medsebojni razdalji dveh naelektrenih teles spreminja hitreje kot pa na večji oddaljenosti. Sorazmerno visok IT in hkrati zelo nizek ID nakazujeta, da s tem razmislekom večina kandidatov ni imela težav, in to ne glede na to, kako uspešni so bili pri drugih vprašanjih.

Slika 2.1.2.3: Število kandidatov, ki so izbrali posamezni odgovor v nalogi 19. Pravilen je odgovor A.

2.2 Analiza uspeha pri drugi izpitni poli (strukturirane naloge)

Pri drugi izpitni poli so kandidati izbrali tri naloge strukturiranega tipa izmed ponujenih šestih. Naloge so pokrivale naslednje fizikalne teme:

1. naloga – *Merjenje:* Pri nalogi je bilo treba obdelati podatke o spuščanju uteži z različnimi masami, ki so pripete na vrvico, navito okrog vrtečega se valja.
2. naloga – *Mehanika:* Vprašanja so pri različnih pogojih obravnavala sistem klade na vodoravni podlagi in uteži, ki je s klado povezana z vrvico, napeljano prek škripca.
3. naloga – *Toplota:* Naloga je obravnavala gretje in ohlajanje vode v skodelici.
4. naloga – *Elektrika in magnetizem:* Vprašanja naloge so se navezovala na vodnik v obliki črke U. Spraševala so po toku skozi vodnik, njegovem uporu, magnetnih silah nanj in po indukciji pri njegovem premikanju.
5. naloga – *Nihanje, valovanje in optika:* Osrednja tema naloge so bile preslikave z lečo in fotometrija, povezana s preslikavo Sonca skozi to lečo.
6. naloga – *Moderna fizika:* Vprašanja pri tej nalogi so obravnavala jedrsko sestavo in jedrski razpad ogljikovega izotopa ^{14}C.

Frekvenco izbranih nalog kaže slika 2.2.1.

Glede števila kandidatov, ki so izbrali posamezno nalogo, se nadaljuje trend zmanjševanja deleža kandidatov, ki izberejo prvo nalogo. Na letošnji maturi prvič ni bila najpogosteje izbrana prva naloga, največ kandidatov je letos izbralo drugo nalogo. Glede na povprečje preteklih let je precej več kandidatov izbralo tretjo in šesto nalogo, podpovprečen pa je bil delež kandidatov, ki je izbral četrto in peto nalogo.

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

Slika 2.2.1: Število kandidatov, ki so izbrali posamezno nalogo. Upoštevani so kandidati referenčne skupine.

Slika 2.2.2: Razporeditev kandidatov po doseženih točkah pri drugi poli. Upoštevani so kandidati referenčne skupine.

Glede indeksa težavnosti nalog je bil letos uspeh zelo primerljiv. Najbolje so kandidati kot že lani tudi letos reševali nalogo 3, ki je bila glede na prejšnja leta tudi letos nadpovprečno pogosto izbrana. Sicer so bili uspehi na ravni dosežkov kandidatov v preteklih letih.

Slika 2.2.3: Indeks težavnosti po posameznih nalogah druge pole.

2.3 Laboratorijske vaje

Porazdelitev točk, ki so jih kandidati dobili pri notranjem delu izpita, je po obliki podobna kot pretekla leta. Vendar je povprečna ocena 18,53 letos po dveh letih občutno višjih vrednosti ponovno nekoliko nižja. Korelacija oz. povezanost med zunanjim in notranjim delom mature je bila 0,42, kar je nekoliko manj kot lani, a na ravni vrednosti preteklih let.

Slika 2.3.1: Razporeditev kandidatov po točkah pri internem delu izpita. Upoštevani so kandidati referenčne skupine.

3 Najpogostejši nepravilni odgovori kandidatov

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

1) Premalo natančno analiziranje naloge oz. površna uporaba fizikalnih konceptov
   a) Pri uporabi izreka o mehanski energiji kandidati pozabijo na delo trenja ali ga upoštevajo z napačnim predznakom (2.8).
   b) Nepopolna energijska bilanca – kandidati so pozabili na energijo, ki je potrebna za segrevanje staljene vode (3.5).
   c) Neupoštevanje mase staljene vode pri nadaljnjem računanju (3.6).
   d) Napačna določitev smeri magnetne sile na spodnji del vodnika (4.4)

2) Površno branje besedila in površno odgovarjanje
   a) Pri računanju izparilne toplote mnogi spregledajo, da je treba upoštevati le polovico vode ne vse (3.4).
   b) Neupoštevanje dodatnega dela žice pri določanju upora (4.8).
   c) Neupoštevanje, da je svetlobni tok po prehodu skozi atmosfero manjši (5.4).
   d) Ne zapišejo velikosti naboja nukleonov, kar je zahteval drugi del vprašanja (6.1).
   e) Pri računanju električne sile na elektrone ne upoštevajo, da je v jedru sedem protonov (6.5).

3) Slabo poznavanje vsebin in postopkov
   a) Napačno določijo in zapišejo število zanesljivih mest rezultatov (1.1, 1.7).
   b) Uporabijo napačen zapis rezultata meritev z napako (1.7).
   c) Pri računanju gostote svetlobnega toka uporabijo napačen izraz za površino (5.5).
   d) V izrazu, ki opisuje zvezo med dvema količinama, ne prepoznajo naklona premice in presečišča premice z ordinato. Ta težava je bila pri letošnji maturi izrazitejša, saj premica ni šla skozi koordinatno izhodišče (1.4, 1.6).
   e) Elektrone navedejo kot sestavne dele atomskega jedra (6.1).
   f) Napačno pretvarjajo enote (5.5, 5.6, 6.5).
   g) Težave z logaritmiranjem pri računanju časa zmanjšanja aktivnosti (6.7).

4) Uporabijo podatke, ki so podani, čeprav niso ustrezni
   a) Za izračun pretečenega naboja uporabijo kar tok z začetka naloge (4.8).
   b) Za izračun vezavne energije uporabijo maso jedra in ne masni defekt (6.3).

5) Težave z reševanjem zapletenejših nalog in zapisom jasnih pojasnil odgovorov
   a) Upoštevanje napačne mase sistema pri računanju končne hitrosti (2.8).
   b) Določitev polaritete inducirane napetosti pri premikanju vodnika in zapis pojasnila odgovora (4.7).
   c) Določitev gostote svetlobnega toka na izbranem mestu konvergentnega snopa svetlobe (5.8).
   d) Pomanjkljivi ali nejasno argumentirani odgovori glede starosti vzorca (6.7).

Na tem mestu želim opozoriti na dokument z naslovom *Dodatna pojasnila kandidatom pri maturi iz fizike*, ki ga je DPK SM za fiziko pripravila v pomoč kandidatom pri pripravi na maturo. V dokumentu so zbrani nekateri splošni dogovori o zapisu postopkov, številu veljavnih mest v rezultatih, o zapisu enot, določitvi ter zapisu merskih napak in podobno. Podana so tudi splošna pravila ocenjevanja izdelkov, ki jih lahko kandidati uporabljajo kot informacijo, in opozorilo, na katere podrobnosti morajo biti pozorni pri odgovarjanju. Dokument je objavljen na spletni strani RIC poleg drugih podatkov o splošni maturi iz fizike.

Opozoriti želim na dokument z naslovom *Dodatna pojasnila kandidatom pri maturi iz fizike*, ki ga je DPK SM za fiziko pripravila v pomoč kandidatom pri pripravi na maturo.

4 Mnenje zunanjih ocenjevalcev o nalogah in vprašanjih v izpitnih polah

Po letošnjem ocenjevanju maturitetnih nalog je anketo z opažanji glede sestave nalog oddalo 25 zunanjih ocenjevalcev. Sestavo prve izpitne pole so ocenili kot zelo primerno (15) ali primerno (8), sestavo druge izpitne pole pa je 13 ocenjevalcev ocenilo kot zelo primerno, 12 pa kot primerno.

Navodila za ocenjevanje je 9 ocenjevalcev ocenilo kot zelo jasna, 14 kot jasna in 2 kot manj jasna. Za izboljšanje navodil za ocenjevanje so predlagali zapis alternativnih poti reševanja, zapis točkovanja v takih primerih in zapis točkovanja v primeru tipičnih napak. V komisiji pri pripravi navodil skušamo navedene primere predvideti in jih zapisati v navodila za ocenjevanje, pogosto pa se po pregledu vzorca pol pred moderacijo pojavijo še dodatni značilni primeri napak. Glavni ocenjevalec o ocenjevanju takih primerov seznani zunanje ocenjevalce na seminarju pred začetkom ocenjevanja.

5 Zunanje ocenjevanje

Zunanje ocenjevanje fizike je bilo letos tretjič izvedeno elektronsko. Pri ocenjevanju je poleg glavnega ocenjevalca sodelovalo 29 zunanjih ocenjevalcev.

Dan po terminu pisnega dela izpita je bilo vsem zunanjim ocenjevalcem posredovano izpitno gradivo (obe izpitni poli). Imeli so nalogo, naj izpitno gradivo pregledajo in preučijo ter se pripravijo na ocenjevanje druge izpitne pole. Proučili so mogoče načine pravilnega reševanja posameznih nalog ter predvideli tipične napake, ki se bodo verjetno pojavljale v izdelkih kandidatov.

Pred zunanjim ocenjevanjem so glavni zunanji ocenjevalec in člani DPK SM dobili vpogled v 20 izdelkov kandidatov (druge izpitne pole) ter jih pregledali in poskusno ocenili. Pred izvedbo zunanjega ocenjevanja se je skupina sestala in izvedla postopek moderacije *Navodil za ocenjevanje*. Na moderaciji so preverili ustreznost navodil za ocenjevanje, vnesli nekaj sprememb z namenom večje objektivnosti in enotnosti ocenjevanja ter sprejeli dogovor, kako ravnati v primeru pričakovanih nejasnih in dvoumnih rešitev. Izbrali so tudi nekaj izpitnih pol, ki so jih predhodno ocenili in so nato v postopku ocenjevanja služile za standardizacijo.

Pred izvedbo zunanjega ocenjevanja se je skupina sestala in izvedla postopek moderacije *Navodil za ocenjevanje.*

Za zunanje ocenjevalce je bil 13. junija prek videokonference izveden obvezen seminar, na katerem je glavni ocenjevalec podal podrobnejša navodila za ocenjevanje, ocenjevalce seznanil z ugotovitvami in sklepi moderacije ter predstavil uporabo računalniškega programa za izvedbo ocenjevanja. Udeleženci so se seznanili z navodili, prav tako so imeli možnost komentiranja izpitnega gradiva oz. posredovanja svojega mnenja o njegovi kakovosti.

Po uvodnem seminarju so zunanji ocenjevalci ocenili dve izpitni poli, namenjeni njihovi standardizaciji. O vseh morebitnih odstopanjih od predvidenih ocen, ki so jih predhodno določili člani DPK SM, so dobili povratno informacijo, ob večjih odstopanjih pa so razhajanja individualno usklajevali z glavnim ocenjevalcem ali njegovim pomočnikom. Ti so z zunanjimi ocenjevalci tudi v nadaljevanju ocenjevanja usklajevali morebitna dodatna vprašanja prek elektronskih sporočil. Zunanji ocenjevalci so med ocenjevanjem dobili tudi dve izpitni poli, ki so jih predhodno ocenili člani DPK SM. Te pole so ocenjevalcem omogočale povratno informacijo o kakovosti opravljenega dela, glavnemu ocenjevalcu in njegovim pomočnikom pa je ta informacija služila za morebitne potrebne intervencije glede odstopanj od dogovorov o ocenjevanju.

Po sprejemu mejnih točk za pretvorbe točkovnega dosežka kandidatov v ocene je bilo izvedeno še kontrolno ocenjevanje.

Po sprejemu mejnih točk za pretvorbe točkovnega dosežka kandidatov v ocene je bilo izvedeno še kontrolno ocenjevanje. Izpitne pole kandidatov, ki so se približali pragu za pozitivno oceno, je skupina kontrolnih ocenjevalcev ocenila še enkrat. Pri večini kandidatov ni bilo spremembe.

V spodnjem grafu je prikazana razporeditev števila kandidatov po številu doseženih točk pri celotnem izpitu. Poudarjene so spodnje meje posameznih ocen.

Slika 5.1: Porazdelitev kandidatov po skupnem številu doseženih točk pri celotnem izpitu. Upoštevani so kandidati referenčne skupine, ki so dosegli vsaj 26 točk. Z rdečo so obarvane spodnje meje za posamezno oceno.

6 Ugovori na oceno in način izračuna izpitne ocene

Od 1111 kandidatov, ki so spomladi 2022 pristopili k izpitu splošne mature iz fizike, se je 12 kandidatov pritožilo na oceno. Njihove izpitne pole je še enkrat pregledal izvedenec, ki je preveril, ali so njihovi izdelki ocenjeni v skladu z navodili za ocenjevanje. Pri šestih kandidatih je spremenil število doseženih točk, kar je pri treh kandidatih pomenilo spremembo ocene izpita iz fizike. Število ugovorov na oceno je podobno številu ugovorov iz prejšnjih let.

Zaključek

Za zaključek želim izpostaviti dve značilnosti pri splošni maturi v zadnjih letih: prva je vztrajen upad števila kandidatov, druga pa rahlo dvigovanje uspeha. Upad števila kandidatov pri fiziki je sicer povezan z zmanjševanjem števila vseh maturantov, vendar se zmanjšuje tudi delež kandidatov, ki na maturi izberejo fiziko. Komisija skuša z izbiro nalog doseči nekoliko boljši uspeh mature iz fizike in s tem zagotoviti čim večjo primerljivost težavnosti izpita z drugimi predmeti ter morda tudi nekoliko večjo privlačnost mature iz fizike.

Več statističnih podatkov o obravnavani maturi lahko najdete na spletnih straneh RIC.

Kamera obskura in model fotoaparata

Vlasta Zrnec
Osnovna šola Dušana Bordona Semedela – Koper

Izvleček
V okviru tehniškega dne za osme razrede je na naši šoli ena ura namenjena izdelavi kamere obskure. Vsak učenec jo izdela samostojno po navodilih učitelja. Bolj motivirane učence/-ke (ali dvojice) lahko navdušimo, da izdelajo kamero obskuro in model fotoaparata v eni škatli.

Ključne besede: kamera obskura, model fotoaparata, dnevi dejavnosti v osnovni šoli.

Camera Obscura and Camera Model

Abstract
As part of design and technology activity day for eighth grade at our school, one lesson is dedicated to making a camera obscura. Pupils build it on their own, following the teacher's instructions. The more eager (pairs of) pupils can be encouraged to create a camera obscura and a camera model in one box.

Keywords: camera obscura, camera model, primary school activity days.

Izdelava kamere obskure v eni šolski uri

Uvod
Kamera obskura (lat. *camera obscura*, ‚temna soba') je naprava za zajemanje slike. V osmem razredu učenci spoznajo to pripravo in znajo razložiti, kako je narejena ter kako v njej nastane slika. To je zatesnjena škatla, ki ima v eni od stranic majhno luknjico. Žarki svetlobe, ki padejo na zadnjo stran škatle, oblikujejo sliko, ki je obrnjena za 180°. Če je v temni škatli polprosojni papir, se slika ujame na papir in jo lahko opazujemo z druge strani. Na drugi strani škatle namreč naredimo še eno luknjico, skozi katero lahko to sliko opazujemo. Kamera obskura je predhodnica fotoaparata; namesto polprosojnega papirja je lahko v škatli fotografski papir. Majhna luknjica deluje kot zbiralna leča, sliko obrne.

Slika 1: Skica kamere obskure

Priprava
Pri organizaciji tehniškega dneva sem predvidela, da bi učenci izdelali kamero obskuro v eni šolski uri. Vsak učenec naj bi izdelal svojo kamero obskuro. Na to sem se posebej pripravila. Učencem sem dala navodila, naj tisti dan prinesejo v šolo svinčnike, ravnilo, škarje in lepilo.

Uporabila sem črn šeleshamer in pavs papir. Šeleshamer sem razrezala na primerno velike kose, da so učenci nanje narisali mreže kvadrov z robovi dolžin 10 cm, 5 cm, 5 cm ter pol centimetrska »krilca« za lepljenje robov. Pripravila sem tudi polprosojne pavs papirčke velikosti 4,8 cm x 6,5 cm.

