1
2018
Letnik 23

Fizika v šoli

Poštnina plačana pri pošti 1102 Ljubljana

STROKOVNA PRISPEVKA:

»Zmorem in hočem več«: nadarjen učenec pri pouku?

Planeti v dvozvezdjih

DIDAKTIČNI PRISPEVKI:

Zgodba o uspehu

Izkušnje z izdelavo fizikalnega sefa in s tekmovanjem »Videl, premislil, odklenil!«

Slovenski turnir mladih fizikov

Zavod Republike Slovenije za šolstvo

Fizika v šoli

Letnik 23 (2018), št. 1

KAZALO

Jaka Banko
Uvodnik 1

STROKOVNA PRISPEVKA

Mojca Juriševič
»Zmorem in hočem več«: nadarjen učenec pri pouku? 2

Peter Jevšenak
Planeti v dvozvezdjih 9

DIDAKTIČNI PRISPEVKI

Ciril Dominko
Tekmovanje srednješolcev v znanju fizike 17

Miran Tratnik
Zgodba o uspehu 23

Peter Šlajpah
Izkušnje z izdelavo fizikalnega sefa in s tekmovanjem »Videl, premislil, odklenil!« 25

Irena Drevenšek Olenik
Slovenski turnir mladih fizikov 29

Sergej Faletič
Kaj pa en YPT v razredu? 34

Anja Kranjc Horvat, Marion Antonia Van Midden in Simon Čopar
Fizikalne vsebine za dijake na Mafijskem vikendu 42

Tilka Jakob
Nadarjeni učenci in fizika 48

UPODOBITVE V FIZIKI

Mojca Čepič
Energija III: Toplota, delo in notranja energija 53

UČITELJEV POGLED

Béla Szomi Kralj
Nadarjenost je dolg do človeštva 61

STRIP

Milenko Stiplovšek
Čudežni otrok 64

PACS 01.40. –d, 01.50. –i, 01.55. +b

ISSN 1318-6388

FIZIKA V ŠOLI
letnik XXIII, številka 1, 2018

Izdajatelj in založnik:
Zavod RS za šolstvo
Predstavnik:
dr. Vinko Logaj
Odgovorni urednik:
Jaka Banko
Uredniški odbor:
dr. Vladimir Grubelnik, dr. Tomaž Kranjc, dr. Marko Marhl, Milenko Stiplovšek, dr. Barbara Šetina Batič, dr. Ivo Verovnik, dr. Mojca Čepič, Goran Bezjak, Tatjana Gulič
Jezikovni pregled:
Andraž Polončič Ruparčič
Prevod povzetkov
Ensitra prevajanje, Brigita Vogrinec, s. p.
Urednica založbe:
Andreja Nagode
Oblikovanje:
Simon Kajtna, akad. slik.
Fotografije:
avtorji člankov in drugi, ki so zapisani ob fotografiji
Računalniški prelom in tisk:
Design Demšar d. o. o., Present d. o. o.
Naklada: 400 izvodov

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

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

© Zavod Republike Slovenije za šolstvo, 2018
Vse pravice pridržane. Brez založnikovega pisnega dovoljenja ni dovoljeno nobenega dela te revije na kakršenkoli način reproducirati, kopirati ali kako drugače razširjati. Ta prepoved se nanaša tako na mehanske oblike reprodukcije (fotokopiranje) kot na elektronske (snemanje ali prepisovanje na kakršenkoli pomnilniški medij).

Poštnina plačana pri pošti 1102 Ljubljana.

Spoštovane bralke in bralci Fizike v šoli!

Nadarjenost je dolg do človeštva. S to vznemirljivo, pronicljivo in na nek način provokativno mislijo učitelja fizike, matematike in astronomije na OŠ Domžale Béle Szomija Kralja najavljamo vodilno temo letošnjega letnika revije Fizika v šoli. Večina prispevkov v tej in naslednji številki je in bo posvečenih za fiziko nadarjenim učencem.

Že v uvodnem članku o nadarjenem učencu dr. Mojca Juriševič pokaže razliko med učno uspešnim in nadarjenim učencem/dijakom.

Napačna je domneva, da je učno uspešen učenec/dijak tudi nadarjen – tako kot ni vsak nadarjen učenec/dijak tudi učno uspešen.

Učno uspešni učenci imajo lahko na določenih področjih značilnosti nadarjenih učencev. Nadarjenost namreč pomeni, »da ima učenec/dijak prirojene višje sposobnosti, ki se skozi daljše časovno obdobje lahko izkažejo kot izjemne ali pa tudi ne. Medtem pa zelo uspešni učenci vedo, kaj morajo storiti za dobre šolske dosežke, imajo visoke kognitivne sposobnosti in zlahka dosegajo učne cilje« (Heacox, 2009, str. 110).

Težave pri odkrivanju nadarjenih učencev se pojavijo ravno zaradi prekrivanja ključnih značilnosti učno uspešnih učencev/dijakov, ki so na nekaterih področjih enake značilnostim nadarjenih učencev/dijakov. Ena izmed možnih identifikacij nadarjenosti je identifikacija na osnovi dosežka učenca/dijaka na državni ali mednarodni ravni. Tekmovanj s področja fizike, ki se jih lahko udeležijo naši učenci/dijaki, je več. Razlikujejo se po namenu, pristopu, načinu dela … in nekatere avtorji opišejo v nadaljevanju revije. Posebej pomembno vlogo pri delu z nadarjenimi učenci/dijaki imamo učitelji – mentorji, ki lahko ta tekmovanja izkoristimo kot vir (naloge, raziskovalne naloge …) ali izhodišče (priprava na tekmovanje) za delo z nadarjenimi učenci/dijaki – mogoče bodočimi fiziki.

Da bi nadarjeni učenci lahko razvijali svoje sposobnosti, poleg običajnih učnih programov potrebujejo tudi prilagojen pouk in dejavnosti. Nadarjene učence torej upravičeno uvrščamo v skupino učencev s posebnimi potrebami.

Pri načrtovanju dejavnosti za delo z nadarjenimi učenci pa je treba še posebej upoštevati naslednje pogoje (George, 1997):
– »da izbrana metoda dovolj poudarja razvijanje višjih miselnih procesov in konceptov,
– da je metoda dovolj fleksibilna in odprta, da otroku omogoča lasten tempo razvoja,
– da zagotavlja učno okolje, ki daje otroku hkrati čustveno varnost in intelektualne izzive,
– da izbrana metoda otroka ne odtuji od vrstnikov ali škodljivo vpliva na nadaljnje učenje, kar lahko zaradi ponavljajočih se vzorcev pripelje do dolgočasja,
– da izbrana metoda daje prednost procesu po meri otroka.«

Kot primer dejavnosti je v reviji predstavljen Mafijski vikend: sklop delavnic in predavanj v organizaciji Fakultete za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani.

Uvodnik tako kot po navadi zaključujem z iskrenim povabilom vsem učiteljicam in učiteljem fizike, da v obliki prispevka opišete primer/-e dejavnosti, ki jih izvajate na šoli v sklopu dela z za fiziko nadarjenimi učenci. Želimo si, da bi bila naslednja številka revije polna vaših idej, predlogov, dilem, težav ali rešitev.

Človeštvo živi in preživi zaradi posebnosti, nadarjenosti, iznajdljivosti in ustvarjalnosti posameznikov. Učiteljski poklic, katerega sestavni del sta identifikacija in spodbujanje teh posameznikov po najboljših močeh, je poslanstvo in – v duhu začetnih misli – dolg do človeštva.

Jaka Banko

»Zmorem in hočem več«: nadarjen učenec pri pouku?

dr. Mojca Juriševič
Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta, Center za raziskovanje in spodbujanje nadarjenosti

Povzetek

V prispevku[1] so predstavljena sodobnejša spoznanja s področja razumevanja nadarjenosti in izobraževanja nadarjenih učencev, ki se omejujejo na psihološke vidike njihove obravnave. Osnovni diskurz se povezuje z vprašanjem razumevanja pojma nadarjenosti ter z utemeljitvijo pravice nadarjenih učencev do izobraževanja na ravni njihovih učnih potreb in potencialov. V okviru Mega modela razvoja nadarjenosti je pojasnjeno, da je razumevanje razvojnih značilnosti fenomena nadarjenosti ključno za kakovostno inkluzivno poučevanje nadarjenih učencev. Poleg izjemnih potencialov je zato izpostavljeno tudi motiviranje nadarjenih učencev, ki vsebinsko zaokrožuje prispevek in bralca spodbuja k premisleku glede konkretnih pedagoških pristopov, s katerimi bo lahko kakovostno prispeval k izobraževanju nadarjenih.

Ključne besede: nadarjeni učenci, izobraževanje nadarjenih, opredelitev nadarjenosti, poučevanje nadarjenih, osnovna šola

»I Am Capable of and Want More«: Gifted Pupil in Class

Abstract

This paper presents more recent findings in understanding giftedness and gifted education, which are limited to the psychological aspects of their treatment. The underlying discourse pertains to the issue of understanding the term 'giftedness' and to the assertion of the right of gifted pupils to receive education that matches their learning needs and potential. Under the *Mega-Model of Talent Development*, it explains that understanding the developmental characteristics of the phenomenon of giftedness is crucial for providing quality inclusive teaching of gifted pupils. Hence, in addition to extraordinary potential, it also highlights the act of motivating gifted pupils, which rounds off the content of the paper and encourages the reader to contemplate specific pedagogical approaches with which the reader could make a quality contribution to gifted education.

Keywords: gifted pupils, gifted education, definition of giftedness, teaching the gifted, primary school

Uvod

V zadnjem desetletju se slovenski vzgojno-izobraževalni prostor intenzivno ukvarja z vprašanji inkluzije: Kaj je inkluzija? Komu je namenjena? Kako jo izvajati v oddelku z 20 ali več učenci, od katerih je večina »posebnih«? Med temi učenci so tudi nadarjeni, pri katerih je atribut posebnosti prvenstveno izjemen učni potencial ali presežek v dosežkih (mogoče, a le redko tudi primanjkljaj in/ali težava na področju učenja [1]). Zato je zahtevnejše razumeti, da tudi učenec, ki pravilno rešuje učne naloge in ne potrebuje dodatnih navodil za to, da izpelje eksperiment in/ali aktivno sledi učiteljevi razlagi, potrebuje in je tudi upravičen do nadaljnje učiteljeve pozornosti in spodbud za učno napredovanje. V Beli knjigi o vzgoji in izobraževanju v Republiki Sloveniji 2011 je bilo v tem smislu že poudarjeno, da je za poučevanje nadarjenih treba preseči paradigmo »pomoči« in jo nadgraditi s paradigmo »učnih izzivov«: če inkluzija pomeni, da poučevanje prilagajamo posebnostim učencev, je pomembno, da iz »učne ambulante« (za učence, ki imajo pri učenju

1 Prispevek je v veliki meri reprodukcija oz. elaboracija avtoričinih preteklih del, še posebno poglavja »Kaj nadarjene učence motivira za šolsko učenje?« v monografiji *Spodbudno učno okolje: ideje za delo z nadarjenimi v osnovni šoli*, ki je izšla leta 2015 na Pedagoški fakulteti Univerze v Ljubljani, in predavanja *Prepoznavanje nadarjenih in delo z njimi* v okviru Programa profesionalnega usposabljanja (PPU) 2017/18 z naslovom »Nadarjeni učenci in praktično delo pri poučevanju fizikalnih vsebin« **na Pedagoški fakulteti Univerze v Ljubljani**.

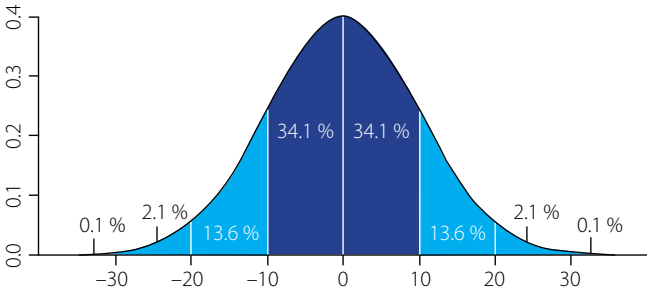
težave) in »čakalnice« (za učence, ki jim pri učenju dobro gre) ustvarimo spodbudno učno okolje v obliki »učilnice«, v kateri se bodo počutili dovolj varno in motivirano za učenje na ravni svojih dejanskih zmožnosti oziroma tudi malce višje, v območju bližnjega (motivacijskega) razvoja, v sodelovanju z učitelji in sošolci. To z drugimi besedami pomeni, da jih bo nekdo v vlogi »kompetentnega drugega« navdušil oziroma pripravil do učenja, katerega se sicer sami zaradi pomanjkanja izkušenj, znanja in/ali interesov nikdar ne bi lotili [2] [3] [4] [5].

Kdo so nadarjeni učenci?

Za kakovostno strokovno utemeljeno poučevanje nadarjenih učencev znotraj in zunaj rednega kurikuluma je treba najprej razumeti, kdo so nadarjeni učenci. Od razumevanja nadarjenosti je namreč odvisno, katere učence znotraj pouka bodo učitelji prepoznali kot nadarjene, katere prilagoditve jim bodo omogočili in kako jih bodo usmerjali in spodbujali za uresničevanje njihovih izjemnosti.

V Zakonu o osnovni šoli so nadarjeni učenci opredeljeni kot »učenci, ki izkazujejo visoko nadpovprečne sposobnosti mišljenja ali izjemne dosežke na posameznih učnih področjih, v umetnosti ali športu« [6]. Opredelitev je razvojno naravnana, v ospredje postavlja potenciale, manj že izjemne dosežke, saj jih otroci iz razvojnih razlogov še težko dosledno izkazujejo (z izjemami na nekaterih področjih, denimo v glasbi in matematiki).

Iz gornje opredelitve izhaja, da niso vsi učenci nadarjeni, tudi ne nekateri bolj ali drugi manj, ali pa da imamo vsi ljudje nekakšen že odkriti ali še skriti dar. To je seveda možno prepričanje, ni pa povezano s stroko. Ta namreč predpostavlja, da gre za nadarjene šteti le nekatere posameznike – tiste, katerih intelektualne sposobnosti in nekatere druge zmožnosti so v primerjavi z veliko večino enako stare populacije višje oz. izjemne. Enako velja tudi za posameznike z intelektualnimi primanjkljaji – ti so značilni le za nekatere, ne za celotno populacijo (slika 1). Drži pa, po drugi strani, da imamo vsi ljudje močnejša in šibkejša področja. Dejstvo, da smo na nekem področju zelo dobri, pove le, da je to naša izjemnost v primerjavi z vsemi drugimi področji, na katerih se udejstvujemo (na osnovi notranjih primerjav). Če pa smo na določenem področju bistveno boljši tudi od večine svojih vrstnikov, pomeni, da smo nadarjeni (na osnovi zunanjih primerjav). Za primer si lahko predstavljamo učenca, ki zelo dobro igra glasbeni inštrument, celo bistveno bolje, kot izvaja določene športne prvine ali rešuje fizikalne naloge, vendar v primerjavi z drugimi vrstniki glasbeniki ne izstopa, na glasbenih tekmovanjih pa dosega zgolj povprečne rezultate. Na osnovi opisa lahko sklenemo, da je glasbeno področje močno področje omenjenega učenca, vendar ta njegova izjemnost še ne pomeni, da je tudi nadarjen – v primerjavi z večino svojih vrstnikov glasbenikov na glasbenem področju ne izstopa v smislu izjemnosti.



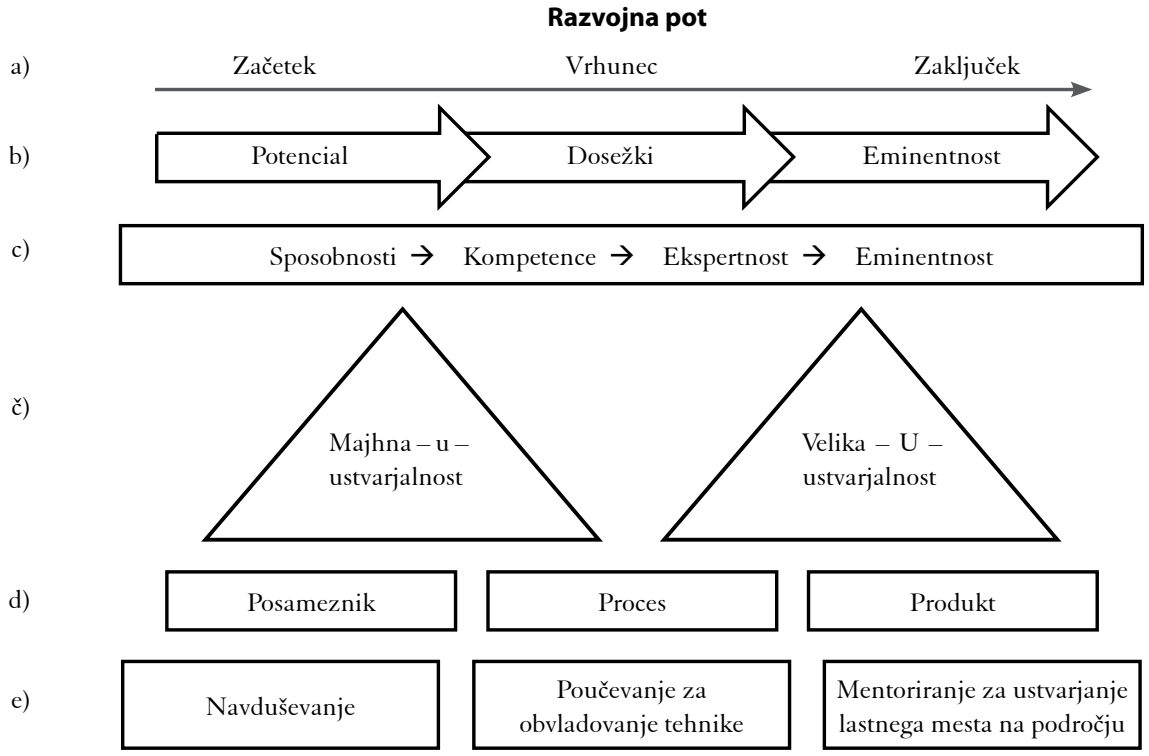
Slika 1: Normalna porazdelitev intelektualnih sposobnosti v populaciji (Vir: Google).

Če povzamemo, velja nadarjenost misliti predvsem kot izjemen učni potencial, ki ga bo učenec v naslednjih življenjskih obdobjih najverjetneje uresničil, če bo v svojem učnem okolju že od otroštva naprej zaznal in izkusil dovolj učnih priložnosti oziroma spodbud, podpore in pomoči za učno in širše osebnostno napredovanje v skladu s svojimi učnimi zmožnostmi in potrebami. Strokovnjaki opozarjajo, da realizacija (izjemnih) učnih potencialov zahteva dovolj časa, kakovostnih izkušenj in znanja, ki jih učenec lahko pridobi le z leti aktivnega udejstvovanja na določenem področju [7] [8]. Ericsson [9] [10] v povezavi s tem pojasnjuje, da posameznik v povprečju potrebuje deset let premišljenega dela oz. aktivnosti na določenem področju udejstvovanja, na katerem izkazuje določene izjemne potenciale, da postane ekspert; na osnovi empiričnih izsledkov avtor razlaga, da je to obdobje lahko krajše, približno šest let za področje šaha ali športa, ali daljše, vse do dvajset oziroma trideset let za področje glasbe ali znanosti.

Predstavljeno pojmovanje nadarjenosti vzgojno-izobraževalnemu sistemu »nalaga« tri temeljne naloge v obdobju otroštva oziroma osnovnošolskega izobraževanja: (1) zagotavljanje pestrega in spodbudnega učnega okolja, ki učencem omogoča, da izrazijo oziroma pokažejo svoje raznolike interese in zmožnosti, (2) čim bolj točno prepoznavanje njihovih izjemnosti in (3) optimalno prilagajanje učnih vsebin, metod in oblik dela v šoli prepoznanim učnim potrebam nadarjenih učencev [5]. Predpogoj za uresničevanje navedenih nalog je razumevanje nadarjenosti ter njenega razvoja, ki ga dobro pojasnjujejo različni razvojni modeli; ti nadarjenost razumejo širše, ne le v smislu izmerljivih intelektualnih sposobnosti, temveč z vključevanjem tudi zunanjih dejavnikov (kontekstne spremenljivke), za katere se predpostavlja, da v interakciji z notranjimi dejavniki (lahko) vodijo k razvoju nadarjenega vedenja. Ti modeli skušajo torej pojasniti prehod od (genetskih) potencialov k uresničevanju specifičnih talentov v okviru razvojnega in širšega socialnega konteksta [11].