Delo učencev
Navodila za izdelavo kamere obskure so bila v razredu prikazana tudi na računalniški prosojnici, izdelani v PowerPointu. Vsak učenec je dobil kos črnega šeleshamerja in pavs papirček.

Ko je učenec narisal mrežo, je izdelek prinesel dežurnemu učitelju, ki je v eno večjih ploskev z olfa nožem naredil režo, v katero je učenec pozneje vstavil zaslon iz polprosojnega papirja.

Na eno od manjših ploskev je učenec narisal krog s premerom 1 cm in s škarjicami izrezal luknjo, ki je služila kot kukalo. Vsak učenec je izrezal model kvadra, z ravni-

lom je zapognil robove in »krilca«. Učence sem opozorila, naj luknjo izrežejo, še preden se lotijo lepljenja škatle.

Slika 2: Izrezana lepenka za škatlo in prepogibanje robov tik pred lepljenjem.

Ko je bil kvader zlepljen, je učenec na ploskvi nasproti luknje za gledanje z ostro ošiljenim svinčnikom naredil manjšo luknjico, v režo pa je potisnil pavs-papir. Tako je bila kamera obskura že pripravljena za opazovanje (slika 3).

Slika 3: Izdelani kameri obskuri

Večina učencev se je podpisala kar na polprosojni papirček, ki je molel nad kamero obskuro. Podpis sem zahtevala zato, ker sem kamere pregledala in upoštevala pri oceni dela na tehničnem dnevu.

Pogled skozi večjo luknjo kamere nam razkrije, da se na pavs-papir res ujame obrnjena slika okolice. Skozi centimetrsko luknjo sem fotografirala sliko na zaslonu. Slika prikazuje stavbe, obrnjene na glavo, nebo pa je spodaj.

Slika 4: Pogled skozi kamero obskuro, ki so jo izdelali učenci.

Model fotoaparata

Bolj motivirane učence lahko navdušimo, da izdelajo kamero obskuro in model fotoaparata v eni škatli. Delo lahko začnejo v okviru tehniškega dneva, napravo in poskuse pa dokončajo doma ter predstavijo pri uri fizike. Učenci, ki se odločijo za zahtevnejšo nalogo, na tehniški dan prinesejo:

– škatlo za čevlje ali podobno škatlo s pokrovom;
– dva tulca iz lepenke, na katerih je bil navit toaletni papir;
– ravnilo, trikotnik, šestilo, škarjice, lepilo in lepilni trak.

Učitelji priskrbijo ustrezno lečo (opisano v poglavju Izdelava objektiva z lečo), na šoli pa imajo zagotovo tudi kakovosten lepilni trak (komercialno ime *power tape*).

Napotki za izdelavo

Učenci naj izdelajo podobno pripravo, kot je na sliki 5.

Slika 5: Kamera obskura in model fotoaparata v eni škatli – fotografija.

Slika 5b: Kamera obskura in model fotoaparata v eni škatli – shema.

Oba lepenkasta tulca prerežemo na pol, da dobimo štiri cevi, dolge približno 5 cm. Eno cev moramo zožiti, tako da jo lahko tesno potisnemo v eno od preostalih treh cevi. To naredimo tako, da iz cevi po dolžini izrežemo 5 mm širok trak in nato cev po dolžini zlepimo z lepilnim trakom. Nato preizkusimo, ali lahko tanjšo cev tesno potisnemo v eno od preostalih treh cevi.

Na obeh manjših ploskvah škatle izrežemo luknji. V eno luknjo škatle prilepimo cev z manjšim premerom, v drugo pa eno od preostalih treh cevi. Da bosta cevi dobro pritrjeni, ravnamo tako, kot lahko razberete s slike 6. V cev zarežemo centimeter dolge zareze, tudi med seboj naj bodo razmaknjene za približno centimeter. Nato narezane dele zapognemo in jih od znotraj prilepimo v odprtino. Nazadnje jih pritrdimo še z lepilnim trakom (slika 6).

Slika 6: Pritrjevanje objektiva in kukala.

Izdelava objektiva z luknjico

Ostali sta nam še dve cevi z dolžino 5 cm. Na prvo nalepimo okrogel kos lepenke, v katerega smo prej izrezali odprtino, ter prek odprtine nalepimo košček aluminijaste folije (slika 7a). V folijo z debelejšo šivanko napravimo luknjico s premerom približno 1 mm. Luknjico lahko pri poskusih večamo z dobro ošiljenim svinčnikom. Še bolje je, če uporabimo tri koščke tanke pločevine in vanje izvrtamo luknjice s premerom npr. 2, 3 in 5 mm. Tako bomo lažje ugotovili, kako na sliko vpliva velikost luknjice.

Sliki 7ab: Objektiv z luknjico (a) in objektiv z lečo (b), ki je sestavljena iz dveh leč očal.

Izdelava objektiva z lečo

Učitelj vam bo priskrbel zbiralno lečo z goriščno razdaljo od 10 cm do 30 cm. Če tankih leč nimamo, lahko uporabimo leči iz očal z dioptrijo 3, ki jih v nekaterih trgovinah lahko kupimo že za nekaj evrov. Tudi naš objektiv (slika 7b) je narejen iz starih očal. Ob tem moramo poznati nekaj malega optike. Leča z dioptrijo 3 ima goriščno razdaljo 1/3 m (približno 34 cm). Če dve taki leči zlepimo z lepilnim trakom, dobimo »dvakrat močnejšo« lečo z goriščno razdaljo približno 17 cm. Leči še nekoliko obžagamo, da gresta lepo v cev. Goriščno razdaljo leče najlažje izmerimo tako, da sliko sonca preslikamo na papir in izostrimo ter izmerimo razdaljo med lečo in papirjem. **Preden začnejo učenci uporabljati leče, jih moramo opozoriti, da nikakor ne smejo skozi lečo pogledati proti soncu, saj lahko celo oslepijo.**

Slika 8: Fotografije slik zaslona kamere obskure pri treh velikostih luknjice.

Potrebujemo samo še zaslon. Iz lepenke napravimo pravokotnik, ki ima na treh straneh približno centimetrske zavihke, da lahko zaslon tesno premikamo po škatli naprej in nazaj. V lepenko izrežemo pravokotnik, na katerega nalepimo polprosojni papir (slika 5).

Učenci, ki izdelajo tako napravo, lahko izvedejo še nekaj poskusov. Slike, ki jih vidijo na zaslonu, fotografirajo s fotoaparatom telefona. Spodaj je nekaj posnetkov, narejenih s kamero obskuro.

Slika 9: Fotografija slike zaslona pri posnetku z modelom fotoaparata. Slika je ostra, moteče pikice pa vidimo, ker sliko gledamo skozi polprosojni papir, ki je zrnat.

Vedno ne dobimo enako kakovostnih posnetkov, saj je kakovost odvisna od osvetljenosti objekta, ki ga opazujemo (sončno ali oblačno), od kakovosti pavs-papirja, od tega, kako kamero telefona pritisnemo na kukalo, kako pri modelu fotoaparata izostrimo sliko, kako natančno naredimo luknjice objektiva pri kamer obskuri itd.

Zaključek

Vsi učenci v razredu so v eni šolski uri naredili preprosto kamero obskuro, ki je opisana v prvem delu. Večinoma so bili zadovoljni s svojim izdelkom. Ob poznejšem preverjanju znanja sem ugotovila, da so se ob tem veliko naučili.

Izdelava naprave, opisane v drugem delu, zahteva več truda in nekoliko več tehničnih spretnosti, zato pa je pridobljeno znanje ob izdelavi in preizkušanju mnogo večje. Izdelano napravo lahko več let uporabljamo pri pouku fizike kot učilo, ki ga preizkusijo vsi učenci ter ob tem spoznajo, kako se je fotoaparat razvijal skozi zgodovino.

Ob koncu sestavka zastavimo še nekaj vprašanj, na katera naj bi odgovorili osnovnošolci, ki jih fizika posebej zanima.

1. Kako se spreminjata osvetljenost in ostrina slike, ko večamo luknjico na kameri obskuri?
2. Kam moramo postaviti zaslon, da vidimo ostro sliko, če z modelom fotoaparata gledamo sliko zelo oddaljene zgradbe. Zapišite, kolikšna mora biti ob tem razdalja med lečo in zaslonom, če uporabljamo lečo z goriščno razdaljo 15 cm. Narišite skico za ta primer in potek žarkov.
3. Najprej smo skozi model fotoaparata opazovali ostro sliko zelo oddaljene zgradbe, nato pa želimo opazovati sliko človeka, ki stoji štiri metre pred modelom fotoaparata. Kam moramo premakniti lečo, proti človeku ali proti zaslonu. Odgovor utemeljite z risanjem žarkov.
4. Če vas zanima, kolikšna je goriščna razdalja fotoaparata na pametnem telefonu, poiščite posnetek, ki ste ga napravili, nato izberite možnost Podrobnosti (pri večini telefonov je treba pritisniti oznako ⋮), in v prikazanem besedilu boste našli goriščno razdaljo leče ter čas osvetlitve posnetka.

Viri in literatura

[1] https://sl.wikipedia.org/wiki/Camera_obscura (8. 3. 2022)

[2] UČNI NAČRT. Program osnovna šola. Fizika. (2011). Ljubljana: Ministrstvo za šolstvo in šport: Zavod RS za šolstvo.

Fizikalna delavnica »Vodna eksperimentalnica«

Nina Jereb
Gimnazija Koper

Izvleček

V članku je opisana fizikalna delavnica »Vodna eksperimentalnica«, ki jo je mogoče izvajati tako na prostem kot tudi v učilnici. Gre za nabor praktičnih nalog v povezavi s hidrostatičnim tlakom, ki spodbujajo ustvarjalno razmišljanje in razvijanje fizikalne intuicije tudi s čutnimi zaznavami. Poleg vidne zaznave (kdaj nastanejo zračni mehurčki, kaj se dogaja v cevki …) je vključen tudi tip (kako močno je treba povleči, potisniti rokavico …) Zapisano je, kako je delavnica zasnovana in kako so zastavljene naloge, ki jih dobijo dijaki. Slikovno gradivo ponuja vtis o tem, kako je taka delavnica videti v praksi. Na koncu je podan še opis prilagoditev delavnice, da jo dijaki lahko izvedejo tudi od doma.

Ključne besede: fizikalna delavnica, poskusi, tlak, učila iz preprostih materialov, aktivno učenje.

Physics Workshop »Water Experiment Room«

Abstract

This article describes a physics workshop called „Water Experiment Room," which can take place inside or outside the classroom. Practical hydrostatic pressure-related tasks that stimulate creative thinking and the development of physical intuition through sensory perception include tactile (i.e., how hard to pull and push the glove) and visual perception (i.e., what occurs in the tube during air bubble formation). We document the design of the workshop and the assignment of the tasks to the students. The images depict what such a workshop might look like in practice. In conclusion, the article suggests how to execute the workshop from home.

Keywords: physics workshop, experiments, pressure, teaching aids made of simple materials, active learning.

Na Gimnaziji Koper že nekaj let izvajamo projektni dan »Voda«. Na ta dan imajo vsi dijaki prvega letnika delavnice na to temo. Vključenih je več predmetov, od jezikoslovnih, umetniških, športnih do naravoslovnih, med njimi fizika. V nadaljevanju je opisan potek fizikalne delavnice na takem dnevu.

Delavnice izvajamo na prostem, v primeru dežja pa v učilnicah, ena od izvedb je potekala tudi prek spleta. Zapisane so prilagoditve in pripomočki, ki so potrebni, da lahko dijaki poskuse izvedejo tudi doma.

Projektni dan »Voda« poteka marca, na svetovni dan vode. Zaradi morebitnega neujemanja pri obravnavanju učne snovi je »Vodna eksperimentalnica« zasnovana tako, da predznanje iz hidrostatike ni nujno potrebno. Poudarek je na fizični izkušnji, na občutenju tlaka »na lastni koži«.

Praktična naloga

Naloga dijakov je izdelati »nadvodni akvarij« in raziskati, kako je s tlakom v njem. Gre za akvarij, ki sega nad gladino vode (Slika 3).

Preden se lotijo podviga, naredijo še nekaj uvodnih eksperimentov, s pomočjo katerih spoznajo in tudi občutijo, da se tlak v vodi z globino viša. Nadaljnji poskusi razkrijejo, da je pri dvigu vode nad raven gladine, na primer pri sesanju po slamici ali pri »nadvodnem akvariju«, tlak ob gladini »dvignjene« vode nižji od zunanjega.

Tipanje hidrostatičnega tlaka

Preprost, a učinkovit poskus gre tako: natakneš si gumijasto rokavico ali kar plastično vrečko in roko potopiš v vodo. Globlje kot jo potopiš, višji je hidrostatični tlak in bolj voda »stiska«. Seveda se to dogaja tudi brez rokavice ali vrečke, a je takrat občutek mokrote toliko izrazitejši in na stiskanje nismo pozorni oz. ga sploh ne zaznamo (Naloga 1).

Ročno pihanje mehurčkov

Poskusimo s pomočjo rokavice »pihati« mehurčke. To naredimo tako, da rokavico nataknemo na posodo s primerno veliko odprtino in na posodo namestimo cevko (Slika 1).

Opazujemo, kako s potiskanjem rokavice višamo tlak v posodi, ob tem pa zrak potiska vodo v cevki navzdol. Če tlak dovolj povišamo, zrak pride prav do konca cevke in se v obliki mehurčkov prerine na plano. Globlje ko je spodnji konec cevke, višji tlak je treba z rokavico ustvariti, da se to zgodi (Naloga 2).

Slika 1: Ročno pihanje mehurčkov.

Ročno sesanje po cevki

Posodo z rokavico in cevko zdaj dvignemo nad gladino vode. Z vlečenjem rokavice znižujemo tlak v cevki (Slika 2). Tako vodo v cevki dvigujemo nad raven gladine (Naloga 3). Ker je posoda plastična in ker se tlačna razlika z dviganjem vode veča, stene prej ali slej popustijo. S posodo z rokavico na sliki sem vodo uspela povleči na višino približno enega metra, preden je zunanji zrak posodo stlačil.

Slika 2: Ročno sesanje.

Nadvodni akvarij

Dijaki dobijo večjo, širšo posodo, v kateri je plitka voda. Manjšo, a visoko posodo, ki služi kot akvarij (kozarec za vlaganje, plastenka s širšim vratom ali višja plastična posoda), morajo napolniti z vodo, tako da je ob tem odprtina obrnjena navzdol (Slika 3). Dijaki ne dobijo nobenih namigov, temveč nalogo opravijo, kakor vejo in znajo. Na razpolago imajo gumijasto cevko ali slamice, lahko še pipico (Naloga 4).

Elegantna rešitev je, da s cevjo ali slamicami izpod akvarija izsesajo zrak, s tem v njem znižajo tlak in vodo posrkajo vanj. Namesto sesanja z usti je mogoče uporabiti tudi posodo z rokavico, tako da se z večkratnimi potegi izsesa zrak. Seveda je vmes treba rokavico ponastaviti, tako da se cevka iztakne, zamaši, rokavica potisne nazaj notri in cevka spet natakne. Za ponastavljanje rokavice, ne da bi zrak ušel nazaj v akvarij, je priročno med cev in posodo z rokavico dodati še snemljivo pipico.

Tlak v nadvodnem akvariju

Naslednja naloga je raziskati, kako je s tlakom v posodi in zunaj nje, in sicer s pomočjo tipala za tlak, ki ga dijaki sami izdelajo iz slamice/cevke in balončka. Na Sliki 3 je za balonček uporabljen prst plastične rokavice. Nameščen je na konec rdečega konca slamice. V akvariju se »napihne«, kar nakazuje na to, da je tam tlak nižji (Naloga 5b).

Za mnoge je presenetljivo, da lahko rob akvarija privzdignemo, ne da bi voda stekla ven, če je le spodnji konec posode še vedno pod gladino vode v širši posodi. Globina vode v širši posodi je seveda stvar naše izbire – nekaj centimetrov je dovolj, da cevko brez težav potisnemo v akvarij.

Slika 3: Nadvodni akvarij. Tipalo za tlak.

Kaj, če v akvarij vstavimo en krak cevke v obliki črke U? Glej nalogi 5c in 5d. Kaj se zgodi, če je cevka na začetku polna vode? Kaj pa, če je na začetku polna zraka?