Mega model razvoja talentov oz. nadarjenosti[2] avtorjev R. Subotnik, P. Olszewski-Kubilius in Worrella [8] je eden najnovejših modelov pojasnjevanja razvoja nadarjenosti (slika 2). Model ne »odkriva« novega, temveč smiselno združuje najbolj uveljavljena spoznanja vseh predhodnih teoretskih in empiričnih spoznanj. Razvoj potencialov otrok pojasnjuje (1) v smeri njihovega uresničevanja od radovednih otrok do eminentnih odraslih z vidika razvojnega obdobja, v katerem se nadarjenost lahko najbolje izrazi (npr. v otroštvu, mladostništvu ali odraslosti), ter (2) z vidika času optimalne telesne zrelosti za uresničevanje določenega talenta (npr. športnega, plesnega, glasbenega), poglobljenosti izkušnje (npr. na področju politike ali diplomacije) ter izpostavljenosti (npr. za tista področja, s katerimi se posamezniki seznanijo po osnovni šoli, npr. psihologija ali ekonomija). Eminentnost v odrasli dobi v smislu uresničenih potencialov iz otroštva je pogojena s priložnostmi oziroma okoliščinami, ki so posameznikom na razpolago v določenem učnem kontekstu in časovnem obdobju ter spodbujajo njihov razvoj v šoli in zunaj nje, poleg tega pa opozarjajo tudi na razvoj in pojavljanje novih področij, pomembnih za sodobno življenje (razvoj različnih tehnologij in znanosti), ki implicirajo tudi širjenje možnosti, priložnosti, novih področij in razvoj različnih novih talentov.

Poznavanje Mega modela omogoča strokovno utemeljen pristop k spodbujanju učnih potencialov učencev med



f) **Omejevalci:**

Psihosocialni dejavniki:

- Nizka motivacija
- Neproduktivna miselna naravnanost
- Šibka osebnostna čvrstost
- Šibke socialne spretnosti

Zunanji in slučajnostni dejavniki:

- Pozen vstop na področje
- Malo priložnosti na področju interesa

g) **Spodbujevalci:**

Psihosocialni dejavniki:

- Optimalna motivacija
- Izkoriščene priložnosti
- Produktivna miselna naravnanost
- Razvita osebnostna čvrstost
- Razvite socialne spretnosti

Zunanji in slučajnostni dejavniki:

- Priložnost v šoli in izven
- Finančni viri ter socialni in kulturni kapital

Slika 2: Mega model razvoja nadarjenosti – od sposobnosti do eminentnosti na določenem področju (Subotnik s sod., 2011, str. 34, prirejeno z dovoljenjem avtorjev).

2 Mega model je svoje ime dobil zaradi obsežnosti psihološke literature, na osnovi katere so bila sintetizirana spoznanja, predstavljena v modelu.

osnovnim šolanjem v smislu že zgoraj omenjene inkluzivne »učilnice«. Pove, da je v obdobju otroštva oziroma osnovne šole najpomembneje, da znamo učencem v šoli ponuditi pestro učno okolje, v katerem bodo imeli možnosti za prepoznavanje, razvoj in krepitev svojih učnih interesov. Enako pomembna je tudi podpora za učenje učenja (usvajanje učnih strategij oz. kako se učiti), na osnovi katerega bodo učenci svoje potenciale lahko tudi uresničevali. Zagotovo so kompetentni učitelji nujno potrebni v vseh omenjenih točkah, a se njihove kompetentnosti glede na razvojna obdobja učencev vsebinsko prerazporejajo glede na razvojno-učne potrebe učencev: če je v začetnem obdobju šolanja v ospredju poznavanje pedagoško-psiholoških in didaktičnih pristopov za motiviranje in učenje, kasneje med šolanjem prihaja čedalje bolj v ospredje ožja strokovna kompetentnost posameznega učitelja oz. mentorja.

Pojasnilo k sliki 2: Področja imajo razvojne poti z različnimi začetki, vrhunci in zaključki (a). Nadarjenost na določenem področju je ocenjena v odnosu do drugih (b) – na začetku kot potencial, kasneje kot prikazan dosežek, in končno, v odraslosti, kot eminentnost (odličnost). Razvoj nadarjenosti je proces, ki vključuje več prehodov, skozi katere se sposobnosti razvijajo v kompetentnost (zmožnosti), kompetentnost v ekspertnost, ekspertnost pa v eminentnost (c). Te prehode označujejo različne ravni ustvarjalnosti (č), od začetne »majhne ustvarjalnosti« oz. »majhnega u« (neodvisno mišljenje, poigravanje z različnimi perspektivami, ustvarjanje projektov ali izdelkov, ki predstavljajo novost v primerjavi s projekti ali izdelki vrstnikov) do končne »velike ustvarjalnosti« oz. »velikega U«, ki je pogoj za doseganje eminentnosti. Prehodi vključujejo preusmerjanje poudarka (d) od »posameznika« (ustvarjalen pristop in odnos) preko »procesa« (usvajanje procesnih spretnosti in miselne naravnanosti) k »izdelku« (ustvarjanje intelektualnih, umetniških ali praktičnih izdelkov ali izvedb). Za vsako stopnjo razvoja nadarjenosti so značilne različne učne metode in cilji (e) – na začetku za vključevanje mladih v vsebine ali na področja (»navduševanje«), nato kot podpora in pomoč pri usvajanju potrebnih spretnosti, znanj in vrednot (»poučevanje tehnike«) ter ne nazadnje kot razvoj lastnega področja udejstvovanja, stila, metode ali področja uporabnosti (»mentoriranje za ustvarjanje lastnega mesta na področju«). Prehod od kompetentnosti do eminentnosti je lahko omejen zaradi naslednjih dejavnikov (f): nizke motivacije, miselne naravnanosti, ki zavira soočanje s težavami in rezilientnost, pomanjkljive ali zgolj naključne priložnosti za učenje. Napredovanje je mogoče izboljšati, ohranjati ali pospeševati (g) z dosegljivostjo vzgojno-izobraževalnih priložnosti, vključno z obogatitvenimi dejavnostmi zunaj pouka in z mentoriranjem, psihološko in socialno podporo od pomembnih drugih in s socialnim kapitalom.

V različnih raziskavah, ki so bile izvedene v okviru Centra za raziskovanje in spodbujanje nadarjenosti na Pedagoški fakulteti Univerze v Ljubljani, so raziskovalne ugotovitve potrdile veljavnost Mega modela in pomen upoštevanja razvojnih obdobij nadarjenosti za učenje in poučevanje [12] [13]. Natančneje, pokazalo se je, da so glavni motivatorji šolskega učenja za nadarjene učence spoštljivi enakopravni medosebni odnosi (pomembno je, kaj kdo zna in kaj koga zanima oz. »kot nadarjen nisem nič posebnega, zmorem in želim pa delati kaj posebnega«) ter konstruktivna učna klima (v ospredju so ideje, zaupanje in radovednost, ne napake), visoko pa vrednotijo tudi smiselnost učnih nalog in izzivov, avtentičnost problemov in učnih metod ter različne oblike dela v skupini. Nadarjeni učenci tudi izpostavljajo, da jim pomemben vir motivacije predstavljajo učitelji, »ki znajo navdušiti«, in starši, »ki znajo razumeti« [12].

Motiviranje pomembnejše od etiketiranja?

Morda se zdi naslov šegav, a vprašanje je z vidika stroke na mestu. Če razumemo razvojne dimenzije nadarjenosti, nadarjenih otrok in mladostnikov ne bomo enačili z Einsteinom, Teslo ali Drexlerjem ter jim podeljevali potrdil za ugotovljeno nadarjenost, temveč jih bomo videli kot mlade z izjemnimi potenciali, ki za razvoj potrebujejo varno in spodbudno učno okolje. To je njihova pravica ter strokovna odgovornost učiteljev.

Med različnimi pristopi in modeli, ki usmerjajo, kako pri pouku spodbujati učence za učenje, torej za spodbujanje njihovih učnih potencialov, se zdi posebno zanimiv model TARGET [14] [15] oz. TARGETT [16]. Po eni strani gre za model spodbudnega učnega okolja, ki na motiviranost učencev deluje celostno (zajema različne vidike učenja in poučevanja ter različne učence, ne le nadarjenih, torej inkluzivno), poleg tega pa je bil v preteklosti večkrat empirično potrjen, tudi z empiričnimi spoznanji prej omenjene raziskave z nadarjenimi slovenskimi učenci in dijaki. Za namen tega prispevka je model uporaben predvsem zato, ker učitelje nagovarja za bolj premišljeno strokovno delo v tistih elementih motivacijskih spodbud, ki so se z vidika zadovoljevanja motivacijskih potreb nadarjenih učencev izkazali za (še) pomanjkljive. Med njimi so se najpogosteje pojavljali naslednji: kakovost medsebojnih odnosov in zaupanje, upoštevanje interesov učencev oz. dijakov, aktivnost učencev oz. dijakov med poukom, možnost izbire in odločanja, raziskovanje in eksperimentiranje, več časa za učenje in poglabljanje ter temeljitejša pa tudi dolgotrajnejša priprava na tekmovanja [12].

TARGETT v bistvu predstavlja akronim za sedem elementov dinamike razreda, na osnovi katerih je mogoče bolj celostno motiviranje učencev: učne aktivnosti in naloge (angl. *Task*), možnost izbire (angl. *Authority*), prepoznavanje dela učencev (angl. *Recognition*), razvrščanje učencev v skupine (angl. *Grouping*), vrednotenje učnih dosežkov (angl. *Evaluation*), čas za učenje (angl.

Time) in učiteljeva pričakovanja (angl. *Teacher expectations*). Poudarek je na spodbujanju učencev, da bi razvili in/ali krepili notranje motivacijske cilje (obvladovanje), funkcionalno znanje (znanje z razumevanjem, znanje, ki je čim bolj povezano z drugimi znanji) ter vedenjske značilnosti, ki omogočajo vztrajanje in fleksibilno prilagajanje učnim zahtevam v vzgojno-izobraževalnem kontekstu.

T: Učne aktivnosti in naloge naj bodo za učence smiselne in zanimive ter čim bolj avtentične (povezane z življenjskimi problemi in situacijami); pomembna je optimalna težavnost nalog (ne prelahke, ne pretežke naloge) oziroma ustrezna diferenciacija učnih aktivnosti in nalog glede na prepoznane učne zmožnosti učencev. Upoštevati je treba, da notranjo motivacijsko usmerjenost spodbujajo predvsem kompleksne miselne aktivnosti, po revidirani Bloomovi taksonomiji denimo analiziranje (primerjanje, organiziranje, opisovanje, iskanje, strukturiranje, vključevanje), evalviranje (preverjanje, predpostavljanje, eksperimentiranje, presojanje, testiranje, spremljanje) in ustvarjanje (izdelovanje, oblikovanje, konstruiranje, načrtovanje, proizvajanje, izumljanje). Enako pomembno je tudi, da so naloge jasne, ustrezno strukturirane in raznovrstne ter učencem predstavljene na način, ki jih pritegne (spodbujanje situacijskega interesa). Poudariti velja, da doživljanje učnih izzivov, ki jih opisane učne aktivnosti in naloge predstavljajo za učence, spodbuja miselno in čustveno privlačnost učenja ter vodi k razvoju notranje motivacije.

A: Možnost izbire in soudeležba učencev pri sprejemanju odločitev glede učenja in dela v razredu se kaže v priložnostih, ki jih imajo učenci v razredu za prevzemanje odgovornosti in avtonomno delovanje, saj je ta občutek pomemben gradnik notranje motivacije. Konkretno to pomeni, da imajo učenci na primer možnost, da samostojno izberejo določeno vrsto učne naloge, raven zahtevnosti ali problem, s katerim se bodo ukvarjali. Pri tem je pomembno, da je ravnotežje med ponujeno ravnijo samostojnosti in možnosti izbire ter ravnijo, ki ji je učenec trenutno kos, ravno pravšnje, po principu »preveč svobode zbega, premalo dolgočasi«.

R: Prepoznavanje dela učencev in nagrajevanje učencev sta sicer elementa, ki spodbujata zunanjo motivacijsko usmerjenost, a sta pri učencih dobrodošla tako v primeru napredovanja kot dosežkov. Še posebej pomembne so tiste povratne informacije učitelja učencu, ki so individualizirane (primerjava s postavljenim kriterijem ali z učenčevimi preteklimi dosežki in ne z drugimi učenci), saj zaradi svoje formativne funkcije učenca pri učenju usmerjajo, zaradi česar delujejo pozitivno na njegovo učno samopodobo. Priporočljivo je, da so povratne informacije specifične, vezane na konkretno delo in realne ter da (nadarjenemu) učencu sporočajo uspešnost oziroma napredovanje zaradi vloženega dela, vztrajnosti, izpopolnjevanja svojih dosežkov, reševanja zahtevnih nalog ali denimo ustvarjalnosti in ne zgolj zaradi visokih sposobnosti oziroma najboljšega dosežka v primerjavi z drugimi učenci (spodbujajo pomembnost ciljev obvladovanja in usvajanja znanja).

G: Razvrščanje učencev se v modelu nanaša na tri tipične strukture ciljev pri učenju oziroma pri pouku, in sicer sodelovalne (učni cilj je dosežen v primeru, če ga dosežejo vsi učenci), tekmovalne (učni cilj je dosežen le v primeru, da drugi učenci tega cilja ne dosežejo) in individualistične (učenec učni cilj doseže samostojno, neodvisno od drugih učencev). Priporočljive so heterogene, različno velike skupine, v katerih se učenci učijo sodelovanja, vključno z ustvarjanjem učne skupnosti vseh učencev v oddelku. Še posebno v učnih situacijah, ko naloge od učencev zahtevajo reševanje problemov, so dobrodošle sodelovalne skupine, saj doživljanje občutka povezanosti z drugimi zaradi medsebojne pomoči in podpore pomeni zadovoljevanje ene od osnovnih psiholoških potreb in s tem prispeva k razvoju notranje motivacijske usmerjenosti. Pri načrtovanju razvrščanja nadarjenih učencev v skupine je treba dovolj pozornosti nameniti uravnoteženju skupin, da se delo v skupini ne bi preložilo predvsem na učno bolj uspešne ali nadarjene učence. Enako pomembno je tudi, da nadarjeni učenci niso vedno le v vlogi tutorja učno šibkejšim učencem, temveč da jim je omogočeno fleksibilno sodelovanje tudi v skupinah, homogenih po izkazanih učnih zmožnostih in interesih učencev.

E: Evalvacija učnega dela in dosežkov vključuje metode za spremljanje in ocenjevanje dosežkov učencev ter deluje kot pomemben motivator, zato bi morala temeljiti na jasnih ocenjevalnih kriterijih (ne normativna) in biti čim manj javna. Pomembno je tudi, na katere cilje so usmerjeni učenci pri učenju za ocenjevanje – na storilnostne cilje (učenje za ocene) ali na cilje, usmerjene v učenje in obvladovanje (učenje za znanje), ali morda celo na cilje izogibanja učenju (v smislu preživetja, ne napredovanja). Ne nazadnje velja opozoriti, da imajo socialne primerjave in javno ocenjevanje lahko precej negativen vpliv na samopodobo tistih učencev, ki so večkrat izpostavljeni kot najuspešnejši, zaradi zavisti in drugih negativnih čustev s strani sošolcev. Zaradi navedenih razlogov je izjemno pomembno, da učitelji med poučevanjem poudarjajo uporabnost in smiselnost znanja, ki ga učenci pri pouku usvajajo, za reševanje različnih problemov in da ne poudarjajo, da si morajo učenci določene vsebine zapomniti zgolj zato, »ker bodo v preizkusu«.

T: Dimenzija časa se v modelu nanaša na celoten obseg časa, ki je potreben za izvedbo ali reševanje določene učne naloge. Na splošno velja, da je potreben čas premo sorazmeren s kompleksnostjo določene učne aktivnosti (npr. projektno ali raziskovalno delo), kar pa od učitelja zahteva precej fleksibilnosti in iznajdljivosti, da ohrani motivacijo učencev ter zadosti formalnim pravilom šolskega urnika. Ker učenci za izvedbo določenih učnih aktivnosti potrebujejo različen čas, je pomembno, da učitelji premišljeno diferencirajo in individualizirajo učne aktivnosti tako, da bodo učenci delali na ravni svojih

dejanskih zmožnosti in ohranjali svojo motivacijsko naravnanost, doživljali uspešnost ter pridobili občutek kompetentnosti. Zgolj dodajanje nalog iste zahtevnostne ravni učencem, ki dane naloge opravijo hitreje kot ostali, namreč prej vodi v upad interesa (t. i. dolgočasenje) kot v ohranjanje zbranosti.

T: Učiteljeva pričakovanja do učencev vplivajo na učiteljevo vedenje pri pouku, saj v skladu z njimi učitelj tudi vsebinsko in odnosno komunicira oziroma poučuje. A. Woolfolk, V. Huges in Walkup [17] razlagajo, da učitelji v skladu s svojimi pričakovanji do različno učno sposobnih učencev (bolj, manj) prilagajajo strategije poučevanja, učne zahteve, vrsto učnih aktivnosti in nalog, povratne informacije in ocenjevanje pa tudi pozornost, čas in kakovost odnosa, ki ga namenjajo posameznemu učencu. Avtorji navajajo, da imajo učitelji do učencev, za katere mislijo, da so učno sposobnejši, višja pričakovanja, posledično pa tudi spoštljivejši odnos, dovoljujejo jim več odgovornosti in možnosti izbire, namenjajo jim več časa in priložnosti, posredujejo jim zanimivejše naloge in aktivnosti, dajejo jim izčrpnejše povratne informacije, jim bolj zaupajo ter jih pri pouku bolj spodbujajo kot učence, za katere menijo, da so učno manj sposobni. Opisana pričakovanja učenci vsakodnevno zaznavajo ter jim postopno prilagajajo svoje učno vedenje, kar se ne nazadnje izraža tudi v njihovih učnih dosežkih. Zato je pomembno, da učitelji na osnovi sprotnega preverjanja učnega dela svoja pričakovanja do učencev premislijo ter jih fleksibilno prilagajajo trenutnim dosežkom učencev. Visoka učiteljeva pričakovanja do učencev namreč delujejo izjemno motivacijsko, vendar le, ko so v skladu z realno oceno učenčevih dejanskih učnih zmožnosti.

Sklep

Nadarjeni učenci se od svojih vrstnikov razlikujejo po izjemnih učnih potencialih, ne po osebnosti [18]. Čeprav v svojem vedenju lahko kažejo tudi določene podobne značilnosti na učnem (npr. vedoželjnost, bogat besedni zaklad, učna uspešnost), intelektualnem (npr. ustvarjalno razmišljanje, dober spomin, humor), socialno-čustvenem (npr. občutek za pravičnost, empatičnost, nekonvencionalnost) in motivacijskem (npr. radovednost, vztrajnost, predanost) področju, pa danes raziskave enoznačno kažejo, da so nadarjeni učenci precej nehomogena skupina [19]. Zato je pomembno, da smo pri posploševanju značilnosti nadarjenih previdni, sploh ko gre za obdobje otroštva in mladostništva, v katerem poteka intenziven osebnostni razvoj. Nadarjeni namreč niso samo učno uspešni in osebnostno zdravi učenci, temveč so lahko tudi učenci, ki (še) nimajo razvitih visokih učnih interesov, imajo lahko določene razvojne, učne ali vedenjske težave ali so celo nižje učno uspešni. Pri tem je pomembno tudi dejstvo, iz kako spodbudnega okolja prihajajo.

Zaradi navedenih razlogov nadarjeni za učni razvoj potrebujejo kompetentne in dobro motivirane učitelje ter informirane starše, ki jim lahko omogočajo dovolj priložnosti in podpore za kakovostno učenje v psihološko varnem in spodbudnem šolskem okolju in zunaj njega. Ker je motivacija pomembna spremenljivka učenja in učne uspešnosti in hkrati ena temeljnih sestavin nadarjenosti, je pomembno, da ji v šoli namenimo dovolj pozornosti. To konkretneje pomeni, da poleg usvajanja temeljnih učnih spretnosti in znanj dosledno zagotavljamo tudi dovolj učnih izzivov, ki bodo za učence razvojno primerni, smiselni in vredni naporov.

»Nadarjenost je namreč kompleksen, razvojno dinamičen in kontekstno pogojen fenomen, ki je rezultat interaktivnega delovanja bioloških, psiholoških, pedagoških in psiho-socialnih dejavnikov ter v najširšem pomenu besede predstavlja izjemne človeške potenciale« [11].

Viri in literatura

[1] Winstanley, C. (2006). Inequity in equity: Tackling the excellence – equality conundrum. V C. M. M. Smith (ur.), *Including the Gifted and Talented: Making Inclusion Work for More Gifted and Able Learners* (str. 22–40). London: Routledge.

[2] Brophy, J. (1999). Toward a model of the value aspects of motivation in education: Developing appreciation for particular learning domains and activities. *Educational psychologist, 34*, 75–85.

[3] Juriševič, M. (2011a). Socialna vključenost nadarjenih učencev. V B. Borota, M. Cotič, D. Hozjan in L. Zenja (ur.), *Social cohesion in education* (str. 289–304). Horlivka: Horlivka State Pedagogical Institute for Foreign Languages.

[4] Juriševič, M. (2011b). Vzgoja in izobraževanje nadarjenih. V J. Krek in M. Metljak (ur.), *Bela knjiga o vzgoji in izobraževanju v Republiki Sloveniji 2011* (str. 329–367). Ljubljana: Zavod Republike Slovenije za šolstvo.

[5] Juriševič, M. (2015). Kaj nadarjene učence motivira za šolsko učenje? V M. Juriševič (ur.), *Spodbudno učeno okolje: ideje za delo z nadarjenimi v osnovni šoli* (str. 15–28). Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta.

[6] *Zakon o spremembah in dopolnitvah Zakona o osnovni šoli* (ZOsn-H) (2011). Dostopno na http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r09/predpis_ZAKO6129.html

[7] Sternberg, R. J. (1999). *Handbook on creativity*. New York, NY: Cambridge University Press.