Zato da bi lažje zagotovili, da je cevka na začetku polna vode/zraka, si lahko pomagajo s pipico na zunanjem kraku, gre pa tudi brez nje, in sicer tako, da pri vstavljanju cevke v akvarij luknjo na zunanjem koncu zamašijo s prstom. Pozor, cevka mora biti dovolj tanka, sicer voda steče vanjo, tudi če je na zunanji strani zamašena. Sama sem uporabila cevko notranjega premera 6 mm. To deluje, če poskus izvedeš dovolj hitro. Šele letos sem opazila, da med čakanjem, ko dijaki še kaj premislijo/povejo, voda steče vanjo in poskus ne uspe. Malenkost tanjša cevka bi to zagato rešila.

Če je na začetku v cevki voda, se ob odmašitvi zunanjega konca cevi voda v zunanjem kraku spusti do ravni zunanje gladine vode.

Če je na začetku v cevki zrak, začne ta ob odmašitvi zunanjega konca cevi vdirati v akvarij. Nastajajo mehurčki, gladina vode v akvariju se spušča, dokler se ne izravna z zunanjo gladino. Pri tem je pomembno le, da zagotovimo, da je konec kraka cevke v notranjosti akvarija nad ravnjo vode v širši posodi.

Razvrščanje od največjega do najmanjšega

Dijaki dobijo nalogo, da tlake v različnih točkah v akvariju in zunaj njega razvrstijo od najvišjega do najnižjega (Naloga 6). Ob tem upoštevajo, da je v točkah, ki so v vodi (!) na isti ravni, tlak enak. Poudariti je dobro, da se zunanji tlak na višinski razliki nekaj decimetrov skoraj ne spremeni. Privzamemo lahko torej, da je zračni tlak v okolici akvarija povsod enak.

Tlak na gladini vode je enak tlaku v zraku nad njo. Na gladini vode zunaj akvarija je tako tlak enak zunanjemu zračnemu tlaku p_0. Na gladini vode v akvariju je tlak enak tlaku v zraku, ki je še ujet v akvariju. Ta tlak pa je nižji od zunanjega zračnega tlaka, saj smo ravno z nižanjem tlaka (sesanjem) vodo spravili v akvarij.

Riba v nadvodnem akvariju

Za konec dijaki izdelajo ribo. Na voljo je nekaj materiala z gostoto, ki je večja od gostote vode (sponke, trša aluminijasta folija), in nekaj materiala z manjšo gostoto (moosh guma). Izziv je narediti tako, da v vodi »plava« v legi, kot si prvotno zamislijo.

Potek delavnice na prostem

Naloga 1

Natakni vrečko na roko in jo potopi v vodo tako, da roka v vrečki ostane suha. Kakšen je občutek?

Naloga 2

Po cevi **brez pihanja »pihaj« zračne mehurčke**. Na voljo imaš posodo z luknjo in rokavico. Cevko potopi na različne globine in opazuj razliko. Kdaj mora biti tlak v cevki za ustvarjanje mehurčkov najvišji? Kako to zaznaš?

Naloga 3

En konec cevke naj bo v vodi, drugega pa dvigni čim višje, in ne da bi si pomagal z usti, »posesaj« vodo po njej. Pripomočki so enaki kot p ri prejšnji nalogi. Ali je višina, na katero posesaš vodo, odvisna od podtlaka, ki ga ustvariš v cevki?

Bi lahko, če dolžina cevke in moč sesanja ne bi bili ovira, vodo posesal poljubno visoko?

Naloga 4

Naredi nadvodni akvarij. Opiši svoj postopek polnjenja takega akvarija.

Naloga 5

Razišči tlak v nadvodnem akvariju.

a) Poskusi »otipati« tlak z vrečko kot v Nalogi 1. Pazi, da notranjost vrečke ostane suha.

b) Izdelaj tipalo za tlak – balonček na koncu slamice se skrči, če je tlak v vodi višji od zunanjega, sicer se napihne.

c) Kaj se zgodi, če cevko postaviš v narisani položaj (levo)? Cevka je na začetku polna vode.

Najprej razmisli, opiši in vriši predvidevanje, šele nato poskusi.

Vriši še dejanski izid poskusa in zapiši ugotovitve.

Začetno stanje

Pričakovani izid

Dejanski izid poskusa

d) Kaj se zgodi, če je v cevki na začetku zrak?

Razmisli. Zapiši in nariši svoje predvidevanje.

Poskusi. Zapiši in skiciraj ugotovitve.

Začetno stanje | Pričakovani izid | Dejanski izid poskusa

Naloga 6

Tlake v označenih točkah razvrsti od najvišjega do najnižjega. Označi tudi, če sta tlaka približno enaka.

Pripomočki za eno skupino:

- plastična vrečka,
- plitka posoda,
- visoka posoda,
- pipica (neobvezno),
- daljša cevka,
- krajša, tanka cevka,
- rokavica iz lateksa,
- posoda za natikanje rokavice z izhodom za cevko. Uporabila sem uvodnico *PG7*, ki se prilega cevki z zunanjim premerom 8 mm. Pozor, notranji premer uvodnice dane velikosti lahko nekoliko variira, odvisno od proizvajalca. V posodi so bili pred tem slani krekerji. Druga, trpežnejša verzija je narejena iz trše plastične posode. Luknja za cevko je kar zvrtana, cevka se zelo tesno prilega. Odrezana je na nekaj centimetrih. Daljšo cevko je mogoče prek pipice natakniti nanjo (Slika 4),
- prst plastične rokavice,
- lepilni trak,
- koščki debelejše aluminijaste folije, spenjač, sponke, penasta guma (za ribo, če ostane čas).

Slika 4:
a) posoda z izhodom za cevko,
b) trpežnejša različica posode, snemljiva pipica.

* Priročno je, da ima učitelj pri sebi še tesnilni trak za hitro zatesnitev (= nekakšen tesnilni »žvečilni gumi«).

Delavnica prek Zooma

Vsebina je podobna kot pri delavnici na prostem. V nadaljevanju so napisane prilagoditve glede pripomočkov. Te si udeleženec priskrbi pred delavnico.

Naloga 1

– Plastična vrečka, ki ne pušča (Slika 5).

Slika 5: Domače tipalo za tlak.

Naloga 2, 3

V domači izvedbi poskusa (glej delavnico na prostem) naredijo kar s pihanjem, sesanjem – brez posode z rokavico. Kako je piti iz kozarca, ki je veliko nižje od ust? Kako je pihati mehurčke, če cevko potopiš zelo globoko pod vodo?

– Gumijasta cevka dolžine vsaj 0,5 m (npr. za pretakanje vina) ali slamice, ki jih »podaljšate« tako, da jih zlepite z lepilnim trakom eno za drugo

Slika 6: Izvajanje delavnice doma – nadvodni akvarij, poročilo …

Naloga 4, 5

– Večja posoda za vodo – npr. plastični umivalnik za perilo, banjica ali vedro.
– Čim višja prozorna posoda za nadvodni akvarij (visok kozarec ali kozarec za vlaganje ali vaza ali plastenka – 1,5 l – s širšim vratom …)
– Cevka, ki jo je mogoče oblikovati v črko U, npr. dve slamici s prepogibom, sestavljeni skupaj. S papirnatimi slamicami je to težje izvesti – potrebne je več iznajdljivosti.
– Plastična rokavica za enkratno uporabo za tipalo za tlak (dobijo se na bencinski črpalki ali v trgovini pri sadju).

Naloga 6

Enako kot pri delavnici na prostem.

– Zvezek, pisalo

Delavnica je številnim dijakom zanimiva zato, ker lahko z iznajdljivostjo sami pridejo do rešitve, pa tudi zato, ker izziva njihove predstave. Predvsem jih preseneti, da voda ne izteče iz nadvodnega akvarija, tudi ko akvarij privzdignejo, če je le njegov rob še vedno v vodi. Težko sprejmejo, da je lahko pod vodno gladino tlak nižji od zunanjega zračnega tlaka, ko pa opažanja povežejo z izkušnjo (npr. to, da morajo, da bi vodo »potegnili« v akvarij, nad gladino v akvariju izsesati zrak in s tem znižati tlak), stvari dobijo smisel.

Vodoravni curek

mag. Jože Pernar
Zavod Republike Slovenije za šolstvo

Izvleček
Prispevek prikazuje praktični primer izbirne vsebine vodoravnega meta od avtentičnega timskega dela do sestave vsestransko uporabne eksperimentalne vaje, ki je svoje cilje dosegla tudi v času pouka na daljavo. V gimnazijskem programu je bila vaja preizkušena in evalvirana, za potrebe osnovne šole pa je bila prilagojena med pripravo tega prispevka.

Ključne besede: aktivno učenje, fizikalni eksperiment, vodoravni met, hidrostatični tlak, fizika.

Horizontal Jet

Abstract
This paper provides a practical example of the optional activity on the horizontal throw, ranging from authentic teamwork to the versatile experimental exercise development that met its objectives despite distance learning. While preparing the paper, the exercise was tested and evaluated in a secondary school curriculum and adapted to suit primary school students' needs.

Keywords: active learning, physics experiment, horizontal throw, hydrostatic pressure, physics.

Uvod
Zgodi se ura, ki si jo učitelj zapomni za vedno. Vse se je začelo pred približno sedmimi leti, v prvem letniku tehniške gimnazije, brez posebnih priprav in opreme. Skratka popolnoma normalna in vsakdanja ura. Ključna je bila risba oziroma tabelska slika. Ta je od dijakov zahtevala premislek in skupinsko (ekipe s po štirimi dijaki) ugotovitev, kaj bosta zabeležili kameri. Prva kamera (K1) je snemala tloris poskusa vodoravnega meta, druga (K2) pa stranski pogled v ravnini padanja. Virtualni poskus je spodbudil razmišljanje in razdelil dijake na dve skupini. Prvi izziv je bil abstraktno razmišljanje o tem, kaj bosta zabeležili kameri, drugi pa o posledici. Kakšno gibanje bo mogoče razbrati iz »posnete« sekvence? Potrebna je bila poenostavljena določitev, da se velikost žoge zaradi oddaljevanja ali približevanja kameri ne spreminja. Gibanje telesa je bilo treba opazovati zgolj kot gibanje točkastega telesa. Razprava in argumentacija stališč različno razmišljujočih skupin in postavljanje hipotez sta bili vrhunec te edinstvene učne ure. Pogovoru, razpravi in prepričevanju je sledilo risanje grafov odvisnosti hitrosti od časa. Malce presenetljivo je ravno ta aktivnost poenotila večino dijakov k pravilnim ugotovitvam.

Virtualni poskus je spodbudil razmišljanje in razdelil dijake na dve skupini.

Zgodila se je še ena zanimivost. Da ne bi vedno omenjali kroglice, topa in streljanja, smo izbrali nogometaša, ki brcne žogo. Ob omembi žoge in primerjavi s kroglico so ekipe spreminjale mnenja. Očitno so dijaki razmišljali o kroglici kot telesu, na katero okolica ne vpliva bistveno. Nogometna žoga pa je že obsežno telo, na katero okolica znatno vpliva (upor, sprememba velikosti kadra padanja, »felšanje« žoge – Magnusov pojav).

Gibanje telesa je bilo treba opazovati zgolj kot gibanje točkastega telesa.

Celotna debata in razprava sta se končali z dokaj poenotenim mnenjem: telo pada po načelu prostega pada in se vodoravno giblje enakomerno. Nekaj dijakov pa je še vedno vztrajalo pri svojih hipotezah, da enakomerno gibanje ne more biti prisotno pri padajočem telesu. Dogovorili smo se, da vsebino poglobljeno raziščemo in nadaljujemo pri eksperimentalnih vajah. Pri tem smo se preizkusili z malo drugačno izvedbo poskusa. Vodni curek z vodoravno postavlje-

Slika 1: Tabelska slika obravnave vodoravnega meta.

nim iztokom (odprtina s slamico) zagotavlja kontinuiteto eksperimenta in hkrati ponazarja princip vodoravnega meta. Tega met kroglice ne omogoča.

Primerjava klasične vaje vodoravnega meta z vajo z vodoravnim curkom

Večina, ki izvaja vajo vodoravnega meta, to stori s prirejenim vzmetnim topom ali z ukrivljeno cevjo. Značilnosti in prednosti posameznih izvedb so različne.

Slika 2: Primer vaje z vzmetnim topom.

Slika 3: Primer vaje z ukrivljeno cevjo.

Prednosti in slabosti

Naloga z vzmetnim topom je v stalnem naboru vaj večine učiteljev. Verjetno se na vsaki šoli najde neka oblika katapulta oziroma napravice, ki s pomočjo vzmeti potisne predmet – kroglico v želeni smeri.

– Prva slabost te izvedbe se pojavi v primeru močne vzmeti in kovinske kroglice. Ta v skrajnem položaju postane izstrelek in je lahko nevarna za dijaka, ki beleži pristanek telesa. Velja poudariti dejavnik varnosti pri izvajanju vaje z več dijaki. Nevarnost nastopi, če prvi dijak nižje na tleh beleži domet predmeta, drugi pa že pripravlja novo izstrelitev. Samo sprožitev v takšni situaciji ni zaželena. Težnja tovrstnih vzmetnih topov pa je prav pogosto proženje brez nadzora.
– Prednost te vaje je možnost večstopenjskih nastavitev proženja. Če imamo opravka s topom, ki ima več zatičev, lahko spreminjamo začetno hitrost izstrelka. Napetost vzmeti nam tako omogoča različne domete.
– Omenjeni sistem je tudi zelo prilagodljiv in nezahteven za merjenje. Hitra namestitev na stativ nam omogoča takojšnje delo.
– Vodoravni met z ukrivljeno cevjo potrebuje podobno varnostno komponento kot prvi primer. Treba je paziti, kdaj se kroglica spušča po cevi. Večje krogle lahko dosežejo znatno gibalno količino. Primer: Jeklena kroglica premera 2 cm in mase 40 g lahko pri spustu z višine enega metra na koncu ukrivljene cevi doseže gibalno količino, ki ob udarcu resno poškoduje glavo.

Prednost te vaje je možnost večstopenjskih nastavitev proženja.

FIZIKA - EKSPERIMENTALNE VAJE

2-9V-16 Vodoravni curek

Oprema in pripomočki:

-Plastenke (različne velikosti)	1
-Slamice	1
-Posoda (korito)	1
-Ravnilo	1
-Tračni meter	1
-Menzura	1
-Dvižna mizica	1

Praktični nasveti:

-Izberite plastenko (*slika1*), s katero boste opazovali in merili vodni curek.
- Slamico vstavite v objemko z matico. Privijačite jo samo toliko, da iztok ne bo pušča! (*slika 2*).
- Dolžina slamice od plastenke naj bo 1 cm.
- Plastenko postavite na rob mize ali na dvižno mizico (*slika 3*).
- Na tla pred plastenko postavite korito, kamor se bo iztekala voda.
- Curek vode usmerite v posodo. Posodo najprej dvignite, da "ujamete" curek.

Naloge:

1.) Opazujte curek med iztekanjem vode iz plastenke v poskusu, ki je na *sliki 3*.
Predlagajte in zapišite čim več fizikalnih količin, ki po vašem mnenju vplivajo na domet curka.
2.) Raziščite, kako vplivata na domet curka navpična razdalja od odprtine v posodi do tal (H) in razdalja od gladine vode v posodi do odprtine (h) iz katere voda izteka.
Kaj pomeni »raziščite, kako neka količina "A" vpliva na domet curka«? To pomeni: sestavite poskus, pri katerem boste lahko spreminjali količino "A" in merili domet.
3.)Narišite risbo poizkusa in kotirajte ključne količine za ta poizkus.
V literaturi ste našli naslednji matematični izraz, ki opisuje domet curka v poskusu in je podoben vašemu: $x = 2\sqrt{h.H}$
Prebrali ste tudi, da izraz velja le v primerih, ko lahko zanemarimo zračni upor in upor pri iztekanju vode iz posode.
4.) Z uporabo prej omenjenega izraza izračunajte domete za podatke v vaših poskusih. Primerjajte izračunane in izmerjene vrednosti in pojasnite možne razloge za odstopanja med izračunanimi in izmerjenimi vrednostmi.
5.) Sodeč po omenjenem izrazu, domet curka ni odvisen od površine preseka posode. Pojasnite, zakaj presek posode ne vpliva na domet curka.
6.) Vaš sošolec je na podlagi meritev, ki ste jih opravili, podal naslednjo trditev: »Domet vodnega curka je sorazmeren s količino vode v posodi.« Dopolnite ali popravite njegovo trditev, tako da bo pravilna.
7.) Dodatno vprašanje: Sodeč po prej omenjenem izrazu, domet curka ni odvisen niti od gravitacijskega pospeška. Pojasnite, kako to, da velikost gravitacijskega pospeška ne vpliva na domet curka.
8.)Primerjajte vaše rezultate in ugotovitve z drugimi skupinami, ki so merili z različnimi plastenkami.

Slika 4: Eksperimentalna vaja: Vodoravni curek za srednjo šolo in gimnazijo.
Avtor: J. Pernar

– Spuščanje kroglic po cevi omogoča poljubno število hitrosti na izteku iz cevi glede na to, koliko prožilnih luknjic si pripravimo (višine proženja navpičnega dela cevi).
– Ukrivljena cev nam nudi spuščanje različno velikih kroglic.
– Dobro ukrivljene cevi z velikim polmerom ni enostavno izdelati. Odvodne plastične cevi so primerne tako zaradi trpežnosti kot cene. Serijska kolena pa žal nimajo dovolj velikega polmera, da se krogla ne bi pretirano ustavljala. Zato je treba ravno cev zviti v čim daljšem loku. Praktični pristop k temu je zelo zahteven. Pri segrevanju pogosto nastanejo nezaželene grbine in rebra. Polnjenje z mivko in krivljenje z vročim sušilnikom pa je že mojstrski podvig.

Vodoravni curek – samostojna vaja

Vaja je bila poleg rednega pouka in pouka na daljavo predstavljena v sklopu stalnega strokovnega spopolnjevanja za učitelje fizike na Oddelku za fiziko FMF, UL (2016/17) [1].

Delovni list vsebuje poleg nalog tudi kratka navodila, ki služijo kot praktični nasveti. To ni navodilo v obliki recepta. So le namigi, ki premostijo začetne dvome pri izbiri in postavitvi opreme. Poudarjeni so krajši čas učenja učnih vsebin, povečana motivacija, vključenost in uživanje v učnem procesu.

Delovni list vsebuje poleg nalog tudi kratka navodila, ki služijo kot praktični nasveti.

Prednosti vodoravnega curka

Varnost je pri tej izvedbi vaje največja. Razen morebitnih mokrih nogavic in copatov ni drugih nezaželenih učinkov.

– Vodoravno tirnico lahko zabeležimo ali fotografiramo na več načinov.
– S spreminjanjem višine kapljevine v posodi lahko zagotovimo različne parabole curka.
– Voda v prostoru (učilnici ali laboratoriju) lahko predstavlja nezaželene »poplave«.
– Vaja nakazuje na različne možnosti razvoja in usmerjanja (zaprta posoda, različne iztočne odprtine, oblike presekov curka …)

Vodoravno tirnico lahko zabeležimo ali fotografiramo na več načinov.

Analiza po opravljenih vajah v šoli

V šoli so vajo izvajali dijaki v skupinah po tri in štiri. Zanimiva je bila že začetna razprava o izbiri plastenke. Izbira je bila mogoča med posodami z različno prostornino in velikostjo. Najmanjša je vsebovala 0,5 litra in največja 5 litrov. Vse so imele vgrajen čep z iztokom.

Nekatere skupine so že po začetnih poskusih ugotovile, da njihova izbira plastenke ni bila najustreznejša. Manjše posode ne omogočajo daljšega opazovanja in merjenja. Največje posode so pokazale pomanjkljivosti

Slika 5: Različne plastenke, med katerimi lahko izbirajo učenci.

Sliki 6 in 7: Načini merjenja s pomočjo svinčnice.

Slika 8: Pomoč s kovinsko palico.

prelivanja in oskrbovanja z zadostno količino vode. Pogoj za zamenjavo plastenk je bila ustrezno zapisana obrazložitev v poročilu izdelane vaje.

V ekipah se naloge običajno razdelijo. Pri tej vaji je to pomembno. Dijaki so izbirali različne metode in načine merjenja. Pri tem so izkazali svojo iznajdljivost z uporabo zelo različnih meril, njihove postavitve (nad posodo, pod prozorno posodo, v posodo – plastična merila) in dodatne opreme (palice, vrvice, svinčnice).

Pri določanju dometa curka so nekatere skupine ubirale zanimive načine merjenja. Zaradi iztekanja vode iz posode se domet spreminja. Nekateri so privzeli idejo, da ohranijo domet z dviganjem posode in spreminjanjem višine H (navpična razdalja od odprtine do tal). Drugi so sproti dolivali izteklo količino vode. Nekateri so celo pihali v posodo in ohranjali domet s spremembo zračnega tlaka v posodi. Različni pristopi so pri končnih predstavitvah izvedb izzvali razpravo, ki se je končala z enakimi rezultati in ugotovitvami. Ta način dela lahko poimenujemo avtentičen znanstveni pristop. Na to je treba dijake tudi opozoriti in to pomembno dejstvo poudariti.

Različni pristopi so pri končnih predstavitvah izvedb izzvali razpravo, ki se je končala z enakimi rezultati in ugotovitvami.

Slika 9: Primer dviganja curka.

Samoevalvacija in tabele ISLE

Pri eksperimentalni vaji je bila uporabljena metoda samoevalvacije s pomočjo tabele [2]. Aktivnosti so bile zasnovane po načelu ciklov ISLE [3]. Dijaki so bili seznanjeni z vsebino in pomenom tabele že pred pričetkom izvajanja vaj. Med izvajanjem in pripravo poročila so lahko sledili rubrikam sposobnosti, ki so predvidene za uspešno opravljeno delo. Delo po korakih se prične z izbiro opreme, bazičnim opazovalnim poskusom, napovedmi in ponovitvijo vsebin, ponovitvami opazovalnih poskusov, oblikovanjem razlag in izvedbo testnih ter praktičnih poskusov. V nadaljevanju metoda vodi do izdelave diagramov, sistemskih risb in obdelave izmerjenih količin oziroma opaženih značilnosti poskusa. Cikel se konča z reševanjem realnih problemov v slogu razmišljanja kot »pravi« fizik. Pri tem je pomembno, da skupine svoje ugotovitve in predvsem rezultate med sabo primerjajo. To je osnova znanstvenega pristopa, ki ga pri tej vaji lahko spodbudimo. Začetni pogoji z izbiro različnih plastenk (različna izhodišča) in različni poskusi ter pristopi nudijo primerjavo (enakih ali podobnih) rezultatov. Kriteriji v tabeli omogočajo dijaku, da svoje izdelke – poročila vseskozi vrednoti in jih dopolnjuje ter posodablja do največje mogoče mere in želenih ciljev. Cikli se lahko nadaljujejo do končnega izdelka.

Aktivnosti so bile zasnovane po načelu ciklov ISLE.

Vaja na daljavo

Vaja na daljavo zahteva poleg delovnega lista dodatno navodilo o izdelavi pripomočkov in nujne opreme, ki je potrebna za uspešno izvedbo. Skoraj vsa oprema je enostavna in doseglji-

va vsakomur. Pri izvedbi doma so dijaki podobno kot v šoli sami izbirali, kakšno plastenko bodo uporabili. Tokrat verjetno niso imeli na voljo šestih različnih prostornin, temveč so vzeli to, kar so našli doma.

Navodilo je stripovske narave (slika za sliko). Omogoča postopno pripravo in natančna navodila z vsemi poudarki in opozorili za izbor ter pripravo gradiva.

Rezultati meritev in poročila vaje, izvedene doma in v šoli, so bili različni. Jasno je bila vidna individualna izvedba, ki v večini poročil ni dosegala šolskih rezultatov. Vaje doma so bile obremenjene z izzivom, da se opravijo. Vzrok za to je verjetno tudi individualni pristop. Snovanje in dogovarjanje v skupinah se je izkazalo za uspešnejše. Samostojno delo doma je bilo v več primerih tudi pomanjkljivo, še posebej, če niso imeli pomoči (»več rok«). Kljub omenjenim in pričakovanim pomanjkljivostim so vajo pozitivno ocenili tako dijaki kot učitelj. V izrednih razmerah pouka na daljavo je dosegla svoj namen.

Vodoravni curek – navodilo za pripravo opreme

Eksperimentalna vaja – pouk na daljavo

V šolskem laboratoriju izvajamo eksperimentalno vajo po navodilu:
http://www2.arnes.si/~sssknm1/eksperimentalne/vodni_curek_delovna.pdf

Pri učenju na daljavo bomo morali pred izvedbo te vaje pripraviti ustrezno posodo, iz katere bo »curljala« voda.

Priprava plastenke
Za pripravo curka, ki bo primeren za opazovanje in fizikalni opis, bomo potrebovali nekaj pripomočkov:

Dobro pripravljena plastenka ustvari razločno viden curek. Ta ponazarja vodoravni met.

Za šolski poskus je plastenka opremljena z električno »uvodnico«, ki zatesni slamico.

Doma bomo pripravili enostavno pripravo za iztekanje vode. Izbrati je treba malo višjo plastenko (priporočljiva prostornina 1,5 litra). Na sliki je večja s prostornino 3 litre. Malo nad dnom plastenke pripravimo luknjico. Lahko jo izvrtamo z ustreznim svedrom, a so poskusi pokazali boljše iztekanje vode, če luknjico »pretopimo« z vročim šilom ali žebljem. POZOR: Žeblja ne držite v roki, ko ga segrevate – TOPLOTNA PREVODNOST!

Na sveči segrejemo šilo. Z njim preluknjamo plastenko na spodnjem delu.

Košček slamice vstavimo v luknjo.

Zatesnimo lahko s plastelinom ...

... ali pa celo z žvečilko ali z voskom sveče, s katero smo segreli šilo.

Z malo kapljanja pa se vodoravni curek ustvari tudi brez slamice.

Za dolivanje vode potrebujemo še lijak.

Slika 10: Navodilo za pripravo opreme.
Avtor: J. Pernar

Vaja, prilagojena za osnovno šolo

Z nekaj spremembami in drugačnimi vprašanji lahko vajo opravijo tudi osnovnošolci. Delovni list je prilagojen in prav tako lahko služi pri izvedbi na šoli ali za samostojno delo doma. Spremenjen in prilagojen delovni list temelji bolj na opazovanju in manj na empiričnih zaključkih ter poglobljenih fizikalnih vsebinah. Poudarek je na učni vsebini tlaka v tekočinah. Po veljavnem učnem načrtu [4] naj učenci dosežejo naslednje operativne cilje:

– raziščejo, kako se prenaša povečanje tlaka v tekočini v zaprti posodi,
– ugotovijo smer sil zaradi tlaka tekočine na ploskev telesa in na steno posode,
– ugotovijo, od česa je odvisen tlak v mirujoči tekočini,
– uporabijo enačbo za računanje spremembe tlaka v tekočini,
– razložijo, da teža zraka povzroča tlak, in poznajo normalni zračni tlak,

Delovni list je prilagojen in prav tako lahko služi pri izvedbi na šoli ali za samostojno delo doma.

– uporabijo enačbo za računanje tlaka v kapljevinah z upoštevanjem normalnega zračnega tlaka.

FIZIKA - EKSPERIMENTALNE VAJE

1-22V-OŠ Vodni curek

Oprema in pripomočki:

-Plastenke (različne velikosti)	1
-Slamice	1
-Posoda (korito)	1
-Ravnilo	1
-Tračni meter	1
-Menzura	1
-Dvižna mizica	1

Praktični nasveti:

-Izberite plastenko (*slika 1*), s katero boste opazovali in merili vodni curek.
- Slamico vstavite v objemko z matico. Privijačite jo samo toliko, da iztok ne bo pušča! (*slika 2*).
- Dolžina slamice od plastenke naj bo 1 cm.
- Plastenko postavite na rob mize ali na dvižno mizico (*slika 3*).
- Na tla pred plastenko postavite korito, kamor se bo iztekala voda.
- Curek vode usmerite v posodo. Posodo najprej dvignite, da "ujamete" curek.

Naloge:

1.) Opazujte curek med iztekanjem vode iz plastenke v poskusu, kot je na prikazan na *sliki 3*.
2.) Predlagajte in zapišite čim več fizikalnih količin, ki po vašem mnenju vplivajo na domet curka. Kaj predstavlja domet curka?
3.) Narišite risbo poskusa in na njej označite glavne fizikalne količine (*H, h, x...*). Bodite pozorni pri risanju krivulje curka! Kako bi opisali krivuljo?
4.) Raziščite, kako vplivata na domet curka navpična razdalja od odprtine v posodi do tal (*H*)
5.) Ugotovite tudi kako vpliva na domet razdalja od gladine vode v posodi do odprtine (*h*) iz katere voda izteka.
6.) Kako višina vode (*h*) vpliva na tlak v posodi ob iztekanju? Izračunajte vsaj 4 tlake v točkah, ki označite na svoji risbi.
7.) Katera količina v poskusu dokazuje vašo napoved o različnih tlakih?
8.) Narišite diagram odvisnosti dveh količin za prejšnji poskus.
9.) Kaj se zgodi, če plastenko zaprete z zamaškom? Kaj vpliva na iztekanje vode? Kakšno vlogo ima pri tem zračni tlak?
10.) Ali na domet curka vpliva površina posode? Kako to lahko raziščete?
11.) Vaš sošolec je na podlagi meritev, ki ste jih opravili, podal naslednjo trditev: »Tlak ob odprtini curka je sorazmeren s količino vode v posodi.« Dopolnite ali popravite njegovo trditev, tako da bo pravilna.
12.)Primerjajte vaše rezultate in ugotovitve z drugimi skupinami, ki so merili z različnimi posodami (plastenkami).

Slika 11: Eksperimentalna vaja: Tlak v tekočinah za osnovno šolo.
Avtor: J. Pernar

Priloga za pripravo eksperimenta doma je enaka kot za srednješolce.

Vsebine in kvalitativna vprašanja

Vsebina vodoravnega meta je v učnem načrtu za gimnazije [5] uvrščena med izbirne vsebine. Vodoravni met razstavimo na prosto padanje in enakomerno gibanje ter računamo domet in trenutno hitrost. Čeprav gre za ravninsko gibanje, del vsebin terja prostorsko predstavo. Kljub izbirnosti vsebine je mogoče z omenjeno vajo povezati kar nekaj zelo splošnih znanj. Povezave med prostim padom, enakomernim gibanjem, tlakom v tekočini (kapljevini in plinu) ter praktičnim merjenjem so dobrodošle in zanimive. Raziskovalskemu učitelju pa se vedno postavi vprašanje, ali so dijaki/učenci usvojili neko vsebino površinsko le zato, da zadostijo šolskim zahtevam, ali pa so vsebino dojeli poglobljeno in razumejo bistvo. S kvantitativnimi vprašanji bomo najverjetneje dosegli prvo. Kvalitativna vprašanja zagotovijo večjo aktivnost dijakov in višjo raven kognitivnega procesa. Predvsem pri takih vprašanjih pričakujemo izražanje z besedami. Opisi, izmenjava mnenj, postavljanje hipotez, konstruktivni »prepiri«,

Čeprav gre za ravninsko gibanje, del vsebin terja prostorsko predstavo.

pisanje besedil in poročil so prednost kvalitativnih vprašanj. Besedilno izražanje je tudi pri naravoslovnem predmetu, kot je fizika, vedno pomembnejše.

Zaključek

Cilj, pripraviti vajo, ki je primerna tako za delo v šolskem laboratoriju kot za samostojno eksperimentalno delo doma, je bil dosežen. Zelo tvegano bi bilo zapisati, da je vaja boljša od ustaljenih poskusov s kroglicami. Nimamo dovolj zanesljivih standardov in merskih metod, ki bi dokazale večji uspeh pri poučevanju določene aktivnosti. Je pa zaželeno, da učitelj razmišlja o svojem poučevalskem raziskovanju, kot ga navaja naš bivši profesor Strnad v svojem delu O poučevanju fizike [6].

Cilj, pripraviti vajo, ki je primerna tako za delo v šolskem laboratoriju kot za samostojno eksperimentalno delo doma, je bil dosežen.