[8] Subotnik, R. F., Olszewski-Kubilius, P. in Worrell, F. C. (2011). Rethinking giftedness and gifted education: A proposed direction forward based on psychological science. *Psychological Science in the Public Interest, 12*, 3–54. doi: 10.1177/1529100611418056

[9] Ericsson, K. A. (2008). Deliberate practice and acquisition of expert performance: A general overview. *Academic Emergency Medicine, 15* (11), 988–994. doi: 10.1111/j.1553-2712.2008.00227.x

[10] Ericsson, K. A. in Pool, R. (2016). Peak: Secrets from the new science of expertise. New York, NY: Eamon Dolan/Houghton Mifflin Harcourt.

[11] Kaufman, S. B. in Sternberg, R. J. (2008). Conceptions of giftedness. V S. I. Pfeiffer (ur.), *Handbook of giftedness in children: Psychoeducational theory, research, and best practice* (str. 71–92). New York, NY: Springer.

[12] Juriševič, M. (2012). *Nadarjeni učenci v slovenski šoli.* Ljubljana: Univerza v Ljubljani. Pedagoška fakulteta.

[13] Juriševič, M. (2017). Motivating gifted students. V J. Riedel Cross, C. O'Reilly in T. L. Cross (ur.*), Providing for the special needs of students with gifts and talents* (str. 235–266). Dublin: CTYI Press.

[14] Ames, C. (1992). Classrooms: Goals, structures, and student motivation. *Journal of Educational Psychology, 84*, 261–271.

[15] Epstein, J. L. (1989). Family structures and student motivation: A developmental analysis. V C. Ames in R. Ames (ur.), *Research on motivation in education, 3* (str. 259–295). San Diego, CA: Academic Press.

[16] Woolfolk, A. (2002). Pedagoška psihologija (M. Hudoklin, prev.). Ljubljana: Educy.

[17] Woolfolk, A., Hughes, M. in Walkup, V. (2013). *Psychology in Education* (2nd ed.). Essex: Pearson Education Limited.

[18] Freeman, J. (2010). *Gifted lives: What happens when gifted children grow up*. London: Routledge.

[19] Robinson, A. in Clinkenbeard, P. R. (2008). History of giftedness. V S. I. Pfeiffer (ur.), *Handbook of Giftedness in Children: Psychoeducational theory, research, and best practice* (str. 13–31). New York, NY: Springer.

Planeti v dvozvezdjih

Peter Jevšenak
Šolski center Velenje, Gimnazija Velenje

Povzetek

V dvozvezdju se zvezdi gibljeta okoli skupnega težišča po krožnih ali eliptičnih tirih in v svoji okolici ustvarjata spreminjajoče se gravitacijsko polje. Zaradi tako dinamičnih pogojev planeti v takem sistemu ne morejo obstajati kjerkoli. Kje se nahajajo območja stabilnih orbit planetov? Ali lahko določimo meje? Ali lahko planet zamenja zvezdo, okoli katere kroži? Za lažje iskanje odgovorov smo izdelali računalniški program, ki sproti izračunava in riše tire zvezd in planetov v ravnini kroženja.

Ključne besede: dvozvezdje, orbite, stabilnost orbit planetov v dvozvezdju, računalniške simulacije

Planets in Binary Star Systems

Abstract

In a binary star system, two stars orbit around a common barycentre in circular or elliptical orbits, creating a changing gravitational field around them. Owing to such dynamic conditions, planets cannot exist just anywhere in such a system. Where are the stable orbits of planets located? Can we determine the borders? Can a planet replace the star it is orbiting? In order to facilitate the search for answers, a computer program was made which calculates and draws the orbits of stars and planets in the orbital plane.

Keywords: binary star system, orbits, stability of planets' orbits in binary star system, computer simulations

Slika 1: Sončni zahod na Tatooinu (vir: http://imgur.com/a/HqrYe).

1 Uvod

V znanstvenofantastični filmski sagi Vojna zvezd se znaten del zgodbe odvija na planetu Tatooine. Njegova posebnost je, da lahko prebivalci tega planeta vidijo dve sonci. Če so bili v osemdesetih letih prejšnjega stoletja planeti v dvozvezdjih samo znanstvenofantastični konstrukt, potem danes, v dobi odkrivanja eksoplanetov, vemo, da taki planeti resnično obstajajo. Se je pa tudi v znanstvenih krogih za planete v dvozvezdjih prijel izraz »Tatooine like planets« – planeti kot Tatooine.

Dvozvezdni sistem je veliko bolj dinamičen od sistema z eno zvezdo v težišču, kakršen je naš sončni sistem. Zvezdi krožita okoli skupnega težišča in ustvarjata spreminjajoče se gravitacijsko polje, ki lahko deluje uničujoče na stabilnost orbit planetov. Kje torej iskati planete v dvozvezdjih? Možnosti sta dve. Prva je, da je orbita planeta tako daleč stran od težišča in zvezd, da lahko zvezdi štejemo za eno telo s skupno maso v težišču. Planete s takimi orbitami imenujemo tip P (planetarni tip). Drugo možnost pa predstavljajo planeti, ki krožijo tako blizu ene zvezde, da je druga samo manjša motnja. Planete v teh bližnjih orbitah imenujemo tip S (satelitski tip). Če torej orbito planeta tipa P približujemo težišču, so spremembe v gravitacijskem polju zaradi gibajočih se zvezd vse večje in pri neki kritični oddaljenosti orbita postane nestabilna. Obratno je pri orbitah planetov tipa S. Ko se orbita odmika od matične zvezde, je spreminjajoči se vpliv druge zvezde vse močnejši in pri neki kritični oddaljenosti orbita postane nestabilna. Pri obeh tipih je med območjema popolne stabilnosti in popolne nestabilnosti še tako imenovano kaotično področje: stabilne in nestabilne orbite se izmenjujejo z majhnimi spremembami v oddaljenost planeta od težišča pa tudi pri isti oddaljenosti, a drugačni začetni legi planeta glede na zvezdi.

Astronomi so v preteklosti za pomoč pri iskanju eksoplanetov že opravili množico računalniških simulacij in za različne tipe dvozvezdij (različna masna razmerja, različne ekscentričnosti zvezdnih orbit) določili kritične vrednosti planetarnih orbit. Zanimalo nas je, ali lahko z malo razširjenim srednješolskim znanjem fizike, matematike in računalništva napišemo lasten računalniški program, ki bo simuliral orbite planetov v dvozvezdjih.

Tako bi lahko s spreminjanjem začetnih pogojev iskali nenavadne orbite, tako stabilne kot nestabilne, določali kritične vrednosti, preučevali kaotično območje … Pri tem bi lahko natančnost svojih simulacij preverili na podatkih o kritičnih orbitah v literaturi.

2 Spoznavanje problema

2.1 Dvojne zvezde

Sir William Herschel (1738–1822) je bil prvi astronom, ki je opazil, da obstaja mnogo parov bližnjih zvezd, in jih tudi sistematično zapisoval. V njegovem katalogu se je število dvojnih zvezd ustavilo pri številki 703. V dvojnem sistemu zvezdi krožita okoli skupnega težišča in sta medsebojno gravitacijsko vezani. Kolikšen je delež dvozvezdij glede na vse sončne sisteme, je iz literature težko oceniti. Ocene se gibljejo od 33 % pa vse tja do 85 %. Pri tem velja, da v novejši literaturi najdemo višje deleže. Rečemo lahko, da je v naši galaksiji dvozvezdje prevladujoč primer sončnega sistema. Astronomi so potrdili obstoj tudi tri-, štiri- ali celo šestzvezdij. Dvozvezdja so za astronome izjemnega pomena, saj jim omogočajo, da iz merljivih parametrov natančno določijo maso zvezd. Dvozvezdja se lahko med seboj zelo razlikujejo po masi, ekscentričnosti tirov, razdalji med zvezdama in obhodnem času. Zvezdi v paru sta lahko tako blizu skupaj, da med njima prihaja do izmenjave snovi, lahko pa sta več tisoč astronomskih enot narazen in imata obhodni čas več sto let. Glede na to, kako astronomi opazijo oziroma izmerijo, da gre v posameznem primeru za dvozvezdje, ločimo več tipov.

Vidno dvozvezdje: S pogledom skozi teleskop vidimo zvezdi vsako zase in z opazovanjem na dolgi rok lahko določimo obhodni čas. Med amaterskimi astronomi so najbolj priljubljene tarče Albiero v Labodu, Almach v Andromedi, Mizar v Velikem vozu …

Če sta zvezdi daleč od Zemlje ali pa preblizu skupaj, ju s teleskopi ne moremo ločiti. V tem primeru si lahko pomagamo z Dopplerjevim premikom spektralnih črt.

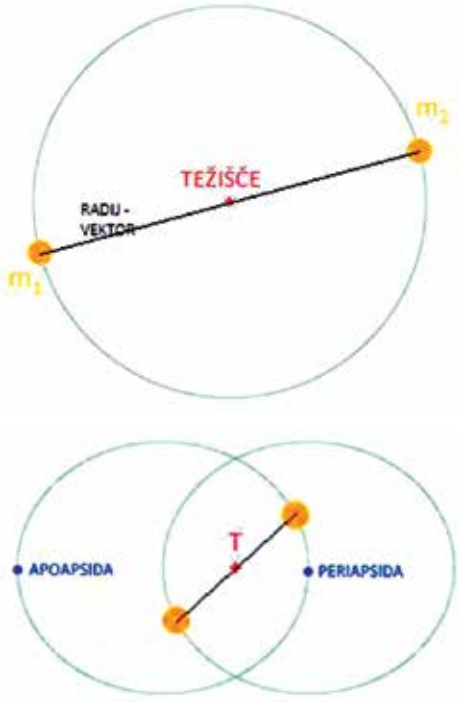
Spektralno dvozvezdje: Zaradi gibanja zvezde proti nam in stran od nas se frekvenca črt v spektru periodično spreminja.

Prekrivno dvozvezdje (»eclipsing binary«): Če zvezdi krožita točno v ravnini našega pogleda, potem vsake toliko časa ena zvezda pride pred drugo in jo zakrije delno ali v celoti in izsev se zmanjša. To lahko zaznamo s fotometričnimi meritvami.

Astrometrično dvozvezdje: Na obstoj šibke spremljevalke lahko kažejo periodične motnje ali nihaji v sicer pravilnem gibanju zvezde [1].

2.2 Orbitalna mehanika

Zvezdi v dvozvezdju krožita okoli skupnega težišča. Tira sta lahko krožna ali eliptična. Položaj zvezd je vedno takšen, da gre radij-vektor, ki povezuje zvezdi, skozi težišče. Če sta masi zvezd enaki, potem je tudi razdalja obeh zvezd do težišča enaka. Če ima ena zvezda dvakrat večjo maso, potem je ves čas dvakrat bližje težišču. Pri krožnih tirih je hitrost zvezd ves čas enaka, pri eliptičnih pa hitrost narašča, ko se zvezda približuje težišču (maksimalna vrednost je dosežena v periapsidi), in pada, ko se od težišča oddaljuje (minimalna vrednost v apoapsidi, slika 2).



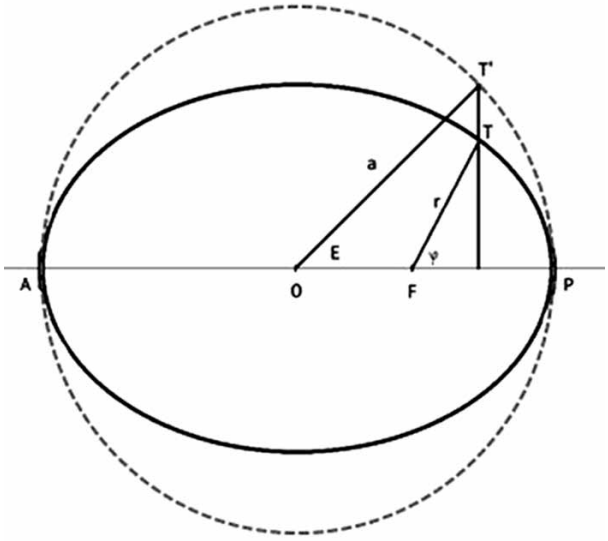
Slika 2: Razmerje mas $m_1 : m_2 = 1 : 1$, krožni tir in eliptični tir ($e = 0{,}5$).

Za uspešno določanje tira planeta potrebujemo v vsakem trenutku natančno lego zvezd v ravnini kroženja. Krožne orbite so lažje obvladljive. Ker sta razdalji obeh zvezd do težišča konstantni in ker se v enakih časovnih intervalih polarni kot φ poveča za enak korak, določimo samo še začetne pogoje in se lahko lotimo simulacije. Vse to pa se spremeni pri eliptičnih orbitah. Zapišemo lahko enačbo orbite, ki nam podaja lego zvezde, ki kroži po elipsi okoli gorišča, v odvisnosti od polarnega kota. Vendar pa se ta kot v zaporednih časovnih korakih neenakomerno spreminja zaradi spreminjajoče se hitrosti telesa na eliptičnem tiru. Na sliki 3 je točka F gorišče, točka 0 središče elipsi očrtanega kroga, r razdalja od zvezde do gorišča, a polmer kroga, φ polarni kot in E kot z imenom ekscentrična anomalija [2].

Kota φ in E povezuje enačba:

$$\tan\frac{\varphi}{2} = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \cdot \tan\frac{E}{2} \qquad (1),$$

kjer je e numerična ekscentričnost elipse. Numerično ekscentričnost dobimo z razmerjem razdalj 0F in 0P ter zavzema vrednosti $0 \leq e < 1$. Kot M z imenom povprečno



Slika 3: Elipsa z očrtano krožnico ter kota φ in E.

na anomalija (kot med daljicama 0T in 0P na sliki 3) povezuje z ekscentrično anomalijo E transcendentna Keplerjeva enačba:

$$M = E - e \cdot \sin E \qquad (2).$$

Kot M in čas t pa povezuje enačba: $t = \frac{M}{2\pi} \cdot t_o$ (3),

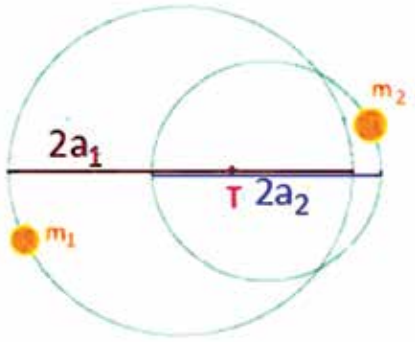
kjer je t_o obhodni čas dvozvezdja: $t_o = 2\pi\sqrt{\frac{a^3}{G(m_1+m_2)}}$ (4).

G je gravitacijska konstanta, m_1 in m_2 sta masi zvezd, a pa je polmer kroga oziroma velika polos elipse. Ne glede na to, ali se nebesno telo giblje po elipsi ali krožnici na sliki 4, je obhodni čas enak. Pri krožni orbiti gorišče F sovpada s središčem 0 in kota φ ter M postaneta isti kot. Komplet enačb zaokrožuje že omenjena enačba orbite, ki poveže še razdaljo r s polarnim kotom φ:

$$r = a \cdot \frac{1 - e^2}{1 + e \cdot \cos\varphi} \qquad (5).$$

2.3 Planeti v dvozvezdjih in kritične orbite

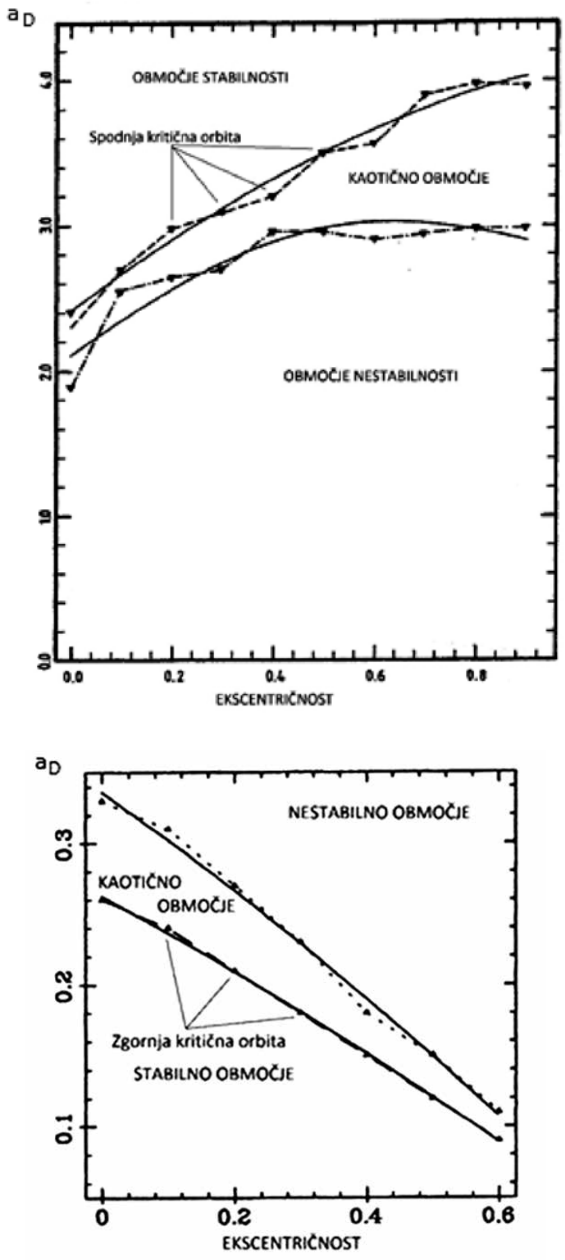
Spodnja kritična orbita je tista vrednost velike polosi elipse, ki predstavlja tir planeta tipa P, od katere naprej



Slika 4: Določanje velike polosi dvozvezdja na primeru $m_1 : m_2 = 2 : 3$, $e = 0{,}3$.

so vse orbite stabilne ne glede na začetne pogoje. Enoto za merjenje razdalj predstavlja velika polos dvozvezdja z oznako a_D. Dobimo jo kot vsoto velikih polosi obeh elips, ki predstavljata tir zvezd pri kroženju okoli težišča na sliki 4, $a_D = a_1 + a_2$.

Na sliki 5 je prikazana odvisnost kritične orbite planeta tipa P in tipa S od ekscentričnosti tira zvezd za masno razmerje 1 : 1, ocenimo pa lahko tudi širino kaotičnega območja. Ta v povprečju znaša petino kritične orbite.



Slika 5: Odvisnost kritične orbite planeta tipa P (prva slika [3]) in tipa S (druga slika [4]) od ekscentričnosti tira zvezd za masno razmerje 1 : 1; čas integracije 300 obhodnih dob.

Zgornja kritična orbita je tista vrednost velike polosi elipse, ki predstavlja tir planeta tipa S, do katere so vse orbite

stabilne ne glede na začetne pogoje. Tudi v tem primeru pa meja ni ostra in najdemo območje kaotičnosti.

Do danes so astronomi odkrili več tisoč eksoplanetov, ki pa v večini krožijo v sončnih sistemih z eno zvezdo. Planeti v dvozvezdjih so (za zdaj) redka najdba, a obstoj eksoplanetov obeh tipov ni več vprašljiv. Sistem Kepler 47 je dvozvezdje, kjer so našli dva planeta tipa P, vsaj eden od njiju pa ima orbito v območju, primernem za življenje (»habitable zone«) [6]. Tatooinu podobni planeti res obstajajo.

3 Računalniški program in potek simulacij

Programi so napisani v programskem jeziku C++, v okolju Visual Studio 2015. Za grafiko pa je uporabljena dodatna knjižnica SFML.

Pri dvozvezdjih s planeti smo morali napraviti nekaj poenostavitev. Privzeli smo, da so vsa telesa v simulaciji točkasta in krožijo v isti ravnini. Planeti in zvezde na ekranu imajo obliko kroga z večjo ali manjšo površino, vendar je to le prikaz za lažje spremljanje. Tako se lahko zgodi, da gre planet skozi zvezdo in nadaljuje pot. Tudi zvezdi se lahko dotakneta ali prekrijeta, če je planet daleč in je temu primerno izbrano merilo. Zvezdi gravitacijsko delujeta na planete, planeti pa ne vplivajo na zvezdi. Takšne privzetke so naredili tudi avtorji virov, s katerimi lahko primerjamo rezultate.

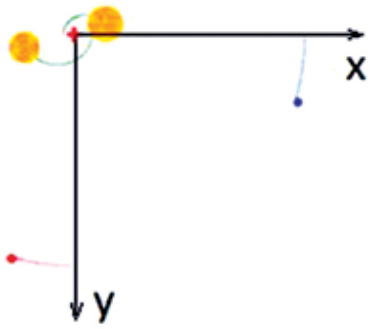
Krožne orbite zvezd smo opisali s polarnimi koordinatami z izhodiščem v težišču. Kotna hitrost se izračuna iz ravnovesja centrifugalne sile in sile teže, razdalja do težišča pa je pri krožnih orbitah konstantna in jo določimo na začetku simulacije skupaj z masama zvezd.