Med prekinitvama rednega pouka zaradi epidemije so dijaki vajo izvajali tudi na daljavo. Tako izvedba v šoli kot kasneje doma se je izkazala za primerno in uporabno. Dijaki so izrazili pozitivno mnenje o zanimivosti vaje. Bilo je nekaj pripomb, da izvedba vaje zahteva veliko priprav. Žal v razmerah pouka na daljavo eksperimentalne vaje ni mogoče opraviti drugače, kot da si pripomočke pripravimo in prilagodimo z nekaj več truda in časa.

Pri drugem vprašanju vaje za srednjo šolo in gimnazijo so se pojavile določene težave. To vprašanje zahteva poleg znanja vsebin fizike tudi višjo raven kognitivnega razmišljanja in sklepanja. Pri delu v skupinah se je razvila konstruktivna debata, kaj vprašanje pravzaprav zahteva. Ravno to ekipno sklepanje in pojasnjevanje sta pomenila veliko prednost pred individualnim izvajanjem vaje pri pouku na daljavo. Tudi pri dodatnem osmem vprašanju je bilo potrebnega več abstraktnega razmišljanja, kar je bilo tudi pričakovati. Zato je bilo to označeno kot dodatna in neobvezna naloga.

Vaja v osnovni šoli še ni bila izvedena. Prilagojena je bila med pripravljanjem prispevka. Avtor pričakuje kakršne koli odzive in pripombe ob in po izvedbi vaje.

Kontinuiteta poskusa je največja pridobitev te vaje. Stalno obliko in domet curka lahko vzdržujemo s sprotnim dotakanjem. To je za zgodnje opazovanje in raziskovanje velika prednost v primerjavi s hitrimi »izmeti« ter tirnicami s kroglicami.

Viri

[1] Stalno strokovno spopolnjevanje za učitelje fizike, FMF, UL., 25. 3. 2017. [Elektronski]. http://sss.fmf.uni-lj.si/index.php?mode=4. [Poskus dostopa 28. 2. 2022].

[2] B. Planinšič, SSS – stalno strokovno spopolnjevanje, FMF Ljubljana, 25. 3. 2017. [Elektronski]. http://sss.fmf.uni-lj.si/data/288.pdf. [Poskus dostopa 25. 3. 2022].

[3] G. in E. E. Planinšič, Physics Experiment as an integral part, 24. 11. 2014. [Elektronski]. http://sss.fmf.uni-lj.si/data/267.pdf. [Poskus dostopa 25. 3. 2022].

[4] Učni načrt za fiziko OŠ, MIZS, 22. 3. 2022. [Elektronski]. https://www.gov.si/assets/ministrstva/MIZS/Dokumenti/Osnovna-sola/Ucni-nacrti/obvezni/UN_fizika.pdf.

[5] „Učni načrt za fiziko na gimnaziji," 22 3 2022. [Elektronski]. Available: http://eportal.mss.edus.si/msswww/programi2018/programi/media/pdf/ucni_nacrti/UN_FIZIKA_gimn.pdf.

[6] J. Strnad. (2006). *O poučevanju fizike*. Ljubljana: DMFA - založništvo.

Pouk fizike v naravi

dr. Milan Ambrožič
Osnovna šola Solkan

Mojca Milone
Osnovna šola Solkan

Izvleček
Podani so primeri skupinskih poskusov za pouk fizike v naravi na temo dela in energijskih pretvorb. Poleg poskusov z nekaj praktičnimi napotki opišemo nekaj izkušenj s takšnim poukom junija 2022 v Borovem gozdičku v Novi Gorici. Udeležili so se ga učenci devetega razreda OŠ Solkan, ki so takšno delo dobro sprejeli. V okviru občinskega participativnega proračuna Mestne občine Nova Gorica je bil namreč leta 2020 prijavljen in pozneje po glasovanju občanov prek spleta sprejet projekt o učilnici v Borovem gozdičku za osnovne šole, ki poleg fizike predvideva tudi druge šolske predmete.

Ključne besede: učilnica v naravi, eksperimentalno delo, participativni občinski proračun.

Outdoor Physics

Abstract
The article provides examples of group experiments and their practical implications for outdoor physics lessons on work and energy transformations. In addition, it draws on the experience of such a lesson conducted in June 2022 in Borov gozdiček City Park in Nova Gorica, which was well-received by the students of Grade 9 of the Solkan Primary School. A project proposal for a primary school classroom in Borov gozdiček, which includes physics as well as other school subjects, was submitted in 2020 as part of the participatory budget of the Municipality of Nova Gorica and was later adopted following an online vote of citizens.

Keywords: outdoor classroom, experimental work, participatory budgeting.

1 Uvod
Uspešno pedagoško delo od učiteljev zahteva teoretično znanje, pedagoške in didaktične izkušnje ter predvsem poznavanje zakonitosti motivacije [1–3]. Veliko dodatnih izkušenj, kako med drugim motivirati osnovnošolce pa tudi dijake, študente in predšolske otroke, s poudarkom na razvoju ustreznih kompetenc, je bilo nabranih tudi med triletnim nacionalnim projektom *Razvoj naravoslovnih kompetenc* [4, 5]. Za uspešne učne in poučevalne strategije so se izkazali prijemi z neposrednim raziskovalnim delom učencev in konstruktivističnimi pristopi [6–9]. Repnik je pokazal, kako je mogoče aktualne fizikalne vsebine uspešno vnašati v tradicionalni osnovnošolski pouk [10]. Nekoliko nenavadnejši poskusi in skupinsko delo so se prav tako izkazali kot zelo konstruktivni [11–13].

Za današnje mlajše generacije je značilna množična uporaba sodobnih tehničnih pripomočkov, predvsem informacijsko-komunikacijske tehnologije (IKT). To se spodbuja tudi pri pouku v osnovni šoli, kar je seveda dobrodošlo, po drugi strani pa pomeni tudi določene nevarnosti. Otrok, ki že od malih nog odrašča ob pametnem telefonu, računalniku, elektronskih aplikacijah in videoigrah, lahko izgubi veliko pristnega stika z naravo pa tudi giblje se premalo. Dalje, učenje množice aplikacij še ne pomeni krepitve najvišjih umskih zmožnosti. Če je nekomu vse »prineseno na krožniku«, nastane nevarnost, da ne bo razvil niti kritičnega mišljenja niti analitičnih sposobnosti in vztrajnosti pri globinski obravnavi raznih nalog in problemov. Ni treba poznati strokovne didaktične literature, da je opazen očiten padec pismenosti pri mlajših generacijah. Medtem ko so včasih opozarjali, da se v šoli preveč poudarja konvergentni način razmišljanja na škodo divergentnega, je morda danes problem prav nasproten.

Šolsko delo v spremenjenem okolju, npr. zunaj učilnice, lahko daje učencem dodatno motivacijo. S proble-

mom organiziranja zunanje učilnice (terenskega dela) so se ukvarjali tudi Repnik in drugi [14]. Pri učenju v naravi je tako v sodobnem času mogoče kombinirati tehnologijo, npr. IKT, z naravnimi in preprostimi pripomočki, posebej pri poskusih. Borov gozdiček v Novi Gorici je primerno okolje za nekatere poskuse in opazovanja pri naravoslovnih predmetih, za prakticiranje raznih matematičnih problemov (npr. trigonometrije na osnovi podobnih trikotnikov) itd. Glavna težava je edino v tem, da učenci potrebujejo nekaj časa, da pridejo iz šole do te lokacije in nazaj, zato je najbolj smiselno takšen pouk organizirati takrat, ko lahko učitelj združi več šolskih ur skupaj, ali pa na naravoslovni ali tehniški dan.

Naslov tekočega projekta je *Borov gozdiček – učilnica na prostem* [15]. Pripravila in prijavila sva ga avtorja tega članka konec leta 2020 v okviru občinskega participativnega proračuna (program Odločamo skupaj – Mestna občina Nova Gorica). Namenjen je mladim (osnovnošolcem in morda predšolskim otrokom) za izkustveno učenje naravoslovnih in drugih predmetov. Prijavljene konkurenčne predloge projektov so ocenjevali občani prek spleta in med njimi je bil dobro ocenjen in sprejet za financiranje tudi najin predlog. Prvi poskus takšne učilnice v Borovem gozdičku smo za predmet Fizika izvedli junija 2021 z učenci osmega razreda OŠ Solkan [16]. Učenci dveh paralelk osmega razreda so v dveh različnih dneh merili hidrostatični tlak v bajerju z manometri, ročno izdelanimi iz plastičnih slamic s pregibom. Pri delu z razredom 8. b drugi dan je bil prisoten tudi avtor Ambrožič, ki je prevzel manjšo skupino, merili pa so nihajne čase nitnih in vzmetnih nihal. V poročilu so učenci zapisali, da so bili motivirani in da si želijo, da bi takšna učilnica čim bolj zaživela.

Zato si prizadevamo, da bi jo začeli čim več uporabljati vsaj učenci iz osnovnih šol v Novi Gorici in okolici. Junija 2022 smo z učenci devetega razreda OŠ Solkan v Borovem gozdičku ponovno izvedli pouk fizike, tokrat na temo dela in energije. Pouk je bil eksperimentalen, dodatno teoretično in računsko obdelavo nalog pa so opravili učenci sami doma. Podoben pouk smo ponovili istega meseca na prostem v Veniščah pri Renčah, ko so se učenci OŠ Renče udeležili tridnevnega tabora preživetja v naravi, ki ga je organizirala lokalna civilna zaščita. Sicer so bile v predlogu projekta za Borov gozdiček navedene tudi zamisli za delo pri drugih šolskih predmetih: biologiji, kemiji, matematiki itd. Namen takšnega dela, predvsem poskusov, je tudi delna improvizacija s pripomočki v naravi in s tem razvijanje iznajdljivosti učencev. Vseeno pa je treba nekatere neobhodne pripomočke za poskuse prinesti iz šole. Več dela in gibanja na svežem zraku ob lepem vremenu pa je navsezadnje tudi zdravo in sproščujoče. V okviru tega projekta je bilo avgusta po učilnici na prostem, opisani v tem članku, že postavljene nekaj umetniško oblikovane dodatne nepremične opreme, npr. nastavek za lahko prenosno tablo, mizi, debla za sedenje in drugo, vse iz akacijevega lesa, nabavljenih pa je bilo tudi precej dodatnih učil, ki so shranjena v občinski stavbi tik ob gozdičku. Pripravili smo tudi spletno učilnico in informacijsko spletno stran tega projekta na domači strani OŠ Solkan.

Nekaj konkretnih predlogov za delo sva avtorja podala pri prijavi projekta za naslednje predmete: fizika, biologija, kemija, matematika, tehnika in geografija. Pri fiziki so bili predlogi naslednji: opazovanje in meritve bajerja (npr. globine), energijska obravnava pri bližnjem rolkarskem igrišču, opazovanje fizikalnih dogodkov pri igralih, predvsem nihanja gugalnic, uporaba nihal iz šole, naloge z gibanjem itd. Nekaj od teh fizikalnih tem ali tem, ki so z njimi v zvezi, je uporabljenih tudi za poskuse, opisane v tem članku, npr. nihanje in energijske pretvorbe. Iz šole smo prinesli najpotrebnejšo dodatno opremo.

V tem prispevku bodo našli koristne napotke predvsem učitelji fizike, in sicer tako iz osnovnih kot srednjih šol. Za učence devetega razreda OŠ je snov sicer ponekod težavna in ni v učnem načrtu. Vendar pa je lahko to zanje tudi izziv, posebej če jih učitelji prej pripravijo z ustreznim učnim gradivom. Metoda dela v gozdičku, ki je opisana v članku, je skupinski poskus. Dodatne račune naredijo po svojih zmožnostih učenci doma.

2 Opis poskusov

V tem razdelku opišemo potek poskusov in nekaj teorije ter računov, povezanih z njimi. Ustrezna navodila so bila napisana že prej in tu je besedilo navodil nekoliko skrajšano. Bralec lahko najde navodila in videoposnetke predhodnih testnih poskusov, opravljenih v šoli, na spletnih straneh [17, 18]. Naloge so bile pripravljene tako, da nekoliko presegajo okvir učnega načrta, zato postanejo za učence in tudi učitelja še večji izziv. Poskuse bomo v nadaljnjem besedilu raje imenovali naloge, ker je bilo poleg njih potrebno še dodatno delo: razlaga in pojasnila ter nekaj skupne razprave, potem pa individualno dokončanje nalog doma. Prvo nalogo smo začeli izvajati skupaj, bolj kot demonstracijski, frontalni poskus, potekal pa je sam zase med ukvarjanjem skupin z drugimi nalogami. Tako smo se odločili, ker je pri segrevanju vode s sončnimi žarki potreben daljši čas, da se opazi razlika med začetno in končno temperaturo.

Naloge 1, 3 in 5 sva si zamislila avtorja sama, idejo za nalogi 2 in 4 pa je avtor Ambrožič povzel po podobnih poskusih pri praktikumu za študente: za drugo nalogo na Pedagoški fakulteti Univerze v Ljubljani, za četrto pa na Fakulteti za matematiko in fiziko Univerze v Mariboru. Predvsem četrta naloga je bila prirejena za delo z osnovnošolci. Pri vsakem poskusu je podanih nekaj dodatnih napotkov za učitelje.

Naloga 1: Segrevanje vode s sončno svetlobo

Potrebščine: plitva posoda, menzura z oznakami za prostornino tekočine, infrardeči termometer, palčka za mešanje, milimetrsko ravnilo.

Potek poskusa: V posodo nalijemo vodo iz gozdička, jo dobro premešamo in izmerimo temperaturo. Prostornino vode izračunamo iz oblike in dimenzij posode, lahko pa jo odčitamo kar z menzuro, s katero zajamemo vodo in jo potem zlijemo v posodo. Boljše je, če je posoda iz materiala z majhno toplotno prevodnostjo, npr. iz stekla. Stene posode ne smejo motiti svetlobnega toka, zato je primernejša plitva posoda, da sije sonce neposredno na površje vode. Potem lahko učenci delajo druge poskuse. Občasno naj malo premešajo vodo. Po dovolj dolgem času, npr. po pol ure, naj se spet izmeri temperatura vode. Da postane razlika med končno in začetno temperaturo vode dovolj velika, je primerno zajeti vodo s senčnega mesta in potem posodico postaviti na sončno mesto.

Račun: Če zanemarimo toplotne izgube v okolico, je voda s sončnimi žarki prejela toploto:

$$Q = mc_v\,\Delta T. \qquad (1)$$

Količine v enačbi pomenijo: Q = toplota, m = masa vode, c_v = specifična toplota vode, ΔT = razlika temperature vode po obsevanju s svetlobo in pred njim. Maso vode izračunamo iz njene gostote in prostornine. Glede na čas segrevanja t naj se izračuna toplotna moč žarkov:

$$P = \frac{Q}{t}. \qquad (2)$$

Nazadnje naj učenci izračunajo še efektivno gostoto svetlobnega toka:

$$j = \frac{P}{S}. \qquad (3)$$

Pri tem je S ploščina gladine vode, ki se izračuna iz premera okrogle posodice. To vrednost za gostoto svetlobnega toka lahko učenci primerjajo za gostoto svetlobnega toka s Sonca ob jasnih dnevih, podatek pa naj najdejo na spletu. Primerjamo samo red velikosti. Pozneje s skupno razpravo najdemo razloge, zakaj navadno dobimo manjšo vrednost za j, kot je podatek na spletu. Razlogi so npr. izguba toplote v okolico, poševni vpad sončnih žarkov in delni odboj svetlobe od vodne gladine. Poskus se lahko naveže na sončne zbiralnike za toplo vodo na strehah.

Dodatni napotek: Poskus je najprimernejši dopoldne ob sončnem vremenu in v toplih dneh, npr. na začetku junija ali v septembru.

Naloga 2: Obračanje tulca s kovinskimi kroglicami

Potrebščine: širok in dolg kartonski tulec s pokrovoma na obeh straneh (npr. dolžine okrog metra), kakih 20 ali 30 enakih kovinskih kroglic (npr. iz jekla ali svinca), infrardeči termometer, milimetrski merilni trak.

Potek poskusa: Pri tem poskusu preverjamo pretvorbo potencialne energije v notranjo. Če imamo primeren termometer, neposredno izmerimo temperaturo kroglic pred poskusom. Nato vložimo kroglice v tulec na enem koncu in tulec zapremo na obeh straneh. Z rokami hitro obračamo tulec za 180°, tako da kroglice kar naprej padajo z zgornjega konca na spodnji. Obrat naredimo nekajdesetkrat, npr. 30-krat. Zato naj ima tulec primerno dolžino, da ga ni težko obračati. Pri obračanju naj sredina tulca čim bolj miruje. Takoj po koncu obračanja naj se temperatura kroglic izmeri še enkrat.

Račun: Potencialna energija kroglic se pretvori v notranjo:

$$Nmgh = mc_k\,\Delta T. \qquad (4)$$

Količine so: N = število zasukov tulca, m = skupna masa kroglic, g = težni pospešek, h = dolžina tulca, c_k = specifična toplota kroglic, ΔT = razlika temperatur kroglic po koncu in začetku sukanja. Masa vseh kroglic se v enačbi (4) krajša, tako da je ni treba izmeriti. Iz enačbe (4) lahko izračunamo pričakovano spremembo temperature:

$$\Delta T = \frac{Ngh}{c_k}. \qquad (5)$$

Če je merjenje temperature kroglic na začetku in koncu uspešno, se lahko izmerjeni rezultat primerja z izračunanim. V tabelah je treba najti specifično toploto uporabljene kovine za kroglice. Pričakovati je neujemanje izračunane in izmerjene temperaturne razlike, ker je težko narediti natančno meritev. Vendar je tu pomembnejša kvalitativna primerjava. Takšen poskus se izvaja npr. tudi pri eksperimentalnih vajah na fakultetah, npr. na Pedagoški fakulteti v Ljubljani.

Energijske pretvorbe s kroglicami se lahko analizirajo še podrobneje. Pravilen odgovor je npr. takšen. Tulec s silo pri obračanju pritisne na kroglice in opravi nanje delo, tako da se jim hitro poveča potencialna energija. Delo rok se namreč prenese na delo tulca, saj roke nimajo neposrednega stika s kroglicami. Med padanjem se potencialna energija kroglic pretvarja v kinetično. Ko kroglice padejo na dno, sila tulca (ali pa najnižjih kroglic na tiste, ki padejo nanje) opravlja na kroglice med njihovim hitrim ustavljanjem negativno delo, saj je sila nasprotna zelo kratkim premikom kroglic. Zato kroglice izgubijo kinetično energijo, natančneje: ta se pretvori v notranjo in kroglice se segrejejo.

Dodatni napotki: Temperaturna sprememba kroglic ni velika, npr. 3 K pri značilnem poskusu. Avtorja sva pripravila poskuse s kartonskimi tulci, ki so bili zaprti na obeh koncih z dvema prilegajočima se plastičnima lončkoma. Treba je paziti, da učenci izmerijo začetno temperaturo šele potem, ko stresejo kroglice v enega od lončkov. Dotik z rokami namreč dodatno segreje kroglice. Pri merjenju končne temperature se izognemo dotiku

kroglic z rokami, saj so v enem od lončkov. Infrardeči termometer je sicer v splošnem občutljiv na razne dodatne pogoje, npr. na emisivnost snovi v IR-območju. Ker pa delamo z istimi kroglicami pri obeh merjenjih temperatur, to ni težava. Poleg tega je bolj praktičen od navadnega termometra, ker ga ni treba potiskati med kroglice.

Naloga 3: Energijske pretvorbe pri nitnem nihalu

Potrebščine: vrvica, utež, milimetrsko ravnilo, trikotno merilo, kotomer, merilnik časa.

Potek poskusa: Cilj poskusa je primerjati povprečno in največjo hitrost uteži pri nihanju na vrvici. Utež naj se zasuka iz navpične mirovne lege za nek kot. Kotomera tu še ne potrebujemo. Za poznejši račun naj se pri tem izmerijo ustrezne dolžine: dolžina vrvice l, vodoravni odklon x_0 od navpičnice ter z uporabo trikotnega merila še navpični premik h navzgor glede na najnižjo lego uteži (slika 1). Dovolj bi sicer bilo izmeriti samo h poleg dolžine vrvice, vendar se x_0 izmeri za dodatno preverbo (glej račun spodaj). Nihalo se spusti, da zaniha, in pri tem se izmeri nihajni čas t_0 z meritvijo skupnega časa npr. 10 celih nihajev in delitvijo s številom 10.

Račun: Potencialna in kinetična energija uteži se pretvarjata ena v drugo. Potencialna energija naj bo nič, ko je lega uteži najnižja. Potencialna energija je največja v skrajni legi (točka C na sliki), kinetična energija pa je največja pri prehodu uteži skozi najnižjo lego, saj se je pri tem vsa potencialna energija pretvorila v kinetično. Na utež med n ihanjem delujeta dve sili: sila teže $\vec{F}_g$ in sila vrvice $\vec{F}_v$. Sila vrvice ne opravlja nobenega dela, ker je ves čas pravokotna na premike uteži. Delo opravlja samo sila teže, vendar se to delo ne šteje posebej, ker imamo v enačbah potencialno energijo. Zato se ohranja vsota potencialne in kinetične energije uteži, če zanemarimo zračni upor in trenje v pritrdišču vrvice ter maso vrvice. Tako lahko tudi pri nihanju izračunamo hitrost uteži iz spremembe njene višine kot pri navpičnem prostem padu, čeprav je nihanje bolj zapleteno gibanje. Ustrezna enačba je:

$$mgh = \frac{1}{2}mv_0{}^2. \qquad (6)$$

Količine so: m = masa uteži, g = težni pospešek, h = višinska razlika uteži v skrajni legi glede na najnižjo lego, ko je vrvica navpična, v_0 = največja hitrost uteži, ko gre skozi najnižjo lego. Iz enačbe (6) lahko izračunamo največjo hitrost podobno kot pri prostem padu:

$$v_0 = \sqrt{2gh}. \qquad (7)$$

Če je začetni odmik vrvice razmeroma majhen, je vodoravni premik uteži x_0 lahko precej večji od navpičnega premika h. Zato je mogoče vodoravni premik izmeriti zanesljiveje. Vendar je mogoče h tudi izračunati iz podatkov za l in x_0 po Pitagorovem izreku za trikotnik ABC. Hipotenuza je $l = AC$, kateti pa sta $l - h = AB$ in $x_0 = BC$. Velja:

$$h = l - \sqrt{l^2 - x_0{}^2}. \qquad (8)$$

S tem je mogoče oceniti natančnost meritve .

Slika 1: Geometrija pri nalogi 3.

Naslednji korak je izračun povprečne hitrosti v_p med gibanjem uteži. Za to potrebujemo podatka za nihajni čas in dolžino loka s, ki ga opiše utež med eno skrajno lego in najnižjo lego. Da izračunamo s, izmerimo najprej kot α v krogu, ki ustreza temu loku. S slike 1 in izmerjenih podatkov naj se v pomanjšanem merilu prenese trikotnik na papir, tako da je novi trikotnik ABC podoben prvotnemu trikotniku pri poskusu. Temu kotu in loku ustreza četrtina nihajnega časa. Dolžina loka je:

$$s = \frac{\alpha}{360^\circ} \cdot 2\pi l\,. \qquad (9)$$

Povprečna hitrost je:

$$v_p = \frac{s}{t} = \frac{\frac{\alpha}{360^\circ} \cdot 2\pi l}{\frac{t_0}{4}} = \frac{\alpha}{45^\circ} \cdot \pi \cdot \frac{l}{t_0}\,. \qquad (10)$$

Zahtevnejši račun pokaže naslednje razmerje med obema vrednostma hitrosti, če odkloni vrvice od navpične lege niso veliki:

$$\frac{v_p}{v_0} = \frac{2}{\pi}\,. \qquad (11)$$

Učenci naj doma preverijo, kako blizu tega količnika so prišli s svojimi poskusi sami.

Dodatni napotki: Posebej za ta poskus, katerega matematična interpretacija je zahtevnejša, je priporočljivo, da učitelj prej pripravi učno gradivo za učence, vendar le z najbolj ključnimi enačbami od zgoraj navedenih. Če učitelj oceni, da je račun povprečne hitrosti manj potreben, naj se omeji na maksimalno hitrost v_0. Enačbi (7) in (8) za učence devetega razreda nista prezahtevni, saj že poznajo korenjenje in Pitagorov izrek.

Naloga 4: Energija pri »prelomu« nihanja nitnega nihala

Potrebščine: vrvica, utež, palica z žebljema (eden za pritrditev vrvice, drugi za prelom nihanja) milimetrsko ravnilo, trikotno merilo.

Potek poskusa: Poskus je kvalitativen, brez računanja. Utež z vrvico se odkloni od ravnovesne lege (slika 2). Nihalo se spusti z lege C, da zaniha. V navpični legi vrvica zadene ob spodnji žebelj (oznaka Ž na sliki), tako da se nihanje prelomi. V tem trenutku je utež v spodnji legi S. Spodnji, krajši del vrvice z utežjo se giblje naprej. Če je začetni odklon nihala dovolj velik, se spodnji del vrvice z utežjo zavrti za cel krog okrog žeblja in se zavrti še večkrat, tako da se vrvica navije okrog žeblja. Cilj poskusa je poiskati ravno tolikšen začetni odklon, da utež doseže zgornjo točko G na sliki in se potem vrti naprej. Učenci naj skušajo na osnovi sklepanja o energiji in opazovanja poskusa sami vsaj okvirno ugotoviti pogoj za to, da se spodnji del vrvice zavrti.

Natančnejši odgovor je nekaj težji. V mejnem primeru, ko utež preide točko G, mora imeti neko najmanjšo hitrost v, da ostane vrvica napeta in se utež vrti naprej okrog točke Ž. Označimo razdaljo med G in Ž ali med Ž in S z r (radij kroženja; to je hkrati dolžina dela vrvice pod žebljem ali oviro, če vrvica z utežjo prosto visi). Višina začetne točke C nad vodoravnico skozi točko G pa naj bo h. V mejnem primeru mora v točki G veljati enakost centripetalne sile in sile teže: $\frac{mv^2}{r} = mg$. Iz te enačbe in iz pogoja, da je začetna potencialna energija uteži v legi C enaka vsoti potencialne in kinetične energije v točki G, lahko izračunamo $h = \frac{1}{2}r$. Minimalna višina začetne točke C mora biti vsaj za polovično razdaljo ŽG ali ŽS nad višino točke G, da se vrvica z utežjo v celoti zavrti okrog žeblja Ž.

Slika 2: Prelom nihanja.

Dodatni napotki: Namesto zabijanja žebljev v deblo lahko dva učenca trdno tiščita dve primerno debeli palčki ob deblo. Tako sva izvedla poskus z učenci avtorja. Treba je le paziti, da sta palčki čim bolj vodoravni, vzporedni in točno ena pod drugo. Učenca pa se morata postaviti tako, da ne ovirata nihanja. Tretji drži in spusti nihalo, četrti pa označuje lege začetne točke C. Učencem je treba pustiti nekaj iniciative pri tem, da pokažejo iznajdljivost.

Naloga 5: Prosti pad z vzmetjo povezanih uteži

Potrebščine: dve enaki uteži, vijačna vzmet, pametni telefon z možnostjo snemanja v počasnem posnetku.

Potek poskusa: Poskus je kvalitativen. Enaki uteži v navpični legi povežemo z vzmetjo. Zgornjo utež učenec drži in počaka, da se vzmet s spodnjo utežjo umiri (slika 3). Zgornjo utež izpusti, da začne ves sistem uteži in vzmeti prosto padati. Še pred začetkom poskusa naj učenci sami poskusijo uganiti, kako se bosta uteži gibali tik po izpustitvi iz rok. Eden od učencev naj naredi na pametnem telefonu film gibanja sistema. Potem si ga skupina skupaj ogleda. Zanimiv je predvsem začetek gibanja sistema. Čeprav s prostim očesom ni videti česa posebnega, ker je gibanje prehitro, pa nam posnetek pokaže nekaj zanimivega. V prvih trenutkih spodnja utež miruje, čeprav ves sistem prosto pada, zgornja utež pa se giblje z dvojnim težnim pospeškom. Da se to lepše primerja, morda še en učenec drži eno samo utež tik ob zgornji uteži (na enaki višini), oba učenca pa uteži izpustita hkrati.

Rezultat poskusa je mogoče lepo razložiti s silami. Dokler sistem miruje, na vzmet deluje spodnja utež s silo teže $F_g = mg$. Sila se prenese po vzmeti, saj je ta raztegnjena, zato vzmet z enako silo deluje na zgornjo utež. Na zgornjo utež deluje še lastna teža. Zato zgornja utež čuti dvojno težo. Dokler učenec drži zgornjo utež, sila roke uravnoveša dvojno težo. Ko pa jo izpusti, v trenutku deluje na zgornjo utež dvojna teža, zato se začne gibati s pospeškom $2g$. Nasprotno pri spodnji uteži še napeta vzmet uravnoveša njeno težo, zato je njen trenutni pospešek enak nič.

Slika 3: Sistem dveh enakih uteži z vzmetjo in sila nanju tik po tem, ko učenec izpusti sistem. Pika sredi vzmeti označuje masno središče sistema uteži, ki se giblje s težnim pospeškom.

Težišče sistema, ki je na razpolovišču vzmeti, pa pada s težnim pospeškom. To lahko razložimo še na naslednji način. Na pospešek težišča sistema več teles (v našem primeru dveh uteži, saj maso vzmeti zanemarimo) vplivajo samo zunanje sile. Vzmet deluje z notranjima silama na obe uteži, ki sta nasprotno enaki, zato na gibanje težišča ne vplivata. Sklep je potem, da na skupno maso obeh uteži $2m$ deluje skupna sila teže $2F_g$, zato se sistem kot celota res giblje s pospeškom g, obe uteži pa nihata glede na skupno težišče zaradi vzmeti. Z vidika energije povzamemo, da se potencialna energija celotnega sistema pretvarja v kinetično, če gledamo samo gibanje težišča. Pri gibanju posameznih uteži glede na težišče pa se med seboj pretvarjajo potencialna, kinetična in prožnostna energija. Zadnja razlaga je primernejša za srednješolsko raven, vsekakor pa je celoten poskus zanimiv tudi za dijake. Gibanja obeh uteži ni težko posneti na pametnem telefonu, predvajanje upočasnjenega filma pa lepo pokaže, da spodnja utež na začetku res miruje.

Dodatni napotki: Za ta poskus je boljše, da učitelj poda razlago in morda razdeli učni list skupaj s sliko 3 učencem šele po opravljenem poskusu. Namen poskusa je namreč tudi presenečenje, to pa vedno stimulativno vpliva na pomnjenje. Kvečjemu najbolj nadarjeni učenci bodo vnaprej uganili, kaj se bo pri poskusu zgodilo. Posneti film naj se pokaže vsem učencem: takoj po poskusu kar s telefona, pozneje pa morda v šoli prek računalnika in projektorja.