Pri eliptičnih orbitah pa se polarni kot računa po enačbah od 1 do 5. Kot začetne podatke vnesemo masi zvezd in razdaljo prve zvezde do težišča v periapsidi in apoapsidi. Iz teh podatkov se potem izračunajo velika in mala polos elipse, ekscentričnost in obhodni čas dvozvezdja (enačba 4). V simulaciji pa določimo dolžino časovnega koraka. V vsakem časovnem koraku se po enačbi 3 izračuna kot M. Nato se z bisekcijo po Keplerjevi enačbi (enačba 2) izračuna kot E. Bisekcija je mogoča, saj ustrezna funkcija narašča na intervalu, ki nas zanima. Natančnost bisekcije je nastavljena na manj kot eno desettisočinko kota v radianih. Iz kota E se po enačbi 1 izračuna kot φ, razdalja od zvezde do gorišča pa po enačbi 5.

Za premikanje planetov smo uporabili kartezični koordinatni sistem. Kot začetna podatka vnesemo pozicijo in hitrost planeta, ko sta zvezdi v periapsidi. Planet se nato v danem časovnem intervalu premakne sorazmerno z začetno hitrostjo. Nato pa se iz položaja zvezd določi težni pospešek po Newtonovem gravitacijskem zakonu na novem mestu planeta. Težni pospešek se razstavi na pravokotni komponenti, iz katerih se izračunata komponenti nove hitrosti planeta, ki se uporabita v naslednjem koraku. Iz komponent hitrosti dobimo premik planeta po x- in y-osi. Časovni korak je za planete tipa P 50.000 s (približno 15 ur pri razdaljah med zvezdama velikostnega reda astronomske enote), za planete tipa S pa 10.000 s. Ker je planet tipa S v neposredni bližini zvezd, so sile in spremembe količin, ki opisujejo gibanje, bistveno večje in je treba zmanjšati časovni korak.

3.1 Tip P

V tem primeru tako zvezdi kot planeti krožijo okoli težišča, zato v simulaciji težišče miruje in je v središču koordinatnega sistema. Opazujemo lahko tir dveh planetov, ki začneta potovati na isti oddaljenosti od težišča z enako velikostjo hitrosti, vendar na različnih mestih, kot je prikazano na sliki 6. Tako lahko preučujemo, kako začetna lega vpliva na razvoj planetarne orbite.

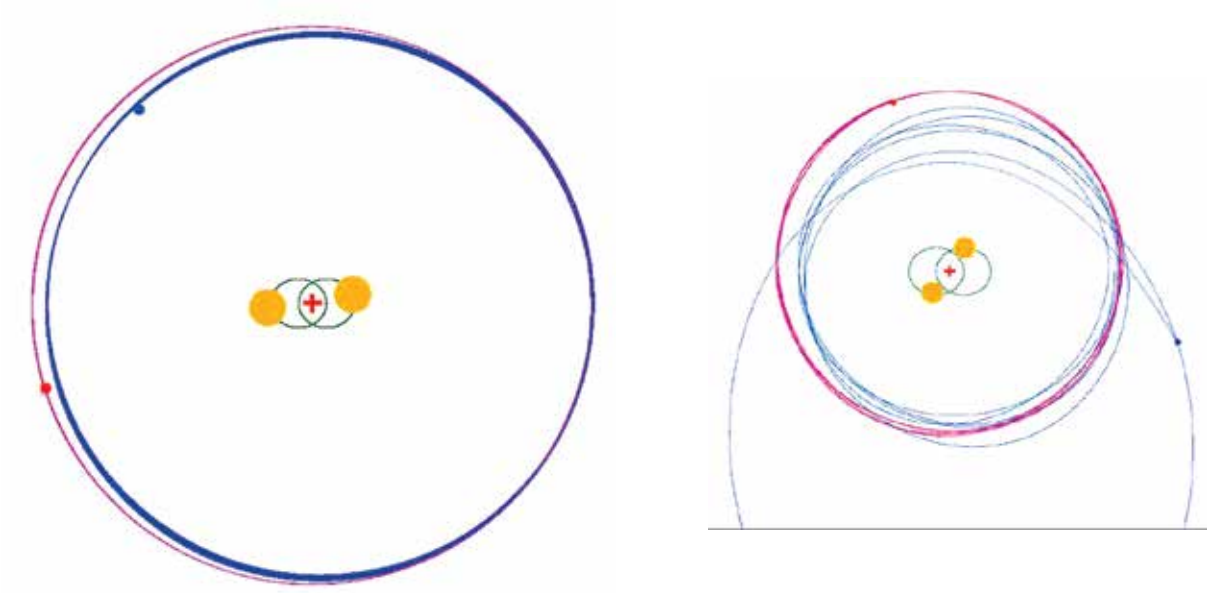


Slika 6: Prikaz začetne postavitve: zvezdi začneta v najbližji medsebojni legi, modri planet na osi *x*, rdeči pa na osi *y*.

Če se planeta nahajata globoko v območju stabilnosti, potem njuni orbiti skoraj sovpadata in sta na pogled krožni. Kolobar, ki ga izriše sled planeta po več obhodih, je ozek. To situacijo prikazuje slika 7a. Se pa na tej sliki že opazi, da modri planet kroži v povprečju nekoliko bližje težišču. Pri zmanjševanju začetne oddaljenosti je njegova orbita tista, ki je v nevarnosti, da prva postane nestabilna.

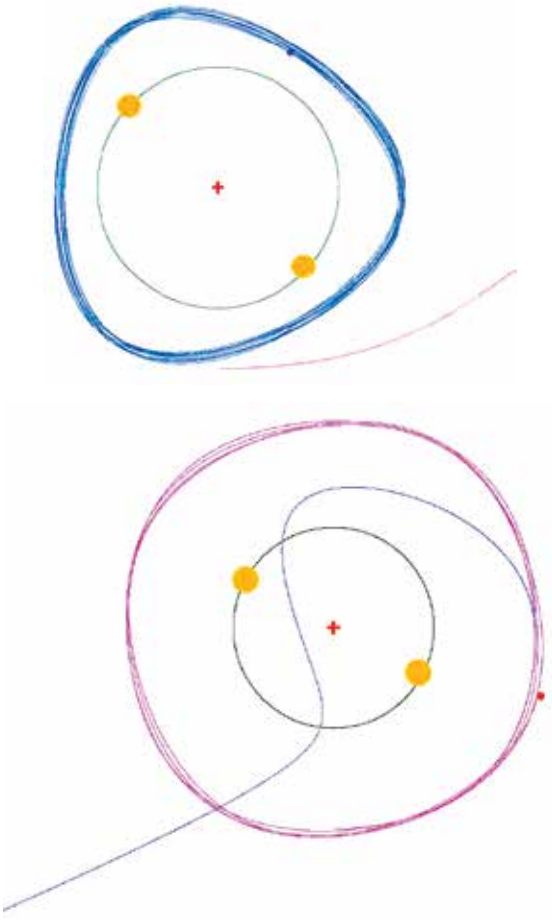
Na sliki 7b vidimo, da je rdeči planet s svojo orbito še v območju stabilnosti, modrega pa sta zvezdi v nekaj obhodih pritegnili k sebi. Zaradi zmanjšanja potencialne energije se poveča kinetična energija in planet se z veliko hitrostjo oddalji po izrazito eliptičnem tiru. Ker o stabilnosti orbite odloča samo začetni položaj, se planeta nahajata v kaotičnem območju.

Stabilne orbite planetov tipa P so kot v sistemih z enim soncem eliptične. Le ko se približujemo kritični orbiti, lahko spreminjajoče se gravitacijsko polje povzroči rahlo vijuganje tira. Planet se težišču najbolj približa pri matematično najenostavnejšem primeru dvozvezdja: enaki masi zvezd s krožno orbito, kjer je spodnja kritična or-



Slika 7a, b: Stabilna orbita za masno razmerje 1 : 1 in $e = 0{,}5$ (a) in presežena kritična orbita za isti primer (b).

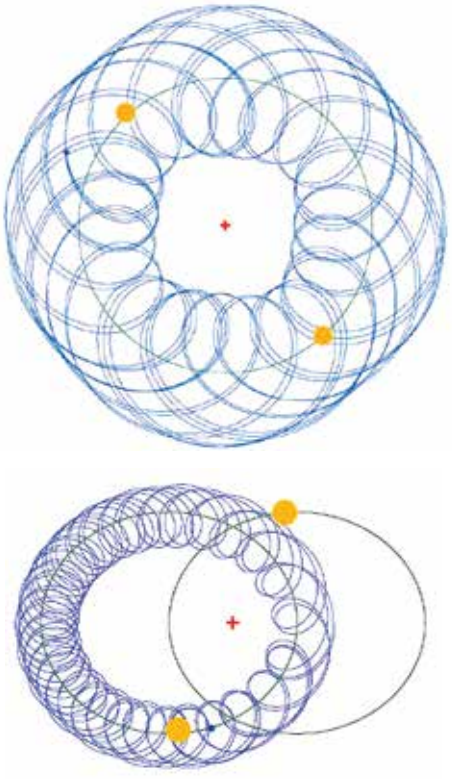
bita 2,4 a_D (slika 5). Če planet zavrtimo retrogradno (v nasprotno smer vrtenja zvezd), lahko dobimo s pravimi začetnimi pogoji nenavadne orbite kot na sliki 8.



Slika 8: Retrogradni »trikotna« in »kvadratna« orbita.

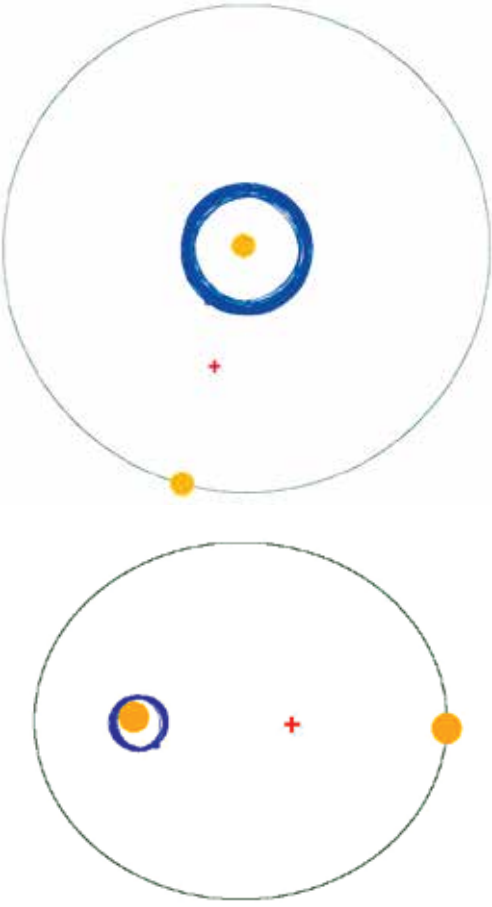
3.2 Tip S

Če obdržimo koordinatni sistem z mirujočim težiščem in približamo planet eni zvezdi, dobimo zelo dinamične simulacije. Zaradi preglednosti opazujemo samo en planet, ki je na začetku postavljen na os x desno od obeh zvezd. Planet se giblje okoli gibajoče se zvezde po kompleksnem tiru, ki lahko izriše zanimive pentlje, kot je primer na sliki 9.



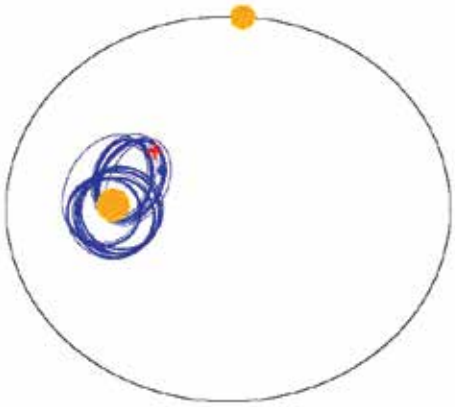
Slika 9: Pentlje planeta pri gibanju okoli ene zvezde pri krožnem in eliptičnem tiru zvezd.

Pri krožni orbiti so zaradi stalne hitrosti zvezd pentlje vzdolž tira povsod enake. Pri eliptičnem tiru pa se pokaže sprememba hitrosti zvezde v obliki gostote pentelj. V apoapsidi na skrajni levi je hitrost najmanjša in tam planet zvezdo na izbranem odseku tira večkrat obkroži, pentlje pa so ožje. Drugače je v periapsidi na desni, kjer so pentlje redke in široke, ko planet lovi hitro zvezdo. V periapsidi sta tudi zvezdi v najbližjem položaju in je zato moteči vpliv druge na planet največji. To je za planet kritična točka, kjer se lahko sproži nestabilnost orbite. Čeprav so animacije z gibajočimi se zvezdami atraktivne, pa za sam študij kritičnih orbit niso preveč primerne. Zato postavimo zvezdo s planetom v mirujoče koordinatno izhodišče in iz slike 9 dobimo sliko 10.



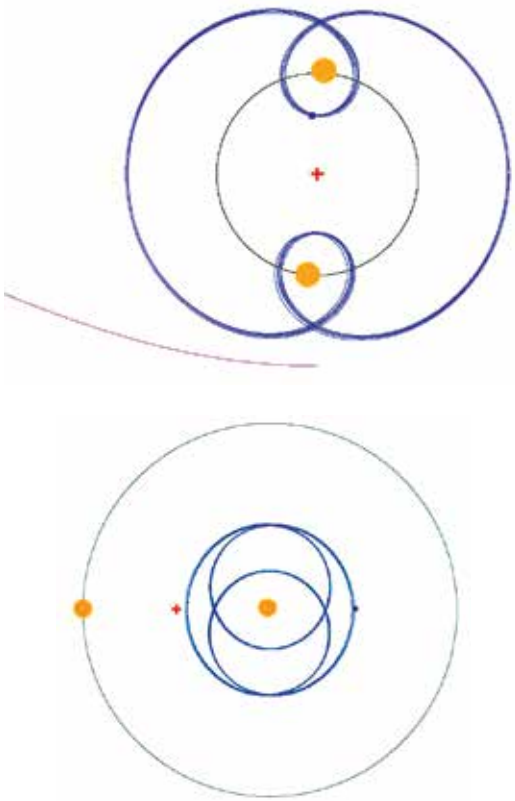
Slika 10: Isti dvozvezdji kot na sliki 9, kompleksni tir planeta se poenostavi v eliptičnega, če je matična zvezda v koordinatnem izhodišču.

Pri večjih ekscentričnostih zvezdnih orbit se dogaja, da moteča zvezda vsakič, ko se približa planetu, nekoliko spremeni njegovo orbito. Spremembe so lahko znatne, tako da se spremenita eliptičnost tira in obhodni čas, planet pa vseeno nadaljuje s kroženjem okoli matične zvezde – slika 11. V teh primerih se je težko odločiti, kje je orbita še stabilna in kje se začne kaotično območje.

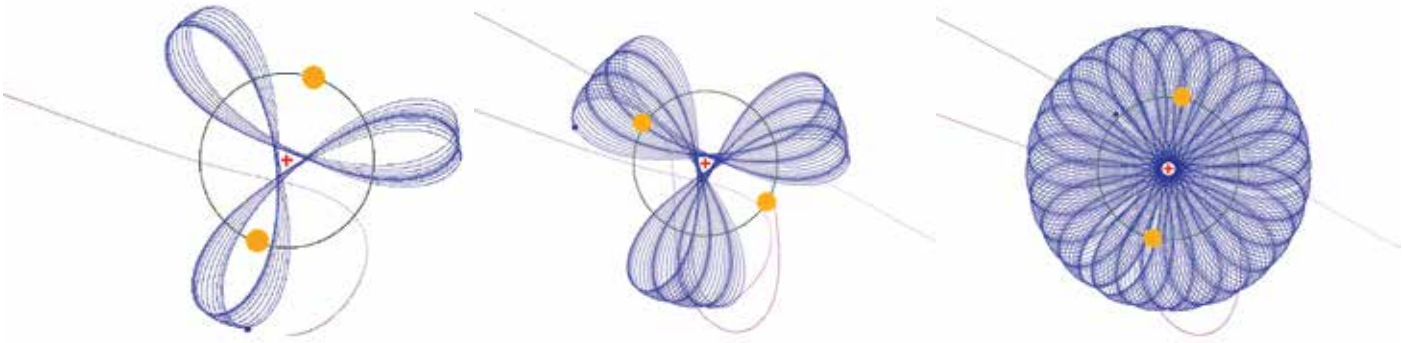


Slika 11: Masno razmerje 7 : 3, e = 0,5. Druga zvezda pri vsakem prehodu periapside spremeni orbito planeta.

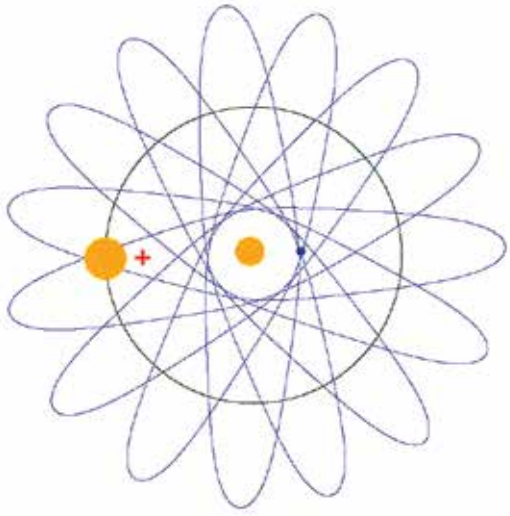
S spreminjanjem vhodnih parametrov lahko dobimo množico animacij, ki postrežejo s takšno ali drugačno zanimivostjo: sledi orbit izrišejo osupljive slike, zvezdi si »kradeta« planet ali pa se planet zaradi računskih napak, ko se preveč približa eni od zvezd, izstreli iz sistema. Najlepše slike (slike z veliko simetrije) izrisuje sled stabilnega planeta v dvozvezdjih s krožno orbito. Zanimivo je spremljati, v kakšno končno obliko se povezujejo elipse ali pentlje, izbiramo pa lahko tudi perspektivo z izbiro središča koordinatnega sistema.

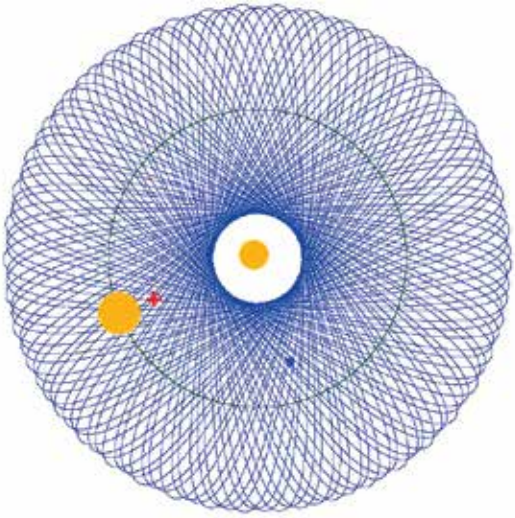


Slika 12: Masno razmerje 1 : 1, e = 0,0; pentlji se preoblikujeta v oko, ko spremenimo koordinatno izhodišče.



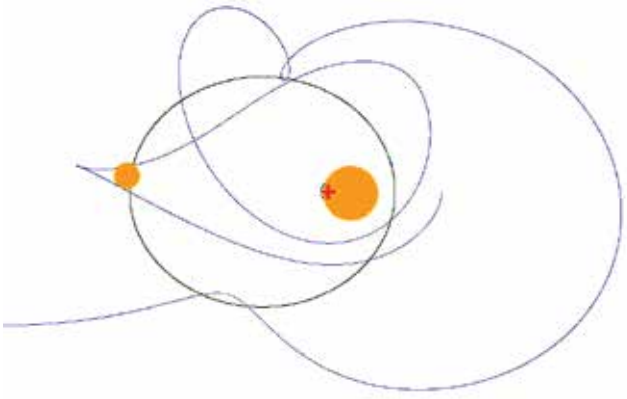
Slika 13: Razvoj triperesne deteljice v popolno rozeto po 10, 25 in 70 obhodnih časih dvozvezdja (masno razmerje 1 : 1, retrogradno).





Slika 14: Cvetlica; masno razmerje 1 : 3, lažja zvezda v središču, retrogradno.

Včasih pa tudi nestabilne orbite postrežejo s kakšnim presenečenjem in nastale oblike vzbujajo različne asociacije kot na sliki 15.



Slika 15: Masno razmerje 1 : 9, $e = 0{,}5$. Opaziš miško?

4 Zaključek

Računalniški programi so nastali na Gimnaziji Velenje v okviru izdelave raziskovalne naloge z naslovom Tatooine in podobni planeti [7], ki je bila predstavljena leta 2017 na Državnem srečanju mladih raziskovalcev v Murski Soboti v kategoriji Astronomija ali fizika. Uporabljena metoda je dovolj natančna, da se je 33 od skupno 35 določenih kritičnih orbit za oba tipa planetov ujemalo s podatki iz literature [3, 4, 5] z natančnostjo 20 %, kolikor znaša širina kaotičnega območja. Do večjega odstopanja je prišlo samo v dveh primerih pri tipu S, ko sta imeli zvezdi močno ekscentrični orbiti.

Uporabljena metoda zvezdi premika po pričakovanem tiru, zato so napake pri gibanju zvezd zanemarljive. Enako lahko rečemo za gibanje planetov, če so dovolj oddaljeni od zvezd, da se v izbranem časovnem koraku težni pospešek neznatno spremeni. Tudi tira zvezd bi lahko določali s sprotnim izračunavanjem težnega pospeška in hitrosti. Vendar pa bi morali zaradi doseganja dovolj velike natančnosti premikov močno skrajšati časovni korak in tako zelo upočasniti potek simulacij. Druga možnost bi bila uporaba natančnejših, a matematično (pre)zahtevnih metod integracije.