3 Potek učilnice in izkušnje

Borov gozdiček (TD)

Učilnice v Borovem gozdičku se je 1. 6. 2022 v okviru tehniškega dneva (TD) udeležilo 45 učencev razredov 9. a in 9. b Osnovne šole Solkan, z njimi pa sta poleg obeh avtorjev članka (Mojca Milone poučuje na tej šoli fiziko in tehniko) delali še učiteljica za matematiko in fiziko ter učiteljica za matematiko in tehniko, tudi s te šole. Prisotna je bila še učiteljica za biologijo in računalništvo, ki je skrbela za fotografiranje dogodka. Delo je skupaj trajalo točno dve uri, izvedli pa smo prve štiri poskuse (brez poskusa z vzmetjo in utežema), ponekod z nekaterimi majhnimi spremembami zaradi prilagajanja naravnim okoliščinam. Omeniti velja npr., da smo uporabili dva termometra z infrardečo kamero in sta se izkazala za praktična pri prvih dveh poskusih. Pri nekaterih poskusih pa so učenci uporabili tudi pametne telefone, npr. za posnetek vrtenja uteži pri nihanju s prelomom. Skupine učencev so se pri poskusih izmenjevale (rotacija), vsak od štirih vodij poskusov pa je bil zadolžen za en poskus na primernem mestu. Zaradi rotacije je bil za vsak poskus predviden enak čas: pol ure. Znotraj vsake skupine učencev, ki je sodelovala pri danem poskusu, so se učenci spet razdelili na manjše skupine, tako da je vsaka po kratkih učiteljevih napotkih in navodilih na lističih delala samostojno. Koliko učencev je bilo v eni takšni podskupini, je bilo odvisno predvsem od razpoložljivih eksperimentalnih pripomočkov. Pri prvih dveh kalorimetričnih poskusih sta bila po dva učenca v skupini, pri obeh poskusih z nihanjem pa od tri do pet. Prvi, kvalitativni vtis vodij poskusov je bil, da so učenci delali zavzeto in z zanimanjem, bilo pa je dovolj časa, tako da so se lahko vmes tudi nekoliko pozabavali. Na splošno so izjavili, da bi moralo biti takšnih učnih ur na prostem več. V svojih ocenah so opozorili tudi na to, kar še manjka predvsem s tehnične plati, npr. več klopi v gozdičku za lažje delo. Da je bilo vse bolj pestro, je organizatorka TD, avtorica Mojca Milone, pripravila nekaj dodatnih stvari, npr. kratek opis poskusov na lističih, ki so bili za

Slika 4: Fotografije izvedbe prvih štirih poskusov v Borovem gozdičku.
Avtorica fotografij: Andreja Velušček, OŠ Solkan.

vsak poskus drugačne barve. Nekaj fotografij poteka te učilnice je prikazanih na sliki 4. Čeprav petega poskusa tokrat nismo izvedli, pa ga je mogoče kot zanimivost na hitro demonstracijsko prikazati na koncu, za popestritev delavnice.

Že iz štirih fotografij je razvidnih nekaj dodatnih podrobnosti in posebnosti. Pri prvem poskusu smo za merjenje prostornine vode uporabili menzuro, kar je najbolj praktično. Z njo so učenci zajeli vodo iz bajerja in jo nalili v plastično posodico, kjer se je segrevala. Temperaturna razlika je bila le nekaj kelvinov zaradi majhne površine sončnim žarkom izpostavljene gladine. Zato priporočamo širšo in plitvejšo posodico. Za merjenje temperature bi seveda lahko uporabili tudi navaden termometer. Pri drugem poskusu s tulci in kroglicami smo učencem naročili, naj skušajo držati sredino tulca med obračanjem čim bolj pri miru. Vendar tudi če jim to ni točno uspevalo, kvalitativnih sprememb pri izidu poskusa ni pričakovati. Kot je že omenjeno v prejšnjem razdelku, je temperaturna razlika nekaj kelvinov, natančnost pa po pričakovanju ni bila velika. Že zato je priporočljivo, da za primerjavo naredi poskus več učencev. Ta poskus se jim je zdel najbolj zabaven, morda zaradi nekoliko »rekreacije«. Pri poskusu z merjenjem nihajnega časa so učenci našli razne nosilce, npr. vejico, kot je videti na sliki. Pri četrtem poskusu (četrta fotografija) se vidi uporaba palčk: ene za pritrdišče nihala in druge za oviro. Debla niso vsa navpična, zato je treba toliko bolj paziti na poravnanost palčk. Zgornja je na sliki trenutno nagnjena, vendar so jo učenci poravnali. Za kvalitativne ugotovitve je dovolj ravnilo. Nekateri učenci pa so se znašli in lego palčk ter nihala pred spustom fotografirali. S slike je mogoče potem ugotoviti začetni naklonski kot vrvice. Učenci so intuitivno ugibali, da je ključni podatek prav ta kot. Zato jih je bilo treba opozoriti, naj izmerijo tudi dolžino vrvice in razmik med palčkama.

Venišče (Tabor)

Učilnice v Veniščah v okviru tabora preživetja v naravi so se udeležili nekateri učenci Osnovne šole Renče. Po oceni je pri fizikalnih poskusih sodelovalo med 40 in 50 učencev, to pa je bila prostovoljna dejavnost med odmorom. Tabor je sicer trajal od petka do nedelje, fizikalna popestritev pa je bila v soboto, 11. 6., zvečer. Pri poskusih je bilo poleg obeh avtorjev članka tudi nekaj učiteljev OŠ Renče, med njimi učitelja fizike in matematike. Ker je bilo na voljo manj časa, kako uro, smo izvedli tri drugačne dejavnosti: (1) obravnavo iz lepenke že narejenih Platonovih teles, (2) zgoraj opisano nalogo z obračanjem tulcev s kroglicami, (3) ugotavljanje lege težišč iz lepenke izrezanih poljubnih likov. Učenci so po skupinah sodelovali v vseh treh dejavnostih.

Nekaj dodatne razlage zahtevajo tu le Platonova telesa. Teh je pet: tetraeder, kocka, oktaeder, dodekaeder in ikozaeder. Naloga učencev je bila, da vsaka skupina za svoje telo prešteje robove (število R), ploskve (P) in oglišča (O) ter preveri enačbo $R = P + O - x$, kjer je $x = 2$, kar so morali ugotoviti sami. Vse skupine so prišle do pravilnega rezultata. Da se posebej pri dodekaedru in ikozaedru ne bi zmotili pri štetju, so preštete robove, ploskve in oglišča označevali s pisali. To je bila navezava na pomembnost simetrije v naravi in znanosti, npr. na tetraedrsko simetrijo pri molekuli CH_4, pokazali pa smo jim tudi model molekule C_{60}, ki jih je takoj spomnil na nogometno žogo.

Povratna informacija s tega tabora je bila pozitivna: tako učenci kot učitelji so bili s fizikalno delavnico zadovoljni, prijetno presenečenje pa so jim pomenila tudi Platonova telesa. Tudi učiteljem se je zdelo štetje pri teh telesih zabavno in so se pridružili učencem. Avtorja domnevava, da je to tudi zaradi zapletene strukture predvsem dodekaedra in ikozaedra, ker ima prvi 12, drugi pa 20 ploskev. Avtor Ambrožič, ki je pripravil plašče teh teles, ugotavlja, da je potrebne dovolj natančnosti in potrpežljivosti, da se ploskve v prostoru lepo ujamejo. Da ni prevelikega zvijanja in morda mečkanja, je lepenka boljša od navadnega papirja, robovi pa se povežejo z lepilnim trakom.

4 Sklep

V okviru občinskega participativnega proračuna smo vzpostavili učilnico na prostem (v Borovem gozdičku v Novi Gorici). Prve izkušnje so obetavne, saj je bil odziv učencev nanjo pozitiven. Doslej sva avtorja izvedla le dve takšni delavnici oziroma tri, če štejemo tista dneva v letu 2021 dvakrat. Avgusta 2022, po teh delavnicah, je bila učilnica na prostem tudi dokončno opremljena: z nepremično opremo (nosilec za prenosno tablo, dve mizi, nizka podlaga za postavljanje poskusne opreme itd.) in veliko dodatnimi učili. Ta so shranjena v občinski stavbi, da jih ni treba prinašati iz šol. Med njimi so kompasi, daljnogledi, povečevalna stekla, komplet za preučevanje prsti, Ph-meter, tablice z imeni dreves, ki rastejo v Borovem gozdičku, lesene podlage, ki si jih lahko učenci naslonijo na kolena za pisanje namesto mize, itd. Avtorja sva sicer pri prijavi projekta podala samo nekaj konkretnih predlogov za teme pri različnih predmetih, da besedilo ne bi bilo predolgo. Vendar pa so med plodnimi dogovarjanji z nekaterimi občinskimi uslužbenci in predvsem z več učitelji OŠ Solkan sproti nastajale nove zamisli. Tako je vsaj za naravoslovne predmete z novimi učili postal nabor tem zelo pester. Na primer, veliko je možnosti za delo z učenci tudi v nižjih razredih, ne le v zadnjem triletju. Avtorja predlagava učiteljem fizike npr. naslednje poskuse v naravi poleg zgoraj opisanih: (1) merjenje nihajnih časov nitnega in vzmetnega nihala za različne parametre nihal, (2) kotaljenje kroglice po žlebu z majhnim nagibom in ugotavljanje pospeška, (3) navpični met majhne žoge in merjenje časa njenega gibanja, (4) račun centripetalne sile, če en učenec na napeti vrvi hitro kroži okrog drugega, (5) spuščanje dveh različno težkih kamnov iz rok in ugotavljanje sočasnosti padca na tla itd. Možnosti je zelo veliko, za različne stopnje,

odvisno tudi od domišljije učiteljev. Začela se je graditi tudi spletna stran za to učilnico: za informacije v zvezi z organizacijo, rezervacijo terminov, za razna gradiva in opis izkušenj ter drugo. S tem člankom pa hočeva avtorja opozoriti tudi ravnatelje šol po Sloveniji, da je mogoče z organiziranim sodelovanjem in z nekaj navdušenja kaj podobnega mogoče izpeljati tudi v njihovem okolju.

Seveda ima takšna učilnica na prostem tudi slabosti. Predvsem je odvisna od vremena. Na primer, za konec septembra smo načrtovali uradno odprtje z novinarji, pa je bila zaradi dežja preložena. Drugič, zanjo je zaradi prihoda in odhoda iz šole potrebnega več časa in tudi spremstvo učiteljev.

Viri

[1] Newman, W. J., Abell, S. K., Hubbard, P. D., McDonald, J., Otaala, J., in Martini, M. (2004). Dilemmas of teaching inquiry in elementary science methods. *Journal of Science Teacher Education*, *15* (4), 257–279.

[2] Jarvis, T., Pell, A., in Hingley, P. (2011). Variations in Primary Teachers' Responses and Development during Three Major Science In-Service Programmes. *CEPS Journal*, *1* (1), 67–92.

[3] Robič, D. (2017). *Motivacija učencev v procesu vnašanja sodobnih znanstvenih dognanj v pouk fizike osnovne šole. Magistrsko delo*. Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Oddelek za fiziko, Maribor.

[4] *Razvoj naravoslovnih kompetenc*. Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Maribor. Dostopno na: http://kompetence.uni-mb.si/

[5] Grubelnik, V. (ur.). (2010). *Opredelitev naravoslovnih kompetenc* (znanstvena monografija projekta RNK). Maribor: Fakulteta za naravoslovje in matematiko.

[6] Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction – what is it and what does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, *47* (4), 474–496.

[7] Jones, L. L., MacArthur, J. R., & Akaygün, S. (2011). Using Technology to Engage Preservice Elementary Teachers in Learning about Scientific Inquiry. *CEPS Journal*, *1* (1), 113–131.

[8] Marentič Požarnik, B. (2004). *Konstruktivizem v šoli in izobraževanje učiteljev*. Center za pedagoško izobraževanje Filozofske fakultete, Ljubljana.

[9] Kline, J. (2010). *Konstruktivistični pristop pri poučevanju fizikalnih vsebin – tlak in vzgon. Diplomsko delo*. Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Oddelek za fiziko, Maribor.

[10] Repnik, R. (2012). *Uspešnost tradicionalnih učnih metod pri vnašanju sodobnih znanstvenih dognanj v osnovnošolski pouk fizike. Doktorska disertacija*. Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Oddelek za fiziko, Maribor.

[11] Osnovna šola Solkan (2017). *Fizika je zakon*. Dostopno na: http://sola-solkan.splet.arnes.si/2017/09/29/fizika-je-zakon/

[12] Repnik, R., Ambrožič, M. (2018). Practical School Experiments with the Centre of Mass of Bodies. *CEPS Journal*, *8* (1), 97–116.

[13] Milone, M., Ambrožič, M., Batagelj, O., Batagelj, A. (2018). Tehnični dan Fizika v šoli. *Fizika v šoli*, *23* (2), 16–24.

[14] Repnik, R., Osrajnik, D., Klemenčič, E. (2020). Terensko delo pri pouku fizike. *Fizika v šoli*, *25* (1/2), 8–15.

[15] Borov gozdiček – učilnica na prostem. Predlog projekta v okviru programa Odločamo skupaj (Mestna občina Nova Gorica). Dostopno na: Odločamo skupaj - Mestna občina Nova Gorica (nova-gorica.si)

[16] Borov gozdiček – učilnica na prostem. Prispevki matične šole. Dostopno na: Borov gozdiček – učilnica na prostem (sola-solkan.si)

[17] Delovni listi (Učilnica Borov gozdiček). Dostopno na: https://ucilnicaborovgozdicek.splet.arnes.si/delovni-listi/

[18] Fizikalni poskusi, BG, učilnica na prostem. Dostopno na: https://ucilnicaborovgozdicek.splet.arnes.si/658-2/

Konferenca o fizikalnem poučevanju GIREP 2022 v Ljubljani

dr. Sergej Faletič
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko

girep2022 Ljubljana, 4 - 8 July | GIREP Conference 2022 Effective Learning in Physics: From Contemporary Physics to Remote Settings

Od 4. do 8. julija 2022 se je v Ljubljani odvijala ena od največjih evropskih konferenc o fizikalnem poučevanju GIREP z naslovom »Učinkovito učenje fizike: od sodobne fizike do učenja na daljavo«. Potekala je v prostorih Pedagoške fakultete Univerze v Ljubljani pod pokroviteljstvom Mednarodne raziskovalne skupine za fizikalno poučevanje (Groupe International de Recherche sur l'Enseignement de la Physique – GIREP).

Udeleženci

Konferenca je privabila 204 udeležence iz 37 držav. Najbolj zastopana je bila sosednja Italija, domačini pa smo se po številu znašli v družbi Izraela, Hrvaške, Švedske, Švice, Avstrije in Belgije. Največ udeležencev je bilo z univerz (161), preostali pa so prišli z inštitutov, nekaj tudi iz šol. Posebej smo veseli učiteljev, saj je to edinstvena priložnost, da se v prijateljskem okolju spoznajo z raziskovalci fizikalnega poučevanja in z njimi delijo svoje neprecenljive izkušnje.

Tematski sklopi in formati

Na voljo je bilo osem različnih tematskih sklopov v treh vzporednih sklopih predavanj in treh sklopih plakatnih predstavitev. Poseben sklop je bil namenjen delavnicam. Imeli smo 81 prispevkov v obliki predavanj in skoraj prav toliko (80) v obliki plakatov.

Pri dodeljevanju prispevkov v format predavanja ali plakata je bilo glavno merilo primernost posameznega formata glede na vsebino prispevka, ne kakovost prispevka. S tem smo želeli izenačiti »vrednost« ustne in plakatne predstavitve. Če je prispevek potreboval veliko razlage, je bil primeren za predavanje. Če je imel veliko podatkov, ki so predstavljivi v obliki grafov in tabel, je bil primeren za plakat. Tako se je med plakati znašlo kar nekaj zelo dobrih prispevkov. Plakati so bili obešeni 24 ur pred predstavitvijo, tako da so si jih udeleženci lahko vnaprej ogledali in potem čas, namenjen predstavitvi, raje namenili razpravi z avtorjem.

V tematske sklope smo poskušali zajeti vsa pereča vprašanja fizikalnega poučevanja. Nekatera očitnejša, kot so gradiva in metode poučevanja, in nekatera manj očitna, a zato nič manj pomembna, kot sta počutje učencev in neformalno učenje fizike. Tematski sklopi so bili na konferenci različno zastopani, kar je neke vrste merilo njihove trenutne pomembnosti za skupnost.

Strategije in metode za izboljšanje fizikalnega učenja in poučevanja (39 prispevkov). V ta sklop spadajo vsa odkritja in izkušnje v zvezi z dejanskim poučevanjem, ki

so se izkazali za učinkovite. Želeli bi si, da bi se takih sklopov udeležilo več učiteljev. Vemo, da jih lahko kar nekaj ustrezno znanstveno podpre učinkovitost svojih inovacij v razredu.

Izobraževanje učiteljev fizike (32 prispevkov). Izobraževanje učiteljev fizike je pereča tema v številnih evropskih državah. Nekatere nimajo posebnega programa za učitelje fizike, pač pa se za učitelje lahko usposobijo različni profili, od učiteljev naravoslovja in matematike do strokovnjakov s teh področij. Zanje je učinkovito izobraževanje tako različnih profilov pomembna tema. V državah, kjer obstajajo posebni programi za izobraževanje učiteljev fizike, pa se soočajo s težavo, da se učitelji raje zaposlijo v industriji, kar odpre podoben problem: nekdo mora učiti fiziko, in če to ni učitelj fizike, ga je treba ustrezno usposobiti.