S primerno predstavitvijo z zgledi in razlago vhodnih podatkov lahko programe vključimo tudi v pouk. Možne so različne naloge. Dijaki najprej sami iščejo informacije o dvozvezdjih, eksoplanetih … in pripravijo predstavitev. V medpredmetnem sodelovanju z matematiko dijaki preučujejo lastnosti elipse in se seznanijo s pojmi gorišče, ekscentričnost, velika polos. Nato lahko sledi določanje kritičnih orbit planetov za različne tipe dvozvezdij. Lahko »razpišemo nagrado« za najlepšo, najzanimivejšo, najnenavadnejšo orbito. Simulacije lahko služijo kot demonstracija Keplerjevih zakonov ter ohranitve kinetične in potencialne energije. Dijake, ki imajo radi dodatne izzive, pa lahko vprašamo, zakaj je v primeru na sliki 7b ravno orbita modrega planeta tista, ki prva postane nestabilna. Kaj bi spremenili, da bi se prva destabilizirala orbita rdečega planeta? Odgovor se skriva v odvisnosti gravitacijske sile od razdalje in zahteva res dobro razumevanje dogajanja.

Obravnava dvozvezdij na predstavljeni način dijakom približa realno dogajanje v sončnih sistemih, osmišlja uporabo IKT in medpredmetno povezavo z matematiko. Dodana vrednost je atraktivnost planetarnih orbit, ki sama po sebi pritegne dijake, in ni potrebe po drugih motivacijskih prijemih. Do neke mere lahko tako govorimo o povezavi znanosti in umetnosti – STEAM, kar je bila rdeča nit 4. konference učiteljev naravoslovnih predmetov NAK 2017 v Laškem. Nekaj zanimivejših simulacij smo zbrali v video z naslovom »Creative Gravity«, ki je objavljen na spletni strani https://www.youtube.com/watch?v=0SmuWakQc7s.

Viri in literatura

[1] Binary stars, Australia telescope national facility. http://www.atnf.csiro.au/outreach/education/senior/astrophysics/binary_intro.html (19. 8. 2016).

[2] Curtis, H. D. (2010). Orbital mechanics for engineering students. Butterworth-Heinemann, Oxford, UK.

[3] Dvorak, R. (1986). Critical orbits in elliptic restricted three-body problem. Astronomy and astrophysics: 167, 379–386.

[4] Rabl, G., Dvorak, R. (1988). Satellite-type planetary orbits in double stars: a numerical approach. Astronomy and astrophysics: 191, 385–391.

[5] Holman, M. J., Weigert, P. A. (jan. 1999). Long-term stability of planets in binary systems. The astronomical journal: 177, 621–628.

[6] Kepler-47: two worlds circling a double star. http://www.space.com/17348-tatooine-alien-planets-two-suns-kepler-74-infographic.html (18. 8. 2016).

[7] Jevšenak, L., (2017). Tatooine in podobni planeti, raziskovalna naloga. Šolski center Velenje.

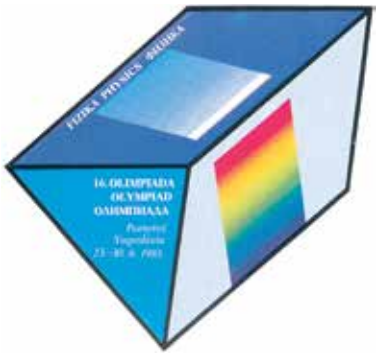
Iz digitalne bralnice ZRSŠ

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

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

Tekmovanje srednješolcev v znanju fizike

mag. Ciril Dominko
Gimnazija Bežigrad



Slika 1: Logo 16. mednarodne fizikalne olimpijade v Portorožu.

Povzetek

Tekmovanje srednješolcev v znanju fizike je poleg tekmovanja v matematiki najstarejše tekmovanje v znanju v Sloveniji. Je pomemben vidik dela z nadarjenimi dijaki, pri pripravah in izvajanju sodelujejo učitelji mentorji, šole, državne institucije in društva. Navedenih je nekaj zgodovinskih mejnikov pri razvoju tega tekmovanja na državni in mednarodni ravni, predstavljene so vloge deležnikov pri tekmovanju in opisano je trenutno stanje.

Ključne besede: fizika, astronomija in astrofizika, tekmovanja v znanju, srednja šola, mednarodna olimpijada v znanju

Secondary School Physics Competition

Abstract

The Secondary School Physics Competition is, in addition to the Mathematics Competition, the oldest secondary school subject area competition in Slovenia. It represents an important aspect of working with gifted students as the competitions involve teacher-mentors, schools, state institutions and associations. The article lists and describes several historical milestones in the development of this competition at the state and international level, the roles of stakeholders, and the current state of affairs.

Keywords: physics, astronomy and astrophysics, subject area competitions, secondary school, International Physics Olympiad

Uvod

Uspeh tekmovalcev na tekmovanjih v fiziki temelji na kombinaciji nadarjenosti in znanja s področja fizike. Pred leti, na začetku tekmovanj, so rezultati za tekmovalce vedno pomenili neko zunanjo potrditev, za mentorje in učitelje pa so bile naloge na tekmovanju vodilo za delo z najbolj uspešnimi in nadarjenimi dijaki. Takrat namreč še ni bilo eksternega preverjanja. Danes, ko imamo v našem šolskem sistemu eksterno maturo, pa lahko dijaki na tekmovanjih pokažejo kakovost, ki je pri ocenah pri pouku ali maturi ne morejo; povprečne ocene v slovenskem šolskem prostoru so se v zadnjem obdobju precej zvišale in ločljivost je v formalnem šolskem sistemu premajhna. Zato se je poskušalo vzpostaviti sistem tekmovanja in problemske naloge na tekmovanjih vedno sestaviti tako, da se je dijake diferenciralo in da najvišje dosežke dosegajo res najboljši.

Posebej pomemben je mednarodni vidik tekmovanj v znanju fizike. Kot udeleženci mednarodnih tekmovanj iz države z majhnim številom prebivalcev smo z rezultati že večkrat pokazali, da se po posameznih dosežkih lahko primerjamo z veliko večjimi državami. To pa je zelo pomembno za samopodobo naših tekmovalcev, v glavnem bodočih fizikov.

Ob tem se je treba zavedati, da obstaja tudi nekaj, sicer v primerjavi z uspešnimi tekmovalci bistveno manjše število nadarjenih dijakov s področja fizike, ki jim oblika tekmovanja (podvržena določenim zakonitostim, kot je omejen čas oziroma hitrost reševanja nalog) ne ustreza.

Zgodovinski pregled tekmovanj srednješolcev v znanju fizike in sedanje stanje

Tekmovanje v fiziki je poleg tekmovanja v matematiki najstarejše tekmovanje v znanju v Sloveniji. Prvo tekmovanje je bilo izvedeno leta 1951 med dijaki zadnjih

dveh letnikov višjih gimnazij, kar danes ustreza tretjemu in četrtemu letniku gimnazije. Temu tekmovanju je sledil nekajletni premor. Naslednje tekmovanje je bilo leta 1964. Od takrat se izvaja vsako leto [1], letos že 56-ič. Sprva se je tekmovanje imenovalo **Republiško tekmovanje iz fizike.**

Razen prvega je vsa naslednja tekmovanja organiziralo **Društvo matematikov, fizikov in astronomov Slovenije,** seveda velikokrat ob pomoči **Oddelka za fiziko na Fakulteti za matematiko in fiziko** (prej Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo) in, vsaj na začetku, **Inštituta Jožef Stefan.**

Kar nekaj začetnih tekmovanj je potekalo na Katedri za fiziko Fakultete za naravoslovje in tehnologijo v Ljubljani (sedaj Fakulteta za matematiko in fiziko, Oddelek za fiziko), kasneje pa se je izvajanje tekmovanj preneslo na gimnazije oziroma druge srednje šole po celotni Sloveniji.

V šestdesetih letih prejšnjega stoletja se je začelo na ravni Jugoslavije vzporedno z republiškimi tekmovanji izvajati tudi **Zvezno tekmovanje mladih fizikov.** Na tem tekmovanju so poleg srednješolcev sodelovali tudi osnovnošolci osmega razreda. Do leta 1991 se je na tem tekmovanju izbirala olimpijska ekipa. Tako zvezno tekmovanje je bilo leta 1987 tudi na Srednji naravoslovni šoli Ljubljana (sedaj Gimnazija Bežigrad). Zadnje zvezno tekmovanje, na katerem je sodelovala tudi ekipa iz Slovenije, je bilo 26. zvezno tekmovanje mladih fizikov leta 1990 v Apatinu (Vojvodina).

Republiško tekmovanje (po osamosvojitvi državno) se je vseskozi spreminjalo. Nekaj sprememb so narekovale organizacijske zahteve, največ pa pogoste šolske reforme.

Vsebinsko so bila tekmovanja do vključno leta 1983 organizirana po letnikih gimnazije, saj je bila snov razdeljena po gimnazijskem programu, od koder je prihajalo največ tekmovalcev. V gimnazijskem programu je bila do takrat fizika v drugem, tretjem in četrtem letniku. Z nastopom usmerjenega izobraževanja leta 1981 je vstopila v prvi razred srednjih šol SVIO fizika (Skupna vzgojno-izobrazbena osnova). V teh letih je bilo organizirano posebno tekmovanje v fiziki za prvi letnik, za višje letnike srednjih šol raznih usmeritev, predvsem naravoslovno-matematične, pa je od leta 1984 tekmovanje potekalo v štirih skupinah, razdeljenih po snovi. V skupini A je bila mehanika, v skupini B energija, v skupini C elektrika in magnetizem, v skupini D pa optika. Na začetku devetdesetih let prejšnjega stoletja, s koncem usmerjenega izobraževanja in ponovno ustanovitvijo gimnazij, je spet prišlo do spremembe organizacije tekmovanja. V gimnazijah se je fizika preselila v prve tri letnike kot obvezni predmet za vse dijake in v četrti letnik kot izbirni predmet za maturo, v različnih programih drugih srednjih šol pa odvisno od programa. Od takrat je bila v skupini A mehanika glede matematike prirejena zahtevnosti prvega letnika, zato so lahko v tej skupini tekmovali samo dijaki prvega letnika. Skupina D je pokrivala celotno srednješolsko snov fizike, dijaki te skupine pa so reševali tudi eksperimentalno nalogo. Iz te skupine so v tem obdobju izbirali olimpijsko ekipo, saj se od leta 1992 Slovenija kot samostojna država udeležuje mednarodnih fizikalnih olimpijad.

V začetnih letih na državnem tekmovanju ni bilo organizacijskih težav zaradi prevelikega števila tekmovalcev, z leti pa je to postalo težava. Rešitev so bila šolska tekmovanja, izbiro pa je na osnovi rezultatov s posameznih šol opravila republiška tekmovalna komisija. Ta način je vseskozi obremenjeval šole, ki so imele veliko dobrih tekmovalcev. Ti se zaradi na šolo omejenega števila niso mogli udeleževati republiških tekmovanj. Cilj komisije je namreč bil, da bi imela vsaka šola, ki se je želela udeležiti tekmovanja, kakega predstavnika. Zato, in ker se je število sodelujočih šol po ustanovitvi velikega števila gimnazij po letu 1990 povečalo z 20 na več kot 50, so po letu 1994 spremenili celotno vertikalo tekmovanja. Tako je bila Slovenija razdeljena na osem regij in na teh, regijskih tekmovanjih sodelujejo posamezne šole s poljubnim številom tekmovalcev. Skupno na regijskem tekmovanju v vseh regijah sodeluje okrog 900 tekmovalcev. Vsaka regija ima za državno tekmovanje določeno kvoto tekmovalcev, in sicer glede na število šol oziroma število dijakov ter glede na uspešnost tekmovalcev na državnih tekmovanjih v zadnjih štirih letih. Na regijskem tekmovanju so tekmovalne komisije sestavljene iz učiteljev fizike s srednjih šol iz regije in te komisije določijo udeležence državnega tekmovanja iz svoje regije. Tako je na državnih tekmovanjih od leta 1995 bolj ali manj stalno število tekmovalcev, 125 v vseh štirih skupinah. Deset najuspešnejših tekmovalcev državnega tekmovanja iz skupine D pa se udeležuje izbirnega tekmovanja za olimpijsko ekipo. Na tem tekmovanju prihaja v poštev seveda vsa srednješolska fizika, raven nalog pa je že delno prilagojena ravni na olimpijadah.

Leta 2001 so bile zaradi spremenjenih učnih načrtov za fiziko spremenjene tekmovalne skupine. Dijaki od tedaj tekmujejo v treh skupinah, I, II in III, ki se razlikujejo po snovi. Skupina III nadomešča prejšnjo skupino D.

Pri taki razdelitvi snovi po skupinah se je z leti pokazalo, da predvsem dijaki prvega letnika gimnazijskega programa zaradi učnega načrta za prvi letnik ne morejo tekmovati v skupini I oziroma lahko v njej tekmujejo samo izredno nadarjeni dijaki, ki v okviru krožka ali kako drugače usvojijo še dodatno snov. Za kontinuiteto tekmovanj pri prehodu iz osnovne šole v srednjo ta prekinitev v prvem letniku ni bila ugodna, zato je bila leta 2014 vpeljana tekmovalna skupina O. V tej skupini lahko tekmujejo dijaki srednjih šol, ki prvo leto poslušajo fiziko v srednji šoli (v glavnem prvi letnik), naloge pa so iz osnovnošolske snovi. Namen tega je predvsem popularizacija in zagotovitev kontinuitete tekmovanj pri prehodu iz osnovne v srednjo šolo. Naloge so podobnega tipa kot pri tekmovanju Matematični Kenguru, tekmovanje je šolsko in ga izvedejo učitelji fizike na šoli. Tekmovan-

je v skupini O ni stopenjsko, zato lahko tekmovalci, ki so tekmovali v tej skupini, tekmujejo tudi na regijskem tekmovanju in se preko tega uvrstijo na državno.

V šolskem letu 2017/18 je prišlo še do ene spremembe tekmovalnega sistema. Nekatere velike šole, kjer je bilo veliko dijakov zainteresiranih za udeležbo na regijskem tekmovanju, so imele težave, ker jih toliko v primerjavi z drugimi šolami niso mogle prijaviti. Zaradi pravila, da se prve stopnje kateregakoli tekmovanja lahko udeleži vsak, ki želi, so morale te šole pred prijavo na regijsko tekmovanje samostojno izvesti neke vrste kvalifikacijsko tekmovanje, kar pa za učitelje teh šol ni bilo enostavno. Za te šole je bilo vpeljano šolsko tekmovanje, na katerem pa lahko sodelujejo tudi druge šole, ki tega sicer ne bi potrebovale. Prej opisano šolsko tekmovanje skupine O se je preimenovalo v Čmrlj in obdržalo svoje značilnosti.

Sistem tekmovanj v srednješolski fiziki je trenutno naslednji: **Čmrlj**, popularizacijsko tekmovanje za dijake, ki imajo prvo leto fiziko v srednji šoli, iz osnovnošolske snovi. Tri stopnje tekmovanja, **šolsko, regijsko in državno,** v treh tekmovalnih skupinah I, II in III, ki se razlikujejo po snovi. Uradno ime tekmovanja je **Tekmovanje srednješolcev v znanju fizike za Stefanova priznanja.** Za prehod na mednarodna tekmovanja je **izbirno** tekmovanje, na katerem se v kombinaciji z rezultati na državnem tekmovanju izbereta ekipi za **Evropsko fizikalno olimpijado** in **Mednarodno fizikalno olimpijado.**[1]

Gostitelji tekmovanj na regijski ravni so srednje šole iz teh regij in se vsako leto izmenjujejo. Enako je z državnim tekmovanjem, pri čemer je pogoj, da so gostitelji vsako leto z drugega dela Slovenije. Izbirno tekmovanje poteka vsako leto na Oddelku za fiziko Fakultete za matematiko in fiziko v Ljubljani.

Naloge za vsa našteta tekmovanja, razen mednarodnih, sestavljajo večinoma študenti fizike, bivši tekmovalci, predvsem bivši olimpijci. Ti so tudi ocenjevalci izdelkov na državnem in izbirnem tekmovanju.

Mednarodna fizikalna olimpijada in Evropska fizikalna olimpijada – priprave in dosežki

Slovenija se od leta 1992 udeležuje mednarodnih fizikalnih olimpijad [2]. Svoje tekmovalce je imela na olimpijadah že prej, vendar v okviru jugoslovanske ekipe. Takrat se je ekipa sestavljala na zveznih tekmovanjih, ki so se jih udeleževali najuspešnejši tekmovalci z republiških tekmovanj tedanjih članic jugoslovanske federacije.

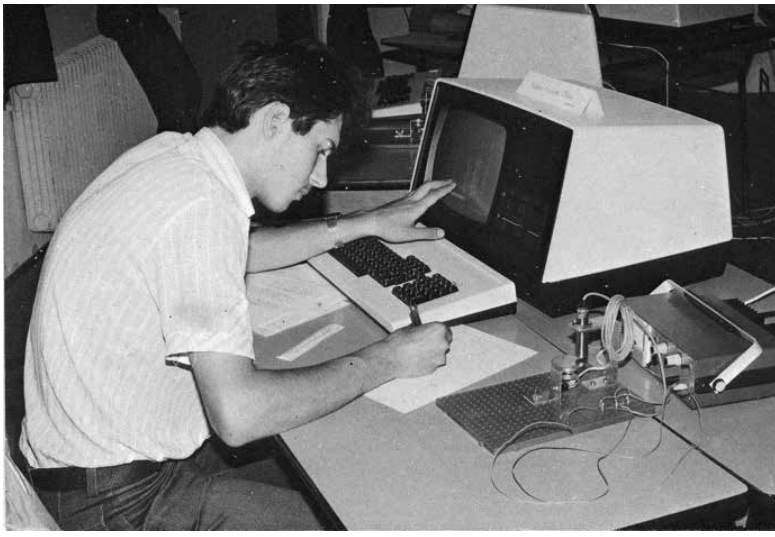
Od leta 1995 za olimpijsko ekipo izbirajo tekmovalce iz skupine III (izjemoma, če imajo nekateri tekmovalci med prvimi desetimi iz te skupine na državnem tekmovanju manj kot polovico možnih točk, tudi nekatere iz skupine II) na izbirnem tekmovanju, kamor se uvrstijo preko regijskega in državnega tekmovanja. Slovensko olimpijsko ekipo sestavlja pet tekmovalcev z največjo vsoto točk z državnega in izbirnega tekmovanja.

Vsako leto pred odhodom na olimpijado potekajo petdnevne priprave. Na njih tekmovalce pripravljajo iz snovi, ki je predpisana v katalogu znanj za mednarodno fizikalno olimpijado, ni pa je v naših učnih načrtih. Priprave so bile v preteklosti iz teoretičnega in eksperimentalnega področja, v zadnjih letih pa potekajo eksperimentalne priprave že med letom na Pedagoški fakulteti v Ljubljani, teoretični del pa na petdnevnih pripravah pred tekmovanjem. Te vodijo večinoma bivši olimpijci, sedaj v glavnem sodelavci na Oddelku za fiziko Fakultete za matematiko in fiziko, Inštituta Jožef Stefan in Pedagoške fakultete v Ljubljani.

Rezultati na mednarodni fizikalni olimpijadi, ki jih dosegajo naši tekmovalci, so dobri. Med okrog 80 državami se Slovenija po kriteriju doseženih priznanj neuradno uvršča nekje od prve tretjine do polovice. Ker ne tekmujejo ekipe držav, ampak posamezniki, uradnih rezultatov po državah ni.

V letih od 1967, ko je bila prva Mednarodna fizikalna olimpijada, pa do 1991, ko je razpadla Jugoslavija, je v jugoslovanski olimpijski ekipi na olimpijadah sodelovalo 15 dijakov iz Slovenije. Ti dijaki so skupno osvojili dve srebrni medalji, štiri bronaste in dve pohvali.

V tem obdobju, leta 1985, je bila Slovenija v okviru Jugoslavije organizatorica 16. mednarodne fizikalne olimpijade v Portorožu. Tekmovanje je potekalo na Srednji



Slika 2: Reševanje eksperimentalne naloge na mednarodni fizikalni olimpijadi v Portorožu. Prvič na olimpijadi je meritve zajemal računalnik. Izdelala ga je Iskra.

1 Poročila z regijskih in državnih tekmovanj ter olimpijad in naloge z regijskih in državnih tekmovanj ter rešitve so vsakoletno objavljene v reviji **Presek**, ki jo izdaja DMFA Slovenije. O zveznih tekmovanjih mladih fizikov je poročal **Matematičko-fizički list**.

Slika 3: Prva zlata medalja za Slovenijo na 33. mednarodni fizikalni olimpijadi na Baliju, Indonezija, leta 2002. Od leve proti desni: mag. Ciril Dominko (vodja), Davorin Učakar, Andraž Stožer (pohvala), **Matija Perne (zlata medalja)**, Gašper Žerovnik (pohvala), Matjaž Humar (pohvala), dr. Jurij Bajc (vodja).

pedagoški in naravoslovno-matematični šoli Koper (sedaj Gimnazija Koper).

Na olimpijadi je sodelovalo 20 držav, tri pa so bile opazovalke. Sama organizacija in izvedba olimpijade je precej odmevala tudi po svetu, saj se je olimpijada v tem času glede udeležencev širila na vse celine. Opazovalki in s tem kandidatki za udeležbo na naslednjih olimpijadah sta bili na primer Kitajska in Združene države Amerike [3].

V letih od 1992, ko smo prvič sodelovali na olimpijadi kot samostojna država Slovenija, pa do vključno 2017 je v slovenski ekipi na olimpijadah sodelovalo 117 dijakov (leta 2003 se olimpijade nismo udeležili zaradi epidemije SARS-a). Ti dijaki so osvojili dve zlati medalji, šest srebrnih, 34 bronastih in 44 pohval. Zlato medaljo sta osvojila Matija Perne leta 2002, kar je sploh prva zlata medalja za Slovenijo na katerikoli mednarodni olimpijadi iz znanja, in Aleksej Jurca leta 2017. Do leta 2017 so na vseh mednarodnih olimpijadah iz znanja slovenski tekmovalci individualno osvojili štiri zlate medalje: dve iz fizike, eno iz astronomije in astrofizike ter eno iz biologije.

V obeh obdobjih mednarodnih olimpijad so nekateri tekmovalci nastopali večkrat, štirje tekmovalci celo trikrat. V jugoslovanski olimpijski ekipi sta to dosegla Dean Mozetič v letih od 1981 do 1983, ki je osvojil eno srebrno in eno bronasto medaljo, ter Andrej Vilfan, ki je v letih od 1987 do 1989 osvojil eno srebrno in dve bronasti medalji. V slovenski olimpijski ekipi pa Matjaž Payrits, ki je v obdobju od 2007 do 2009 osvojil dve srebrni medalji, ter Aleksej Jurca, ki je v obdobju od 2015 do 2017 prejel eno zlato medaljo in dve bronasti ter je najuspešnejši slovenski tekmovalec na mednarodnih fizikalnih olimpijadah. Seveda so vse izvedbe olimpijad od leta 1967 do 2017 težko primerljive med seboj. Na začetku je sodelovalo le nekaj držav iz t. i. Vzhodnega bloka, medtem ko sedaj sodelujejo države z vseh celin. Vmes so se pravila za podeljevanje priznanj spreminjala.

Lani je bila po večletnih dogovorih in pripravah izvedena prva Evropska fizikalna olimpijada. O vrednotenju rezultatov je še prezgodaj govoriti, treba pa je dodelati sistem izbire tekmovalcev za to ekipo na državni ravni, ker so datumi izvedbe olimpijade za naš šolski sistem neugodni. Letos se na primer dijaki četrtega letnika te olimpijade ne bodo mogli udeležiti, ker istočasno poteka splošna matura.

Mentorji tekmovalcev

Mentorji tekmovalcev so zelo pomembna komponenta pri razvijanju nadarjenosti tekmovalca. Tudi uspehi tekmovalcev so praviloma zelo odvisni od simbioze med tekmovalcem in njegovim mentorjem. Občasno pa se pojavijo izjeme – zelo nadarjeni dijaki, ki lahko brez velike pomoči mentorja dosežejo zavidljiv rezultat, tudi uvrstitev v slovensko olimpijsko ekipo. Razvoj obeh, tako tekmovalca kot mentorja, pa je navadno soodvisen. Zemljevid rezultatov na državnem tekmovanju po regijah in po šolah skozi večletna obdobja kaže zanimivo sliko (ob predpostavki, da ostaja razporeditev nadarjenih dijakov po Sloveniji več ali manj enaka, pri čemer že upoštevamo, da je njihova koncentracija po regijah različna zaradi različne naseljenosti): po Sloveniji nastajajo slike črnih območij slabih tekmovalnih rezultatov, ki se v večletnih obdobjih lahko tudi spreminjajo, kar kaže na odsotnost ustreznega mentorskega dela na teh območjih.

Na prisotnost mentorjev in kakovost njihovega dela vplivajo mnogi dejavniki, od osebnih do sistemskih. Prav slednji ob čedalje bolj neustreznem družbenem in gmotnem položaju učiteljev najbolj negativno vplivajo na kakovost mentorskega dela. Treba se je tudi zavedati, da je delo z zelo nadarjenimi dijaki strokovno na visoki ravni in zahteva zelo usposobljenega učitelja.

Vloga šole pri podpori priprav na tekmovanja in njihovem izvajanju

Vloga šole, predvsem iniciativa aktiva fizikov in polna strokovna, materialna in organizacijska podpora vodstva šole, je pri pripravah na tekmovanja tako za tekmovalce kot mentorje zelo pomembna. Sprva se kaže v viziji šole, razvojnih načrtih šole, projektih šole, ozračju na šoli, kasneje pa v pomoči pri organizaciji priprav ter podpori mentorjem in v končni fazi pri samih tekmovanjih. Na mnogih šolah je ta dejavnost bistvena pri delu z nadarjenimi dijaki.

Prav tako bistvena je podpora šol pri organizaciji šolskih, regijskih in državnih tekmovanj.

Vloga drugih institucij pri podpori tekmovanj

Različne državne institucije so pri izvajanju tekmovanj vseskozi sodelovale predvsem finančno in organizacijsko, vsebinsko pa predvsem po osamosvojitvi Slovenije. Formalno tekmovanja s strani institucij dolgo niso bila urejena, šele leta 2008 je bil izdan **Pravilnik o sofinanciranju šolskih tekmovanj**. S tem pravilnikom so se določili postopki, kriteriji in merila za sofinanciranje organizacije in izvedbe državnih tekmovanj za učence, dijake, vajence in študente višjih strokovnih šol, sofinanciranje udeležbe na mednarodnih tekmovanjih ter na olimpijadi iz znanja za dijake in študente višjih strokovnih šol po predhodnem izboru na državni ravni ter postopek zagotavljanja sredstev iz proračuna [4]. Šele s tem pravilnikom so se različna tekmovanja precej izenačila v postopkih izvajanja in predvsem, kar je bil najpomembnejši dosežek tega pravilnika, da so bili kolikor toliko poenoteni kriteriji za podeljevanje zlatih priznanj. To naj bi bilo edino priznanje, po katerem bi se dosežki na različnih tekmovanjih lahko medsebojno primerjali.

Glede **financiranja izvedbe tekmovanj** so imeli organizatorji tekmovanj najmanj težav v devetdesetih letih prejšnjega stoletja. Takrat je ministrstvo za šolstvo pokrivalo v glavnem vse stroške za vse stopnje tekmovanja do vključno državnega, ministrstvo za znanost pa stroške od izbirnega tekmovanja do vključno mednarodne fizikalne olimpijade. V tem času je bilo kar nekaj delovnih organizacij v Sloveniji in tudi javnih institucij pripravljenih sponzorsko podpirati tekmovanja, tako državna kot mednarodna. Po letu 2000 pa so se začele težave s sofinanciranjem tekmovanj. Da bi lahko izpeljali tekmovanja po vsej vertikali, od šolskega na začetku do mednarodne olimpijade na koncu, je bilo treba na začetni stopnji tekmovanja vpeljati kotizacijo za vsakega tekmovalca. Posebna težava so veliki stroški mednarodnih olimpijad, kadar so organizirane v oddaljenih državah. Težava se je povečala, ko sta se združili ministrstvi za šolstvo in znanost in je vir financiranja za mednarodna tekmovanja praktično usahnil. Situacijo je nekoliko omililo financiranje mednarodnih tekmovanj s strani Javnega sklada RS za razvoj kadrov in štipendiranje.

Na razvoj tekmovanj vplivajo tudi druge državne institucije. Tako je Javni sklad RS za razvoj kadrov in štipendiranje v pravilnikih za pridobitev štipendij za nadarjene postavil pogoj, da kandidati za pridobitev potrebujejo izjemen dosežek, pri čemer prideta v poštev zlato in srebrno priznanje. Taka odločitev je imela velik vpliv na udeležence tekmovanj pa tudi na priznanja, saj prej omenjeni Pravilnik o sofinanciranju šolskih tekmovanj ni poenotil kriterijev za različna tekmovanja glede podeljevanja srebrnih medalj, ampak samo zlatih.

Fizikalno tekmovanje, tako kot še mnoga druga iz matematike, fizike in astronomije, poteka pod okriljem **Društva matematikov, fizikov in astronomov Slovenije (DMFA)**. Iz DMFA vedno izhajata predsednik državne tekmovalne komisije, ki je odgovoren za strokovni del tekmovanja, in tajnik komisije za popularizacijo fizike, ki je odgovoren za organizacijo in izvedbo tekmovanj. Društvo skrbi, da se tekmovanja strokovno in organizacijsko izvedejo na najvišji ravni. V ta namen je bila razvita programska oprema **InfoServer**, ki zelo olajša delo mentorjem pri prijavah na tekmovanja, organizatorjem na vseh stopnjah izvedbo tekmovanj, tekmovalcem in mentorjem pa dosegljivost rezultatov.

Zelo pomembna vloga DMFA je materialna osnova za izvedbo tekmovanj. Društvo pridobiva sredstva kot javna sredstva iz javnih razpisov, iz kotizacij za tekmovanja, ki jih plačujejo šole, razliko pa pokriva iz dopolnilnih pridobitnih dejavnosti, sredstev donatorjev, članarine in iz organizacije seminarjev in predavanj za člane društva.

Zelo je pomembna vloga društva pri izdajanju strokovne literature s področja fizikalnih ved, posebej pa s področja, ki se neposredno tiče tekmovanj. Tako društvo že od začetka tekmovanj skrbi, da so naloge s tekmovanj in njihove rešitve objavljene: vsako leto sproti v društveni reviji za mlade matematike, fizike in astronome **Presek** ter na spletni strani DMFA, na daljše časovno obdobje pa v zbirkah v knjižni obliki. Tako so do sedaj v okviru društva DMFA – založništvo izšle štiri zbirke z več ponatisi (tretja zbirka je sestavljena iz dveh knjig). V zbirkah so zbrana besedila nalog in rešitve z republiških in državnih tekmovanj z vseh stopenj tekmovanj, nekaj nalog pa je tudi z zveznih in izbirnih tekmovanj ter olimpijad. Zbirke so namenjene predvsem tekmovalcem in mentorjem.

Ker nekateri dijaki zaradi objektivnih ali subjektivnih razlogov nimajo mentorjev, sta tretja in četrta zbirka

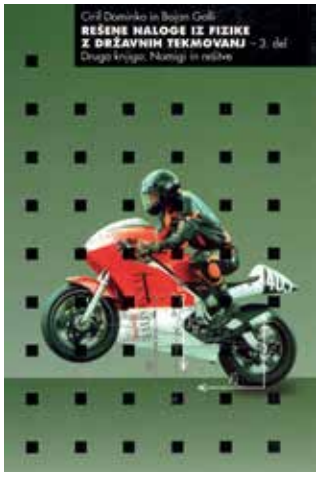
Slika 4: Druga zlata medalja za Slovenijo na 48. mednarodni fizikalni olimpijadi v Yogyakarti, Indonezija, leta 2017. Od leve proti desni: dr. Jurij Bajc (vodja), Urban Duh (pohvala), Luka Govedič (srebrna medalja), **Aleksej Jurca (zlata medalja)**, Marko Čmrlec (bronasta medalja), Klemen Bogataj in dr. Barbara Rovšek (vodja). Foto: Barbara Rovšek.

urejeni tako, da se ti dijaki lažje samostojno pripravljajo na tekmovanje. Poleg besedil nalog in rešitev sta dodani vmesni stopnji: v rezultatih reševalec najde številski rezultat, v namigih pa poskušamo reševalca usmeriti na pravo pot. Na začetku zbirke je kratek fizikalni vademekum (priročnik). V njem je nekoliko obširnejša razlaga tistih pojmov, količin in enačb, ki so v srednješolskih učbenikih omenjeni le bežno ali sploh ne, se pa pri nalogah na mednarodni ravni pogosto pojavljajo [5]. Tekmovalec lahko naloge rešuje samostojno, če rezultat ni pravilen in namig ni pomagal, pa je na koncu še obširna obrazložena rešitev.

Na spodnjih slikah so naslovnice do sedaj izdanih zbirk nalog in rešitev z republiških oziroma državnih tekmovanj – od začetka tekmovanj do vključno leta 2013.

Prva zbirka: Naloge od začetka tekmovanj do leta 1970.

Druga zbirka: Naloge od leta 1971 do 1983.



Tretja zbirka. Prva knjiga: Vademekum in naloge. Druga knjiga: Namigi in rešitve. Od leta 1984 do 1998.

Četrta zbirka: Naloge od leta 1999 do 2013.

Viri in literatura

[1] Hribar, M. (1971). *Rešene naloge iz fizike z republiških tekmovanj*. Ljubljana: Mladinska knjiga.

[2] http://ipho.org.

[3] Edge, R. D., Eisenkraft A. (1986). *The International Physics* Olympiad. The Physics Teacher 24, 265–269.

[4] Uradni list RS (2008). *Pravilnik o sofinanciranju šolskih tekmovanj.* Uradni list RS, št. 31/2008: 2834.

[5] Dominko, C., Golli, B. (2003). *Rešene naloge iz fizike z državnih tekmovanj: 3. del*. Ljubljana: DMFA – založništvo.

Zgodba o uspehu

Miran Tratnik
Gimnazija Nova Gorica in Hiša eksperimentov

Povzetek

Prispevek povzema uspehe slovenskih ekip na državnem in mednarodnem tekmovanju v odpiranju fizikalnih sefov v Izraelu.

Ključne besede: sef, Hiša eksperimentov in fizikalna uganka.

Success Story

Abstract

This paper sums up the success of Slovenian teams at the national and international competition in Israel in cracking physics-based safes.

Keywords: safe, Hiša eksperimentov/House of Experiments, physics riddle.

Zgodovina tekmovanja

Zgodba se je začela leta 2006, ko je Miha Kos, ustanovitelj in direktor Hiše eksperimentov, gostoval na Festivalu znanosti v Rehovotu v Izraelu. Tam so mu predstavili tekmovanje v odpiranju fizikalnih sefov, ki ga v Izraelu imenujejo The Shalhevet Freier Physics Tournament in ga v Weizmannovem inštitutu organizirajo že 23 let. Na Mihovo pobudo so na Gimnaziji Vič sestavili skupino, ki je kot predstavnica Slovenije leta 2009 prvič nastopila na tekmovanju. Izdelali so sef, z njim prišli v Izrael, takoj videli, za kaj gre, tekmovali in zmagali. V naslednjem šolskem letu – 2009/10 – je Hiša eksperimentov že organizirala prvo državno tekmovanje v odpiranju fizikalnih sefov, ki so ga poimenovali »Videl, premislil, odklenil!« Tekmovanje v odpiranju fizikalnih sefov. Udeležile so se ga skupine dijakov z Gimnazije Črnomelj, Gimnazije Celje in Gimnazije Nova Gorica. Zmagovalna skupina z Gimnazije Nova Gorica se je udeležila mednarodnega tekmovanja v Izraelu. Na drugem državnem tekmovanju so tako kot na prvem tekmovale tri skupine dijakov z Gimnazije Črnomelj, Gimnazije Nova Gorica in Gimnazije Vič. Tokrat je zmagala skupina Gimnazije Vič, ki je nato zastopala Slovenijo na mednarodnem tekmovanju. Naslednja štiri leta se je na državno tekmovanje prijavljala le skupina z Gimnazije Nova Gorica in zato vsakokrat zastopala Slovenijo na mednarodnem tekmovanju. Čeprav se nismo predhodno preizkusili na državnih tekmovanjih, smo v Izraelu dosegali izjemne uvrstitve: leta 2012 drugo mesto, leta 2013 šesto mesto in leta 2014 tretje mesto.

Ves čas smo želeli, da bi tekmovanje v Sloveniji postalo bolj poznano in priljubljeno ter da bi se ga udeležilo več skupin. V sodelovanju z Milenkom Stiplovškom, svetovalcem za fiziko na Zavodu RS za šolstvo, sva avtor članka in Timotej Maroševič, učitelj fizike na Gimnaziji Vič, na sklicu študijskih skupin za srednjo šolo avgusta 2014 in 2015 učiteljem fizike predstavila tekmovanje in primere uspešnih sefov. Predstavitev leta 2015 je bila izvedena v kontekstu dela z za fiziko nadarjenimi dijaki. Razprave po predstavitvi se je udeležil tudi Miha Kos. Avtor članka in Peter Šlajpah z Gimnazije Želimlje sva tekmovanje in nekaj sefov predstavila na 4. konferenci učiteljev naravoslovnih predmetov NAK 2017 v Laškem. Rezultat popularizacije tekmovanja in odmevnih uvrstitev slovenskih ekip je bil, da se je državnega tekmovanja leta 2015 udeležilo sedem skupin, leta 2016 pet, leta 2017 devet in letos osem. Od leta 2015 na mednarodnem tekmovanju sodelujeta dve slovenski skupini. Lani je na državnem tekmovanju zmagala skupina z Gimnazije Novo mesto pod mentorstvom Blaža Zaberta. Na mednarodnem tekmovanju so dosegli odlično sedmo mesto.

Posebna zgodba o uspehu pa so dijaki z Gimnazije Želimlje in njihov mentor Peter Šlajpah. Na državnih tekmovanjih so v letih 2015, 2016 in 2018 dosegli prvo mesto, leta 2017 pa drugo. Na mednarodnih tekmovanjih so bili v zadnjih treh letih enkrat drugi in dvakrat zmagovalci. Tudi na letošnjem mednarodnem tekmovanju je skupina z Gimnazije Želimlje zmagala, skupina z Gimnazije Nova Gorica pa je bila tretja.

Slovenske ekipe imamo v Izraelu renome zmagovalnih skupin in postavljamo nove mejnike v merilih uspešnosti na tekmovanjih v odpiranju fizikalnih sefov. Razlogov za tako dobre uvrstitve slovenskih dijakov je več. Naši dijaki so po znanju primerljivi z dijaki iz vsake države na svetu. Tekmovanje je že samo po sebi tako zanimivo, da najboljše dijake motivira, da se v največji meri potrudijo in se hočejo izkazati. Želja po zmagi na državnem tekmovanju, še posebej pa čim boljša uvrstitev in pot na mednarodno tekmovanje v Izrael, so zelo močen motiv za angažiranje dijakov. Posebej gre izpostaviti mentorje skupin. Če učitelji fizike na šolah ne bi bili navdušeni nad tekmovanjem in svojega navdušenja ne bi prenašali na dijake, Slovenci na tekmovanjih ne bi dosegali tako izjemnih uvrstitev. Odločilno vlogo pa smo odigrali tudi vsi omenjeni v tem prispevku, ki organiziramo tekmovanje in smo s skupnimi močmi dosegli, da je v Sloveniji zelo priljubljeno. Ne nazadnje tudi dejstvo, da so v Izraelu v skupino približno 25 sodnikov zadnja tri leta vključili avtorja tega prispevka kot edinega sodnika, ki ne prihaja iz Izraela, govori o ugledu Slovenije na tekmovanju.

V Hiši eksperimentov poleg direktorja Mihe Kosa za tekmovanje vsa leta skrbi Luka Vidic. On je glavni organizator državnega tekmovanja in poskrbi za njegovo brezhibno izvedbo. Luka je zagotovo eden najzaslužnejših za sodelovanje Slovenije na mednarodnem tekmovanju.

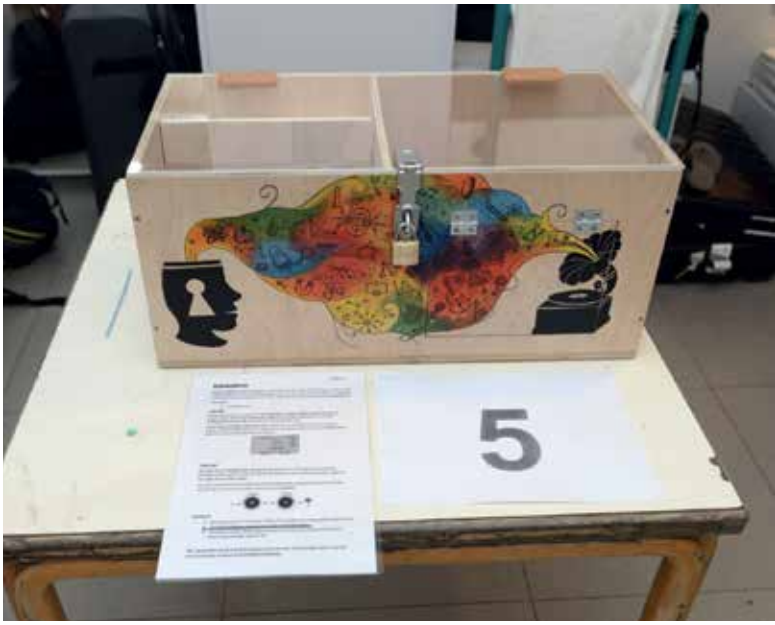
Od leta 2014 sefe predstavimo na stojnicah Vrta eksperimentov, ki poteka v središču Ljubljane prvi konec tedna v juniju. Vrt eksperimentov je del Znanstivala – festivala znanosti, ki ga organizira Hiša eksperimentov.