Sodobna in moderna fizika v šolah (26 prispevkov). Te tematike (še) ni v slovenskem učnem načrtu. V Evropi pa je stanje drugačno. V nekaterih nemških deželah je valovna kvantna mehanika del učnega načrta že dvajset let. Italija, Nizozemska in Hrvaška, na primer, so jo vključile nedavno. Pričakovati je, da bo v luči t. i. druge kvantne revolucije in potrebe po t. i. kvantnih inženirjih sčasoma vključena tudi v slovenski učni načrt. Ker moderna fizika velja za zahtevno temo tudi za študente fizike, ni presenetljivo, da je poučevanje te teme na srednješolski stopnji posebej zahteven izziv, ki je plodno področje raziskav. Vendar ta sklop ne zajema samo moderne fizike v smislu kvantne mehanike in posebne teorije relativnosti, temveč tudi druge sodobne teme, kot so laserji, polprevodniki, svetleče diode ipd., kar ne zahteva nujno osnovnega znanja kvantne mehanike in relativnostne teorije, pač pa je obravnava mogoča na ravni makroskopskih pravil.

Laboratorijsko delo in poskusi v fizikalnem izobraževanju (24 prispevkov). Poskusi so vir znanstvenega znanja, a to pri pouku ni vedno očitno. Pogosto so uporabljeni kot demonstracijski poskusi, ki naj bi podprli teoretične zakonitosti, obravnavane pri pouku. Tudi pri laboratorijskih vajah pogosto nastopijo v taki vlogi. Izkazalo se je, da poskusi v taki vlogi ne vplivajo bistveno na fizikalno znanje in lahko celo škodijo predstavam o tem, kaj fizika je in kako se fizikalno znanje ustvarja. Zato je razumljivo, da je veliko dela posvečenega učinkoviti uporabi poskusov pri pouku. Laboratorijske vaje pa so pomembne še za razvijanje t. i. naravoslovnih kompetenc. To so spretnosti, ki so prenosljive med različnimi področji, npr. analiza podatkov, interpretacija, utemeljevanje. Učinkovito razvijanje teh kompetenc je svojevrsten izziv, ki se mu posvečajo raziskovalci.

Gradiva za poučevanje: razvoj, uporaba in vrednotenje (23 prispevkov). Ta tematski sklop zajema razvoj vseh vrst učnih gradiv, naj gre za poseben vrstni red aktivnosti pri obravnavi neke specifične teme (npr. Ohmovega

zakona), za multimedijska gradiva ali za strukturo celotnega učnega načrta.

Poučevanje in učenje fizike na daljavo (14 prispevkov). Pandemija kovida 19 je praktično vse učitelje po svetu prisilila k razmišljanju o učenju in poučevanju na daljavo. Izkušnje so pokazale, da tako učenje predstavlja poseben izziv pri socialni interakciji, ki je pomemben dejavnik učinkovitega učenja. A tudi pred pandemijo je veliko ustanov delno ali v celoti izobraževalo na daljavo zaradi geografskih, finančnih omejitev udeležencev ali preprosto zato, da bi dosegli večje število ljudi. Vsaka oblika izobraževanja na daljavo je svojevrsten izziv. Poseben izziv pa sta tudi ocenjevanje uspeha udeležencev in njegova primerljivost z ocenjevanjem pri kontaktnih izobraževalnih programih.

Neformalno učenje fizike (10 prispevkov). Učenje poteka vedno in povsod. Znanstival, muzejske delavnice, poljudna predavanja, Hiša eksperimentov in podobne ustanove, radijske in televizijske oddaje. Kako točno učenje poteka v takih okoljih, je zahtevno raziskovalno vprašanje, saj so možnosti in načini zajemanja podatkov omejeni. Taka izobraževanja pa imajo ključno prednost, da lahko dosežejo veliko ljudi, tudi tisti veliki del populacije, ki ni (več) vključen v nobeno obliko formalnega izobraževanja. Tak doseg se je izkazal kot pomemben še posebej med pandemijo, saj so nove, pomembne informacije prihajale sproti in je bilo nujno, da jih izve čim širša javnost. Je pa s hitrim razvojem tehnologij v prihodnosti pričakovati še več takih vplivnih odkritij, ki bi jih morala razumeti širša javnost. Zato je to področje izrednega pomena za prihodnost družbe.

Identiteta in dobrobit študentov pri pouku fizike (4 prispevki). Formalne diskriminacije po spolu, družbenem položaju ali barvi kože v velikem delu zahodnega sveta praktično ni več. A vse bolj ugotavljamo, da to ne pomeni, da te populacije pouka fizike in fizike same ne dojemajo različno. Večina primerov v fiziki je npr. iz tradicionalno »moškega sveta«, npr. avtomobili, izstrelki, letala, bombe. Kako to vpliva na populacijo, ki ni tehnično usmerjena ali pa je pacifistična, in na njen odnos do fizike kot vede? Kaj vse oblikuje ta odnos? Vse to je

še predmet plodnih raziskav, ki so pomembne za dobro počutje vsakega posameznika med učenjem fizike.

Plenarna predavanja

Sedem plenarnih predavateljev se je dotaknilo skoraj vseh tem konference. Tradicionalno je prvi predavatelj fizik, ki udeležencem predstavi enega od trenutno plodnih raziskovalnih področij fizike. Dr. Igor Muševič je predstavil, kako se topološke nepravilnosti v kristalih med seboj privlačijo in odbijajo ter kako lahko z njimi rokujemo z optično pinceto.

Temo povezave med sodobno tehnologijo in učenjem je predstavil Michael Vollmer, ki je opisal različne načine uporabe kamer v učne namene. Sodobna tehnologija omogoča pospešitev in upočasnitev posnetka ter snemanje pod mikroskopom, dodatne podatke pa dobimo iz termičnih kamer, ki so sposobne posneti sevanje teles v infrardečem delu spektra in s tem približno temperaturo teles. Vsi ti raznoliki pogledi odpirajo učencem (na vseh stopnjah) pogled na procese, ki jih brez te tehnologije ni mogoče enostavno opazovati, in s tem pripomorejo k njihovim boljšim predstavam o dogajanju.

Dagmara Sokołowska je opozorila na pomen radovednosti in vedoželjnosti med učenci in izpostavila njuno pomanjkanje pri običajnem pouku. Kot pomembna dejavnika za to je navedla preobremenjenost učnega načrta in neprilagodljivost celotne strukture učnega procesa, kar učitelje odvrača od uporabe aktivnih in raziskovalnih metod poučevanja. Rešitev ponujajo evropski projekti, ki omogočajo sodelovanje učiteljev z raziskovalci in s tem v učiteljih vzbudijo radovednost o lastnem poučevanju.

Nekaj principov za raziskovanje lastnega poučevanja je predstavil Jenaro Guisasola, ki je bil tudi prejemnik letošnje medalje GIREP za življenjsko delo. Kot eno pomembnih metod je predstavil načrtovalno raziskovanje (angl. *design-based research*), pri katerem lahko učitelji premišljeno spreminjajo svoja učna zaporedja in sistematično spremljajo učinke na uspeh učencev. Za primer je vzel osnove fizike na univerzitetni stopnji in opozoril, da mora biti načrtovanje sprememb premišljeno ter temeljiti na raziskovalno podprtih pričakovanjih, kaj naj bi spremembe prinesle.

Razmišljanje o lastnem poučevanju spada med dobre navade učitelja. Te pa se najbolje razvijajo v skupnosti, kjer lahko novinci dobijo nasvet in zgled pri izkušenejših kolegih. Eugenia Etkina je predstavila pomen razvoja dobrih navad učiteljev, ki jih deli na umske navade, navade udejstvovanja in navade vzdrževanja in izboljševanja, ter izkušnje s tem, kako ohranjati živahno skupnost aktivnih in bodočih učiteljev, kjer se te navade učinkovito gradijo.

Navade izboljševanja pripeljejo do sprememb učnih metod, ki so potrebne zato, ker imajo učenci težave pri usvajanju nekaterih tem. Maja Planinić je predstavila

težave, ki jih dijaki srečujejo pri obravnavi valovne optike. Posvetila se je instrumentom za njihovo zaznavo in klasifikaciji. Ponazorila je način iskanja razlag za izvor težav in načinov, kako te težave odpraviti, če je razlaga za njihov izvor pravilna.

Ena od pomembnih, a pogosto spregledanih komponent učenja je gibanje. Bor Gregorčič je predstavil pomen gibov pri učenju fizike. Včasih lahko učenci prikažejo razumevanje nekega koncepta z gibi, čeprav tega ne znajo ubesediti. Kolikokrat se zgodi, da učenec reče: »To gre tako,« pri čemer nekaj pokaže z rokami. Ta upodobitev ni nič manj pomembna od grafične ali slikovne, je pa mogoče manj dodelana, zato jo največkrat opazimo pri sodelovalnih aktivnostih, ko učenci še usvajajo znanje. In prav zato je zelo pomembna pri prepoznavanju težav učencev v fazi, ko je njihovo naslavljanje najpomembnejše. Predavatelj je še predstavil, kako je prehod na učenje na daljavo vplivalo prav na to komponento učenja.

Hibridna izvedba

Konferenca je bila organizirana v hibridnem formatu. Večina programa je potekala v živo, povsem enakovredno pa smo vključili tudi prispevke na daljavo. Ves program je bil predvajan v živo prek Zooma in udeleženci na daljavo so imeli možnost postavljati vprašanja, kar so naredili v oknu za pogovor (chatu). V vsaki predavalnici je bil tehnični asistent, ki je moderatorja opozoril, ko so bila postavljena vprašanja, moderator pa je, kot vedno, odločil, komu dati besedo. Predavatelji na daljavo so prav tako lahko predavali udeležencem v živo, za kar sta poskrbela projektor in ozvočenje učilnic. Udeleženci v živo so predavatelju na daljavo lahko postavljali vprašanja enako kot predavatelju v živo, za kar so poskrbeli večsmerni mikrofoni, s katerimi so med pandemijo opremili učilnice. Za vsak primer je moderator ponovil vsako vprašanje. Imeli smo tudi delavnico na daljavo, ki so se je udeleženci v živo udeležili prek svojih prenosnih naprav. Pri tem so nam zelo pomagale izkušnje, pridobljene z delom na daljavo v prejšnjih letih, in opremljenost Pedagoške fakultete za tako izvajanje pouka.

Plakati so bili prav tako dostopni na daljavo. PDF-je vseh plakatov smo naložili na posebej za to ustvarjeno spletno stran, ki je omogočala tudi dodajanje komentarjev, tako da so lahko udeleženci sproti postavljali avtorju vprašanja, od avtorja pa se je pričakovalo, da bo na nanje odgovoril. PDF-ji plakatov, ki niso bili predstavljeni v živo, so bili prikazani na prenosnem velikem zaslonu v istem prostoru, kjer so bili preostali plakati, tako da so bili čim bolj integrirani v konferenco.

Sklopi za učitelje

GIREP in lokalni organizacijski odbor spodbujata učitelje, da se takih konferenc udeležijo v celoti. Za nas so učitelji partnerji, s katerimi lahko v sodelovanju bolje dosegamo skupne cilje izboljšanja učenja in poučevanja. Za spodbudo smo zanje brezplačno odprli vse sklope v četrtek popoldne in v petek. V te termine smo umestili prispevke, pri katerih smo ocenili, da bi bilo sodelovanje učiteljev posebej plodno.

Družabni program

H konferenci GIREP spada tudi družabni program, to je običajno izlet v sredo popoldne in večerja v četrtek. Na izlet smo se odpravili na Bled, Blejski otok in do slapu Peričnik, kjer smo se v bližini ustavili še na večerji. Kdor se izleta ni želel udeležiti, je imel za delo in druženje s kolegi na voljo prostore konference. Veliko kolegov je to priložnost izkoristilo za sestanke projektnih skupin ali drugih sodelovalnih projektov.

Večerja v četrtek je bila na enem od znanih organiziranih prostorov za piknik v Ljubljani. Postregli so nam z žarom in ponudili prijetno okolje tudi za druženje. Žal vreme ni bilo posebej naklonjeno aktivnostim na prostem, a tudi pod streho smo se znašli.

Zaključek

Med izvrstnimi prispevki je bilo nekaj takih, ki so posebej izstopali. Podelili smo dve nagradi za najboljši plakat in tri za najboljša predavanja. Teme nagrajenih prispevkov so zajele zelo različna področja: fizikalna tekmovanja, učenje fizike delcev in statistične mehanike, oceno samoučinkovitosti učiteljev, ki poučujejo izven svojega področja, in razlike med učitelji in strokovnjaki kvantne mehanike.

Konference so vedno priložnost za izpopolnjevanje znanja, še bolj pa za druženje in mreženje. Zato je kljub nekaj dobro sprejetim organizacijskim inovacijam mogoče najpomembnejše to, da je bila to prva konferenca GIREP v živo po dveh letih konferenc na daljavo, kar je znova olajšalo izmenjavo mnenj in izkušenj, vzdrževanje starih ter začetek novih sodelovanj.

Napovednik izobraževanj: tabori, konference, seminarji

Uporaba opreme Vernier pri pouku fizike v osnovni in srednji šoli

Seminar je namenjen učiteljem in laborantom. Izveden bo 24. 1. 2023 v Rimskih Toplicah. Ob dovolj velikem zanimanju načrtujemo dodatno izvedbo 25. 1. 2023.

Program traja osem šolskih ur, izveden je v enem dnevu, od tega je šest šolskih ur namenjenih eksperimentalnemu delu. Način izvedbe je prilagojen tako učiteljem, ki z opremo Vernier še niso delali, kot tudi tistim, ki jo redno uporabljajo pri pouku.

Vabljeni k prijavi v Katisu.

Seminar Pouk fizike na prostem

V sklopu tradicionalnih »Zimskih seminarjev za učitelje fizike« bomo 21. 3. 2023 v Solkanu organizirali dejavnosti pouka na prostem. Ob dovolj velikem zanimanju načrtujemo dodatno izvedbo 22. 3. 2023. Prijave potekajo prek Katisa.

Uporaba krmilnika Arduino pri pouku fizike v osnovni in srednji šoli

Seminar je namenjen učiteljem in laborantom. Izveden bo 19. 4. 2023 v Rimskih Toplicah. Ob dovolj velikem zanimanju načrtujemo dodatno izvedbo 20. 4. 2023.

Trajanje: En dan, osem šolskih ur, od tega šest ur eksperimentalnih delavnic.

Vsebina: Možnosti uporabe krmilnika Arduino pri doseganju ciljev v učnih načrtih in katalogih znanj za pouk fizike s primeri uporabe pri pouku fizike v osnovni in srednji šoli ter izkušnje z uporabo krmilnika Arduino pri pouku in dejavnostih.

Način izvedbe je prilagojen tako učiteljem, ki s krmilnikom še niso delali, kot tudi tistim, ki ga že poznajo in uporabljajo.

Vabljeni k prijavi v Katisu.

Science on Stage Festival 2024

Že trinajsti festival European Science on Stage bo organiziran na Finskem. Od 12. do 15. avgusta se bo v mestu Turku odvilo srečanje 450 učiteljev osnovnih in srednjih šol iz vse Evrope.

Mogoče se vam zdi to obvestilo prezgodno. A izkušnje kažejo, da se je za aktivno udeležbo na tem zanimivem dogodku treba pripraviti zelo zgodaj. Zagotovo pri svojem pouku delate kaj zanimivega ali celo enkratnega. Predstavite svoje izvirne zamisli tudi drugim učiteljem.

Letošnjo izkušnjo si oglejte na strani: www.sons2022.eu.

Pripravil: Jože Pernar

Iz digitalne bralnice ZRSŠ

Izdane publikacije v projektu

NA-MA POTI

Naravoslovna in matematična pismenost: spodbujanje kritičnega mišljenja in reševanja problemov

NAravoslovje, **MA**tematika,
Pismenost, **O**polnomočenje, **T**ehnologija, **I**nteraktivnost

Zavod Republike Slovenije za šolstvo
NA-MA POTI
REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA IZOBRAŽEVANJE, ZNANOST IN ŠPORT
EVROPSKA UNIJA
EVROPSKI SOCIALNI SKLAD

Naložbo sofinancirata Republika Slovenija in Evropska unija iz Evropskega socialnega sklada

www.zrss.si/digitalna-bralnica/na-ma-poti