Potek tekmovanja

Za tekmovanje skupina sestavi sef, ki ga je mogoče odpreti, če rešiš fizikalni uganki. Na tekmovanju skupine druga drugi poskušajo v desetih minutah vdreti v sef. Pred tem skupina sef predstavi strokovni komisiji. Končna ocena je sestavljena iz ocene strokovne komisije – 45 %, ocene, ki jo dajo ekipe druga drugi – 20 %, ocene iz števila uspešnih vlomov v druge sefe – 25 % in ocene iz števila neuspešnih vlomov v naš sef – 10 %.

Pogojev, ki morajo biti izpolnjeni, da bo skupina zelo uspešna na tekmovanju, je več. Predvsem si morajo najprej zamisliti sef z izrednimi ugankami in ga potem tudi natančno in kakovostno izdelati. Dober sef ima fizikalne uganke zastavljene tako, da je vanj lahko vdreti, če ugotoviš, katera fizikalna načela so vključena, sicer je vdor praktično nemogoč. Tudi izvedba uganke mora biti domiselna. Sef mora biti tudi oblikovno dovršen. Da bi ekipe in sodniki skupino dobro ocenili, jih morata uganka in izvedba sefa navdušiti. Pri tem je ključno, kako znajo dijaki predstaviti lastni sef in uganke, skrite v njem. Pri vdiranju pa morajo dijaki ob pravem trenutku dobiti zamisel, kaj narediti za uspešen vdor, poleg tega pa imeti še malo sreče pri žrebu, da ne naletijo na pretirano težke ali nedelujoče sefe.

Kljub povečanju števila skupin na državnih tekmovanjih v zadnjih letih si želimo, da bi se za sodelovanje odločilo še več skupin in mentorjev iz slovenskih šol. Ta članek naj velja kot povabilo vsem srednjim šolam, da se pridružijo tekmovanju v odpiranju fizikalnih sefov.



Izkušnje z izdelavo fizikalnega sefa in s tekmovanjem »Videl, premislil, odklenil!«

Peter Šlajpah
Zavod sv. Frančiška Saleškega, Gimnazija Želimlje

Slika 1: Dve izvedbi sefa.

Povzetek

Dijaki imajo s področja naravoslovja na voljo kar nekaj tekmovanj. Za večino teh je izhodišče šolsko znanje, ki si ga pridobijo po učnem načrtu in nato samostojno ter s pomočjo mentorja dopolnijo z dodatnim delom. Videl, premislil, odklenil (VPO) pa je tekmovanje, ki se v marsičem razlikuje od drugih. Namenjeno je predvsem dijakom, ki želijo svoje znanje fizike preizkusiti v konkretnem izdelku – fizikalnem sefu.

V prispevku bo predstavljen potek dejavnosti od začetnega seznanjanja dijakov prek posameznih faz načrtovanja in izgradnje sefa pa vse do udeležbe na državnem tekmovanju VPO. Ob tem bomo razmišljali o posebnostih tovrstnega dela z dijaki.

Ključne besede: fizikalni sef, fizikalno tekmovanje

Abstract

High school students have a fair chance to participate in Natural Science Competitions. Most competitions are based on the material taught at regular lessons and then upgraded by the student's own work as well as them having the assistance of a mentor. »Videl, Premislil, Odklenil« (VPO) is a competition, which is different in many aspects from the above mentioned ones. It is focused on students, who wish to use their knowledge of Physics in reality – building a safe.

This article will show the flow of the activity from the initial information that the participants get, continuing with the individual phases of the planning and building of the safe and up to the state level competition. Besides that, we shall focus on the speciality of such work with these students.

Keywords: A safe based on Physics principles, Physics Competitions

Kaj sta fizikalni sef in tekmovanje VPO?

Fizikalni sef je (običajno) lesen zaboj s (priporočenimi) dimenzijami 30 cm x 40 cm x 60 cm. Zaklepni mehanizem je mogoče odpreti, če rešimo določene naloge, ki temeljijo na dveh fizikalnih pojavih. Tekmovalna skupina petih dijakov izdela svoj sef in se z njim udeleži tekmovanja, na katerem poskušajo vdreti v sefe nasprotnih ekip, konkurenčne ekipe pa v njihovega. Več informacij o sefu in tekmovanju je na voljo na spletni strani Hiše eksperimentov, ki je organizator državnega tekmovanja.

Komu je tekmovanje namenjeno?

V projekt izdelave sefa se vključujejo dijaki, ki jim je fizika zanimiva in želijo praktično preizkusiti svoje znanje. V tekmovalni ekipi je samo pet dijakov. Najprimerneje je, da so to dijaki tretjih letnikov, ki že imajo celovitejše znanje. Zato so sicer primernejši maturantje, vendar se pri njih že kaže časovna stiska, saj jih intenzivnejše šolsko delo bolj zaposluje kot nižje letnike.

Omejeno število dijakov je lahko slabost tega tekmovanja, saj naj bi bile obšolske dejavnosti ponujene širšemu krogu dijakov. Zato je zelo smiselno, da v začetni fazi vključimo tudi dijake drugih letnikov. Ti običajno z veseljem sodelujejo, čeprav vedo, da (praviloma) nimajo možnosti priti v tekmovalno ekipo. Vseskozi je treba gojiti zavest, da ni pomembno samo končno tekmovanje, ampak da je zanimivo in pestro že delo pri načrtovanju in izgradnji sefa. Vključevanje mlajših dijakov je dobrodošlo tudi za mentorja, ki z opazovanjem sposobnosti, spretnosti in vztrajnosti posameznikov lažje dolgoročno načrtuje delo.

Za uspešen končni rezultat je treba vključiti dijake z različnimi znanji in spretnostmi. Široko fizikalno znanje v skupino prinašajo dijaki, ki uspešno sodelujejo tudi na drugih tekmovanjih iz znanja fizike. Poleg tega so potrebne tudi veščine ravnanja z obdelovalnimi stroji (mehanska izdelava), poznavanja elektronike (krmiljenje) in znanje tujih jezikov (mednarodno tekmovanje). Predvsem pa je pomembno, da sodelujoči dijaki namenijo dejavnosti dovolj časa in da imajo dovolj notranje motivacije in vztrajnosti. Raznolikost dela v procesu izgradnje sefa je gotovo pomembna dodana vrednost, ki jo tekmovanje VPO vnaša v šolski prostor.

Potek izdelave sefa

Vsakokratni zagon projekta izgradnje sefa je zgodba zase, zato mentorju predstavlja velik izziv. Udeleženci in fizikalna vsebina, na kateri slonijo uganke, se menjajo. Lahko bi rekli, da z vsakim letom začnemo povsem od začetka. Pri časovni orientaciji pomagajo poročila, ki jih moramo pošiljati organizatorju tekmovanja. Posamezne faze dejavnosti bi lahko razvrstili tako:

- oblikovanje skupine,
- iskanje zanimivih fizikalnih pojavov,
- izdelava prototipov,
- snovanje ugank,
- konstruiranje in izgradnja sefa (ohišje, krmiljenje …),
- preizkušanje,
- priprava na tekmovanje,
- tekmovanje in dejavnosti po njem.

Gre seveda bolj za vsebinsko kot kronološko delitev, saj se dejavnosti med sabo pogosto prepletajo in dopolnjujejo.

Oblikovanje skupine

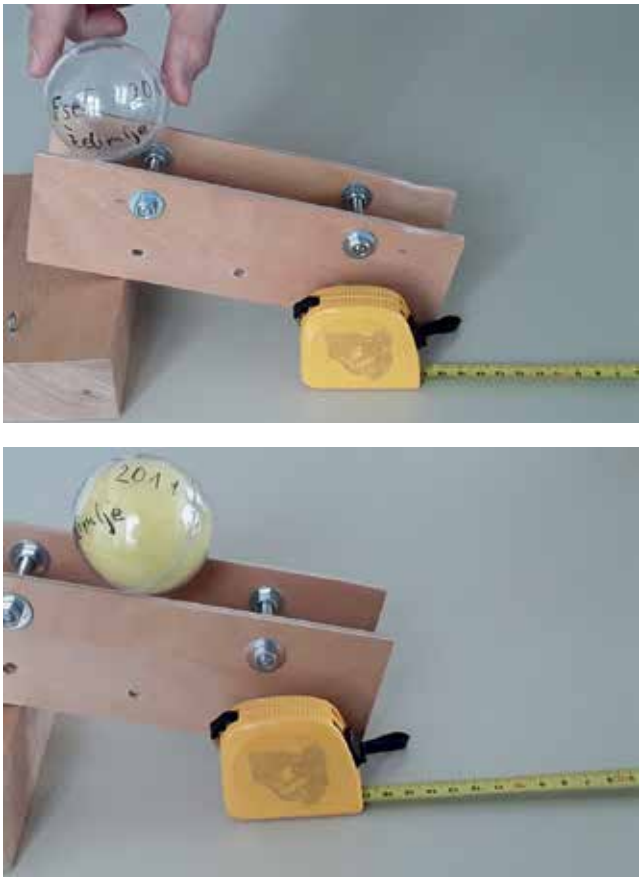
Za optimalen začetek je dobro, da že ob koncu šolskega leta na prva srečanja povabimo zainteresirane dijake. Seznanimo jih z načinom dela in predvsem spodbudimo, da že med poletnimi počitnicami iščejo zanimive pojave, ki bi jih lahko uporabili kot uganke v sefu.

Uspešna oblika navduševanja je, da dejavnost svojim sošolcem predstavijo kar udeleženci predhodnih tekmovanj. Na teh predstavitvah pokažejo izdelke preteklih sezon in povedo, zakaj so se odločili za sodelovanje v projektu ter kaj so z njim pridobili.

Iskanje zanimivih fizikalnih pojavov

Z dejavnostmi začnemo septembra, in sicer takoj na začetku šolskega leta. Kot je določeno v pravilih tekmovanja, naj sef vsebuje dve uganki z dveh področij srednješolske fizike. Na prvih srečanjih zato z metodo viharjenja možganov evidentiramo vse ideje, ki pa morajo biti dovolj konkretne (npr. predlog, naj bo uganka iz optike, ni prav uporaben). Dijaki se v tej fazi učijo argumentiranega zagovarjanja svojih idej in hkrati tudi sprejemanja konstruktivne kritike in pomislekov. Mentor skrbi za to, da do besede pridejo tudi manj prodorni udeleženci debate.

Iskanje idej je zelo ustvarjalno opravilo, a ima slabost, da je časovno nepredvidljivo in se lahko vleče iz tedna v teden. Predvsem zaradi tega in ker je od kakovosti ideje odvisen tudi končni rezultat, je to najobčutljivejši čas projekta. Če traja predolgo, lahko povzroči težko nadomestljive zamude ali celo predčasen zaključek projekta.



Slika 2: Preverjanje hitrosti kotaljenja polne in prazne žogice.

Pogosto se, predvsem če ni dovolj dobrih predlogov, pojavi težava, da dijaki rešitve pričakujejo od mentorja.

Izdelava prototipov

Vsi avtorji uporabnih predlogov iz predhodne faze so vabljeni k izdelavi prototipov. Z njimi preizkušamo, ali so odzivi dovolj intenzivni in ne preveč občutljivi na zunanje razmere. Na sliki 2 vidimo preverjanje, ali je razlika v hitrosti kotaljenja polne in prazne žogice po klancu dovolj velika, da to opazno vpliva na domet.

Prototipi so včasih že na začetku tako uspešni, da jih kasneje neposredno vgradimo v sef. Spet drugič pa gredo skozi veliko razvojnih stopenj, kot lahko vidimo na sliki 3.

V tej fazi se lahko izkažejo dijaki, ki so jim blizu modelarstvo, obdelovanje materialov in podobne rokodelske spretnosti. Pogosto presenetijo z izrednim poznavanjem strojništva in elektronike, kar morda ni značilno za dijake gimnazij. Videti je tudi, da jih privlačijo novodobne tehnologije, kot je na primer 3D-tiskanje.

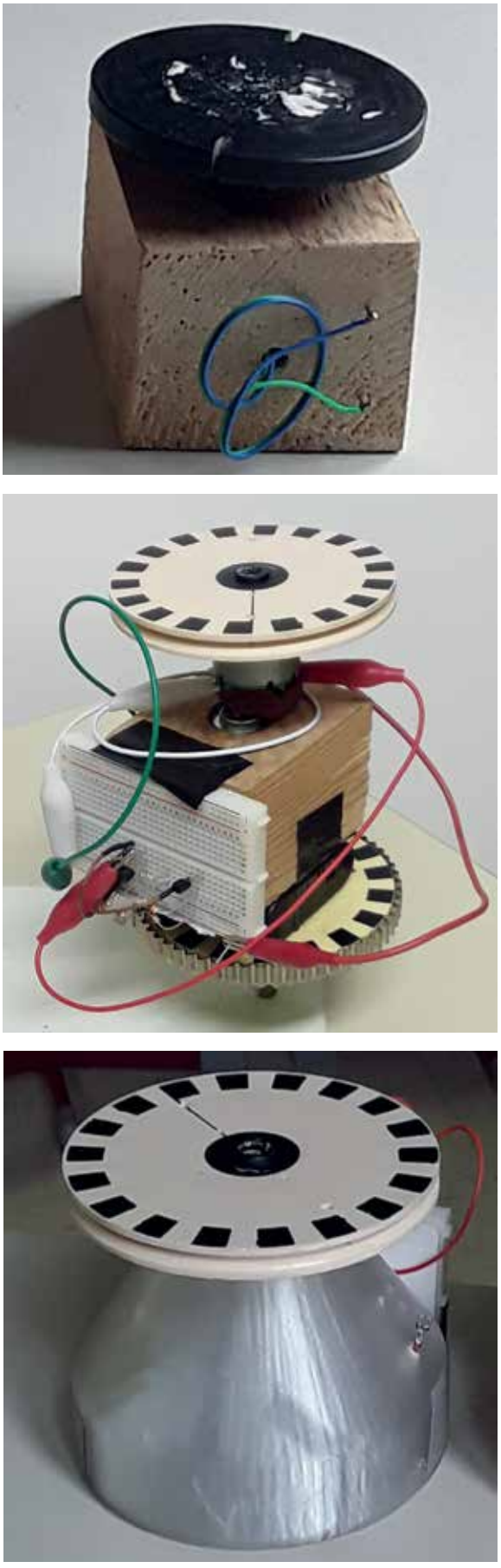
Snovanje ugank

Uspešnim prototipnim preizkusom sledi razmislek, kako na njihovi podlagi oblikovati uganko. Dobra uganka je tista, ki je rešljiva samo s poznavanjem njenega fizikalnega ozadja. Veliko dilem v zvezi z izvedbo se odpre in tudi razrešuje že v času preizkušanja prototipov. Ker gre pri snovanju ugank že neposredno za lastnosti prihodnjega sefa, so dragocene izkušnje, ki so jih dijaki pridobili na predhodnih tekmovanjih. Zato si prizadevamo, da je v skupini vsaj nekaj »veteranov«, ki svoje izkušnje z veseljem prenašajo na mlajše generacije (vrstniško učenje).

Konstruiranje in izgradnja sefa

Ohlapna pravila glede velikosti in oblike sefa omogočajo veliko ustvarjalno svobodo pri oblikovanju zunanjosti sefa. Ker gre za unikatni izdelek, tudi ne moremo predvideti vseh konstrukcijskih podrobnosti, ki jih dorečemo sproti med izdelavo. Že med zastavljanjem ugank razmišljamo tudi o načinih in omejitvah krmilnih mehanizmov. Ta ni del fizikalnih ugank in je vdiralcem v sef neopazen. Zato ga lahko izvedemo na poljuben način. Izvedba je zelo odvisna od znanja elektronike, ki ga imajo sodelujoči dijaki. Zelo primerna se zdi uporaba mikrokrmilnikov (Arduino), ki s paleto senzorjev in aktuatorjev ponujajo praktično neomejene možnosti. Tako nas težavnost krmiljenja ne omejuje, zato se pri načrtovanju lahko osredotočimo na fizikalno vsebino. Dijakom je spoznavanje elektronike in njene konkretne uporabnosti še poseben izziv.

V zvezi s samo izdelavo velja opozoriti na težavo, s katero se srečujemo predvsem v gimnazijah. Šole običajno nimajo ne primernih prostorov ne orodij, ki so pri izdelavi nujno potrebna.



Slika 3: Razvojne faze ohišja z motorjem in vztrajnikom.

Slika 4: Fizikalna učilnica postane delavnica.

Obdobje izgradnje sefa je tudi čas, ko se oblikuje tekmovalna peterka, ki je nato nosilka nadaljnjih dejavnosti. Če je kandidatov več, je mentorjeva naloga izbiranja lahko zelo neprijetna. Glavni kriterij pri izbiri je seveda kakovost skupine v smislu zastopanosti različnih znanj in veščin (fizikalno znanje, sposobnost opazovanja, jezikovna spretnost, organizacijske sposobnosti). Pomembne pa so tudi osebnostne lastnosti kandidatov: vztrajnost, odgovornost, samostojnost, radovednost, pripravljenost na sodelovanje …

Preizkušanje delovanja sefa

Po končani izgradnji je čas preizkušanja, ki ima dvojni namen: preizkus kakovosti izdelave in vzdržljivosti ter odkritje morebitnih slabosti ugank (alternativno reševanje). K preizkušanju povabimo dijake, ki sicer pri projektu ne sodelujejo in zato sefa ne poznajo. Preizkuševalci tako predstavljajo vdiralce, ki bodo na tekmovanju skušali odpreti sef. Njihov odziv je dragocena informacija, na podlagi katere se izvedejo popravki in izboljšave sefa. Za tekmovalno ekipo so to že prve tekmovalne izkušnje. Preizkušanje je tudi priložnost, da se z dejavnostjo seznani širši krog dijakov, ki se vanjo sicer niso aktivno vključili.

Zaključne dejavnosti in priprava na tekmovanje

Omenjeno je bilo, da je o poteku dela treba organizatorju pošiljati vmesna poročila. Na osnovi teh poročil se ob koncu oblikujeta dva pomembna izdelka: dokončen opis delovanja sefa in navodilo, ki ga vdiralci dobijo na tekmovanju. Dijaki so pri jezikovnem izobraževanju sicer vajeni sestavljati različna sporočila, a oblikovanje omenjenih besedil je zanje velik izziv in zato je pomoč mentorja zelo dobrodošla.

Ko je sef pripravljen na tekmovanje, je tudi čas za dodatno poglobljeno raziskovanje in preučevanje fizikalnih pojavov, ki so uporabljeni v sefu. Globina razumevanja se v zagovoru pred komisijo preverja na tekmovanju.

Člani tekmovalne ekipe si skupaj z mentorjem razdelijo vloge, ki jih bodo imeli na tekmovanju.

Tekmovanje in dejavnosti po njem

Državno tekmovanje je za večino skupin zaključno dejanje projekta. V primeru uspeha na državnem tekmovanju pa ekipo čaka še nekaj dodatnih dejavnosti. Sef je treba pripraviti za transport na mednarodno tekmovanje. Nekajkratno razstavljanje in ponovno sestavljanje je še dodaten preizkus kakovosti izdelave. Nemajhen zalogaj sta tudi prevajanje dokumentacije in priprava na zagovor v angleškem jeziku.

Po vseh tekmovalnih preizkusih lahko sef služi tudi kot unikaten didaktični pripomoček za privlačen prikaz fizikalnih pojavov pri pouku in zunaj njega. Tekmovalci z veseljem sodelujejo pri predstavljanju svojega izdelka sošolcem ter obiskovalcem dneva šolskih odprtih vrat in informativnega dneva. Zanimiv je tudi za sprehajalce na Vrtu eksperimentov, ki poteka v okviru Znanstivala v Ljubljani.

Slika 5: Fizikalni sef na Vrtu eksperimentov.

Zaključek

Opisani linearni potek dogodkov je seveda idealen okvir, ki se mu vsako leto bolj ali manj približamo. Vmes je veliko zank in stranpoti, katerih premagovanje je del ustvarjalnega procesa. Pogosto se dogaja, da nek koncept vzdržujemo in popravljamo, dokler ne postane tako zapleten in nezanesljiv, da ga je enostavno treba zamenjati. Roki pa se seveda približujejo. Dijaki tako neposredno občutijo, kakšen je način dela raziskovalcev in inženirjev. Ti morajo v danih časovnih okvirih **zasnovati in izdelati delujoč izdelek**, ki mora svojo kakovost pokazati še na trgu (tekmovanju).

Po nekajletnih mednarodnih izkušnjah lahko ugotovimo, da je slovensko državno tekmovanje tako po izvedbi kot tudi po sposobnosti sodelujočih ekip in kakovosti njihovih izdelkov na zelo visoki ravni.

Na zaključno vprašanje, kaj novega prinaša VPO, bi na kratko lahko odgovorili, da gre za opredmetenje kakovostnega fizikalnega znanja na zanimiv in zabaven način. Dijaki pri tem pridobivajo in urijo kompetence, za katere je pri drugih šolskih dejavnosti manj prostora.

Slovenski turnir mladih fizikov

Tekmovanje iz fizikalnega raziskovanja za dijake srednjih šol

dr. Irena Drevenšek Olenik
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko

Povzetek

Članek opisuje zgodovino tekmovanja Slovenski turnir mladih fizikov (angl. *Slovenian Young Physicists' Tournament* – SiYPT) vse od njegovih začetkov leta 2012 do danes. Pojasnjeni so različni koraki, s katerimi smo poskušali doseči vpetost slovenskega tekmovanja v širši mednarodni okvir tovrstnih tekmovanj, in razložene so organizacijske ter finančne težave, ki so nas spremljale pri doseganju tega cilja. Na koncu je naštetih še nekaj poglavitnih razlogov za sodelovanje dijakov na tovrstnih tekmovanjih.

Ključne besede: skupinsko tekmovanje, timsko delo, samostojno raziskovanje, odprti problemi

Slovenian Young Physicists' Tournament

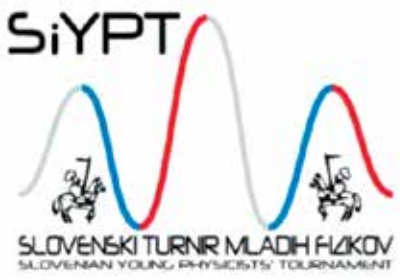
Abstract

The article describes the history of the »Slovenian Young Physicists' Tournament (SiYPT)« from its early days in 2012 to the present. It illustrates the different steps taken to incorporate the Slovenian competition into a broader international framework of competitions of this kind, and explains the organisational and financial difficulties encountered on the way to achieving that goal. In concludes by mentioning some of the main reasons for secondary school students to participate in such competitions.

Keywords: group competition, teamwork, independent research, open problems

Splošni podatki o tekmovanju

Slovenski turnir mladih fizikov (**SiYPT**, http://siypt.ijs.si) je tekmovanje iz fizike za dijake srednjih šol, ki temelji na spoznavanju in raziskovanju zanimivih fizikalnih pojavov iz vsakdanjega življenja. Tekmovalne aktivnosti potekajo na način, ki ga običajno uporabljajo poklicni raziskovalci – v okviru timskega dela ter z uporabo širokega nabora informacij in različnih raziskovalnih metod: strokovne literature, spletnih virov, razgovorov s kolegi in eksperti, z opazovanjem, eksperimenti, meritvami in njihovo analizo, postavljanjem in preverjanjem teoretičnih modelov itd. Besedila tekmovalnih »nalog« oz. fizikalnih problemov, ki jih je treba proučiti, so javno objavljena že eno leto pred tekmovanjem. Zato se dijaki pri pripravi na tekmovanje lahko z izbrano nalogo ukvarjajo, kolikor časa želijo, in na načine, ki si jih sami izberejo. Končni rezultat proučevanja izbrane naloge je zaključno poročilo o najpomembnejših raziskovalnih ugotovitvah ter njihovi fizikalni razlagi. Glavni cilj tekmovanja je, da se dijaki naučijo svoje ugotovitve o pojavu, s katerim so se ukvarjali, čim prepričljivejše in čim razumljivejše predstaviti svojim kolegom (drugim tekmovalcem) in tudi širši publiki. Tudi to je eden od pomembnih aspektov dela poklicnih raziskovalcev, kadar ti predstavljajo rezultate svojih raziskav na mednarodnih konferencah ali na zagovoru doktorske disertacije. Predstavitve oz. zagovori poročil potekajo v tekmovalnih etapah, ki so osnovane na t. i. »fizikalnih bojih«. Zato v logotipih tovrstnih tekmovanj zelo pogosto nastopajo vitezi na konjih (slika 1).



Slika 1: Logotip tekmovanja SiYPT.

Posamično tekmovalno ekipo sestavljajo trije člani oz. članice. V »fizikalni boj« so sočasno vključene tri tekmovalne ekipe. Prva ekipa je poročevalka, druga ima vlogo nasprotnika oz. kritika, tretja pa vlogo reporterja.

»Bojevanje« med njimi poteka v treh krogih po 60 minut. Ekipa poročevalka najprej v 12 minutah predstavi svoje glavne rezultate in ugotovitve v povezavi z izbrano nalogo (zgoraj omenjeno poročilo). Nato ekipa nasprotnika poskuša izpodbiti predstavljeno poročilo: preverja trdnost sklepov, zahteva dodatne razlage ter sprašuje o podrobnostih opravljenih meritev in postavljenih modelov. Sledi diskusija med ekipo poročevalca in ekipo nasprotnika. Celotna faza razprave, ki pogosto postane zelo čustvena in napeta, traja 20 minut. Nato nastopi ekipa v vlogi reporterja, ki poda svoje mnenje o kakovosti poročila in razprave o njem. Njihova naloga je neke vrste »kritično poročanje« o prepričljivosti in zanimivosti uprizorjenega »boja«. Potem sledijo še vprašanja sodnikov, ki so lahko namenjena katerikoli od treh ekip. Posamični krog »boja« se zaključi z ocenami sodnikov. Potem ekipe zamenjajo vloge (poročevalec, nasprotnik, reporter) in »bojevanje« se ponovi, le da tokrat razprava poteka o drugem raziskovalnem problemu oz. tekmovalni nalogi. Če je udeležencev veliko, tekmovanje poteka v več vzporednih »bojih« s po tremi ekipami. Tri ekipe, ki po več »bojih« zberejo najboljše sodniške ocene oz. največje število turnirskih točk, sodelujejo v zaključnem »boju«. Celotno tekmovanje oz. vse tekmovalne razprave potekajo v angleškem jeziku.

Spodbuda za organizacijo tovrstnih tekmovanj v Sloveniji je prišla od organizacijskega komiteja sorodnih mednarodnih tekmovanj, imenovanih Mednarodni turnir mladih fizikov (**I**ntenational **Y**oung **P**hysicists **T**ournament – **IYPT**, http://iypt.org/Home, slika 2). Tekmovanja IYPT potekajo že 31 let. Njihova predhodnica so bila ekipna tekmovanja ruskih študentov, ki jih je organizirala Univerza v Moskvi. Leta 1988 sta se ruskemu tekmovanju pridružili dve ekipi iz tujih držav in jezik tekmovanja je zato postal angleščina. S tem so tekmovanja postala mednarodna in kmalu so začela potekati tudi zunaj Rusije, v različnih državah sveta. Tekmovanja potekajo enkrat letno in običajno trajajo 14 dni. Vsaka sodelujoča država lahko tekmuje le z eno 3–5-člansko ekipo. Letošnje tekmovanje (2018) bo julija v Pekingu. Na njem bo sodelovalo 35 držav.

Slika 2: Logotip tekmovanja IYPT.

Kako se je vse skupaj začelo

Leta 2008 je 21. tekmovanje IYPT potekalo na Hrvaškem (Trogir). Na njem je sodelovalo 21 držav. Organizatorji tekmovanja so pred tekmovanjem vsem državam nekdanje Jugoslavije poslali posebno vabilo, naj se tekmovanju pridružijo kot države »opazovalke«. Nobena nova država namreč na tekmovanju IYPT ne more kar takoj nastopiti s svojo tekmovalno ekipo, ampak mora na tekmovanje najprej poslati opazovalce. Naloga opazovalcev je, da se natančno seznanijo s potekom tekmovanja, njegovimi pravili, ravnjo zahtevnosti nalog in s postopkom ocenjevanja. Poleg tega lahko opazovalci dobijo tudi vpogled v organizacijo, delovanje in načela mednarodnega organizacijskega komiteja ter v postopek izbire tekmovalnih nalog za naslednje tekmovanje. Sodelovanje v vlogi »opazovalke« nato državi omogoča, da v naslednjih treh letih na tekmovanje pošlje svojo ekipo in postane redna udeleženka tekmovanj. Poleg Slovenije so bile opazovalke na IYPT 2008 še Makedonija, Srbija, Francija, Singapur in Tajska. Na sliki 3 je fotografija, posneta med enim izmed bojev.

Slika 3: Diskusija med fizikalnim »bojem« na IYPT 2008. (Avtorica fotografije: I. Drevenšek Olenik)

Vabilo organizatorjev tekmovanja na Hrvaškem je bilo posredovano Društvu matematikov, fizikov in astronomov Slovenije (DMFA), ki je sklenilo, da bo finančno podprlo udeležbo enega opazovalca. Prijavila sem se kot kandidatka in bila izbrana. V sklopu tekmovanja sem se udeležila veliko različnih dogodkov in se tako podrobno seznanila s postopkom začetnega razvrščanja ekip na turnirske »boje«, s postopkom poteka samih »bojev«, z načini in pravili točkovanja, s postopkom sprotnega vodenja evidence ter obveščanja o uspehu posamičnih ekip itd. Pogovarjala sem se tudi z mentorji in člani različnih ekip o tem, kako in koliko časa so se pripravljali na tekmovanje ter kako je potekal postopek izbire članov državne ekipe.

Postopek oblikovanja državne tekmovalne ekipe za IYPT se od države do države precej razlikuje. Na Hrvaškem so dolga leta zbirali pisne prijave posamičnih dijakov in odločitev o njihovi uvrstitvi v državno tekmovalno ekipo sprejeli na podlagi učnih uspehov in motivacijskih pisem. Nemška ekipa je dolga leta prihajala iz ene in iste srednje šole, pripravo ekipe na tekmovanje pa je v celoti

financiralo veliko podjetje iz kraja, v katerem se nahaja šola. V večini držav pa člane ekipe izberejo na državnih (pred)tekmovanjih, ki so organizirana na zelo različne načine. Srednješolci iz Avstrije na tekmovanjih IYPT sodelujejo že vrsto let. Pri njih so državna tekmovanja (AYPT) zelo priljubljena, zato jih vsako leto organizirajo kot večdnevni dogodek, na katerega povabijo tudi ekipe iz drugih držav.

Ob vrnitvi v Slovenijo sem na DMFA poslala obširno poročilo, v katerem sem izrazila navdušenje nad tekmovanji IYPT in predlagala, da društvo podpre vključitev Slovenije vanje. Kljub temu pa je društvo sklenilo, da je tekmovanje IYPT precej drugačno od preostalih tekmovanj iz znanja fizike in da poleg tega ne spada v obstoječe okvirje Pravilnika MŠŠ o sofinanciranju tekmovanj v Republiki Sloveniji. Zato bi bilo po njegovem mnenju treba slovensko (pred)tekmovanje izvesti brez državnih sredstev, ki pa jih društvo žal ne more zagotoviti. Ker so se s podobnimi finančnimi težavami pri organizaciji državnega tekmovanja spopadali tudi v nekaterih drugih državah, se je leta 2009 porodila ideja, da bi sredstva za financiranje priprave tekmovalnih ekip skušali dobiti iz sredstev 7. okvirnega programa EU (FP7), namenjenih koordinacijskim in podpornim aktivnostim (CSA). Pripravili smo obširno prijavo, katere koordinatorica je bila Slovaška. Žal pa prijava ni bila odobrena za financiranje.

V letu 2010 je bilo tekmovanje na Dunaju in na njem sem sodelovala kot neodvisna strokovna sodnica. Tako sem lahko spoznala še nekaj novih vidikov tekmovanja, med drugim tudi težave neenotnih meril sodniškega ocenjevanja in dileme sodniških ekip. Zaradi njih je organizacijski odbor IYPT v naslednjih letih uvedel enotne ocenjevalne obrazce za sodnike. Finalno tekmovanje in razglasitev zmagovalcev na Dunaju sta potekala v veliki dvorani Tehniške univerze na zelo privlačen in slavnosten način. Videoposnetek celotnega finalnega boja si je še vedno mogoče ogledati na spletni strani http://iypt.at/en/home (slika 4). Zmagala je ekipa iz Singapurja, avstrijska ekipa je zasedla drugo mesto, tretja pa je bila ekipa z Nove Zelandije.

Slika 4: Finalni »boj« na IYPT 2010 (vir: http://www.iypt.at).

Kljub negotovostim v Sloveniji nismo obupali, ampak smo nadaljevali z iskanjem »glavnega koordinatorja« – to je zagnane osebe, ki bi se bila brez zagotovljenih finančnih sredstev pripravljena lotiti podviga priprave slovenske ekipe za IYPT. V letu 2011 smo končno uspeli najti ustreznega kandidata – Roka Capudra, prof. fiz. – takrat profesorja fizike na Gimnaziji Vič v Ljubljani. Ker aktivnosti, povezane z IYPT, pri dijakih razvijajo kompetence za znanstvenoraziskovalno delo, smo menili, da bi vlogo krovne organizacije zanje morda lahko prevzel kak znanstvenoraziskovalni inštitut. Pobudo je sprejel Institut Jožef Stefan (IJS), na katerem smo jeseni 2011 formalno odprli stroškovno mesto, namenjeno vodenju stroškov projekta Slovenski turnir mladih fizikov (SiYPT). Zapisali smo: »Glavni namen projekta je vzpodbujanje zanimanja dijakov za naravoslovno raziskovalno delo. V okviru projekta želimo:

- dijake vpeljati v naravoslovno raziskovalno delo,
- dijakom omogočiti samostojno raziskovanje izven pouka,
- dijakom omogočiti okolje, v katerem se bodo na kreativen način spopadali s fizikalnimi izzivi,
- vzpodbujati razmišljanje dijakov izven ustaljenih miselnih okvirjev,
- dijakom omogočiti sodelovanje z raziskovalnimi inštitucijami in uveljavljenimi znanstveniki na njihovih izbranih področjih,
- med srednješolci promovirati študij naravoslovnih znanosti v Sloveniji.

Projekt bo financiran iz zunanjih virov (sponzorji, sredstva iz javnih razpisov za promocijo znanosti med mladimi). Z njim želimo na dolgi rok v Sloveniji vzpostaviti mehanizem, ki bi srednješolce uspešno pripravljal na tekmovanja IYPT in jim dal globlji vpogled v znanstvenoraziskovalno delo.«

Kmalu smo ustanovili tudi strokovni odbor SiYPT, v katerem poleg predstavnikov IJS sodelujejo še predstavniki Fakultete za matematiko in fiziko in Pedagoške fakultete Univerze v Ljubljani (UL FMF in UL PeF) ter predstavnik Zavoda RS za šolstvo. V okviru IJS smo vzpostavili tudi spletno stran SiYPT http://siypt.ijs.si, namenjeno zbiranju prijav in obveščanju o različnih aktivnostih. Žal nam v treh letih po tekmovanju na Hrvaškem tekmovalne ekipe ni uspelo sestaviti. Kljub »zamudi« je mednarodni organizacijski komite IYPT na našo prošnjo leta 2012 odobril sodelovanje slovenske ekipe na 25. mednarodnem tekmovanju IYPT 2012 v mestu Bad Saulgau v Nemčiji.

Prvi koraki v svet

Na IYPT 2012 v Nemčiji je sodelovalo 28 držav. Vsaka ekipa je prinesla svojo maskoto. To je bil razlog, da se je slovenski ekipi pridružil plišasti zeleni zmaj (slika 5). Dijaki so se na tekmovanje skupaj z učitelji zavzeto pripravljali več mesecev in izvedli veliko zanimivih poskusov ter razvozlali veliko teoretičnih zagat. Kljub temu pa so bili v mednarodni družbi popolni začetniki in posledič-

no niso imeli možnosti za visoko uvrstitev. Zmagala je ekipa iz Južne Koreje, druga je bila ekipa iz Singapurja, tretja pa ekipa iz Irana.

Slika 5: Slovenska ekipa na tekmovanju IYPT 2012 *(vir:* http://siypt.ijs.si*).*

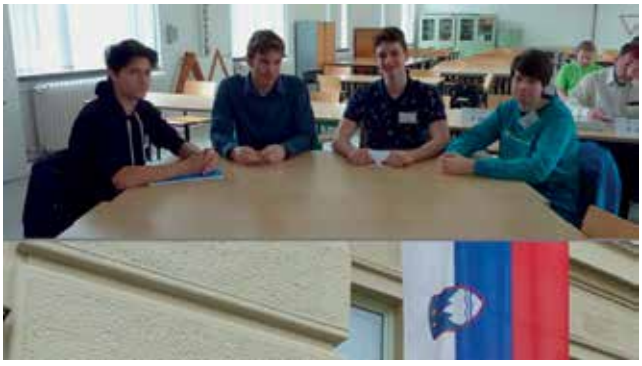
Na tem mestu je treba omeniti, da »fizikalni boji« in končna uvrstitev na turnirju nikakor nista edina čara tovrstnih tekmovanj. Organizatorji se namreč vedno zelo potrudijo s pripravo številnih spremljevalnih aktivnosti, od strokovnih ekskurzij in športnih tekmovanj do raznoraznih kulturnih in zabavnih prireditev. Vse to spodbuja medsebojno druženje med člani tekmovalnih ekip in ob zaključku tekmovanja vsi čutijo, da so postali del velike družine navdušencev nad IYPT. Turnirsko navdušenje in medsebojne stike pogosto ohranijo še vrsto let po tekmovanju.

Vzponi in padci na neoznačeni poti

Z veliko truda in vneme smo dosegli, da je slovenska ekipa sodelovala tudi na IYPT 2013 v Tajpeju (Kitajski Tajpej) in IYPT 2014 v Shrewsburyju (Združeno kraljestvo). Končna uvrstitev je bila vsako leto boljša. Leta 2015 pa se je tekmovanje ponovno preselilo v Azijo (Tajska) in za potovanje tja nismo uspeli najti sredstev za pokritje potnih stroškov. Ti so namreč v večini primerov zdaleč največje finančno breme. Kotizacija za tekmovanja IYPT znaša okoli tisoč evrov (za celotno ekipo skupaj z vodjem), s čimer se pokrijejo stroški namestitve, prehrane in vseh drugih aktivnosti za celotno obdobje tekmovanja. Vsa leta svojega sodelovanja na IYPT smo kandidirali za sredstva na Javnem razpisu sofinanciranja sodelovanja mladih raziskovalnih skupin in posameznikov na tekmovanjih v tujini pri Javnem skladu za razvoj kadrov in štipendije RS, vendar nismo bili uspešni. Zato so nastale stroške v glavnem pokrile šole, lokalne organizacije, sponzorji, starši itd. Mednarodno tekmovanje se je brez slovenske udeležbe nadaljevalo tudi v letih 2016 v Jekaterinburgu (Rusija) in 2017 v Singapurju. Tudi na letošnjem tekmovanju v Pekingu, žal, ne bo slovenske ekipe.

Leta 2014 smo se podali tudi na alternativno pot. Po načelu »bolje vrabec v roki, kot golob na strehi« smo ekipo, ki je dosegla drugo mesto na SiYPT, prijavili na avstrijsko državno tekmovanje AYPT, na katero so nas z veseljem sprejeli. Tekmovanja AYPT vsako leto potekajo na Montanistični Univerzi v Leobnu in jih v veliki meri finančno podpira lokalno okrožje (http://www.aypt.at). Stroški za potovanje do Leobna so sorazmerno majhni, kotizacija za celotno ekipo pa znaša petsto evrov. Tudi vzdušje na AYPT je zelo mednarodno, saj približno polovico tekmovalnih ekip predstavljajo gostujoče ekipe iz drugih držav. Od leta 2016, ker ne sodelujemo več na IYPT, na AYPT vsako leto prijavimo zmagovalno ekipo iz SiYPT. Slovenska ekipa je na AYPT doslej sodelovala v letih 2014, 2016 in 2017 (slika 6). Slovenski dijaki bodo sodelovali tudi na AYPT 2018 in upamo, da bo njihov uspeh še boljši kot lani, ko so dosegli odlično osmo mesto.

V letu 2016 je SiYPT dobil tudi novega koordinatorja – asist. dr. Sergeja Faletiča, prof. fiz., s Fakultete za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani (UL FMF). Dr. Faletič se je zagnano lotil tudi tistega dela koordinatorskih dejavnosti, ki ni povezan s fizikalnimi tematikami in neposrednimi pripravami dijakov na tekmovanje, to je priprave pravilnika o organizaciji in izvedbi državnega tekmovanja in drugih formalnih dokumentov. Upamo, da nam bo to pomagalo izboljšati prepoznavnost tekmovanja na državni ravni in povečati zanimanje za sodelovanje na njem pri dijakih in njihovih učiteljih (mentorjih) ter pri morebitnih podpornikih in sponzorjih.



Slika 6: Slovenska ekipa na AYPT 2016 in slovenska zastava na pročelju stavbe, v kateri je potekalo tekmovanje. (Avtorica fotografije: I. Drevenšek Olenik)

Namesto zaključka

Nekaj glavnih razlogov za sodelovanje dijakov (in njihovih mentorjev) na tekmovanjih SiYPT:

Pridobivanje novih znanj: Proučevanje problemov (nalog) za tekmovanje prinaša veliko znanstvenih spoznanj, do katerih dijaki pridejo precej drugače kot pri običajnem pouku v razredu. Zaradi projektno oz. problemsko naravnanega in v veliki meri praktično osnovanega dela se pridobljeno znanje ohrani veliko dlje. Poleg tega se dijaki naučijo tudi, kako znanje, pridobljeno »iz literature«, uporabiti v praksi.

Uvajanje v timsko delo: Struktura turnirja in priprave nanj zahtevajo veliko dela v skupini. Sposobnost konstruktivnega sodelovanja in organizacije lastnega dela v sklopu širše skupine je ena od najpomembnejših mehkih veščin, ki jih zahtevajo današnji delodajalci.

Uvajanje v metodologijo znanstvenoraziskovalnega dela: Ker so naloge za tekmovanje oblikovane zelo odprto, ponujajo odlično možnost za preizkušanje metod znanstvenega raziskovanja. S proučevanjem nalog v sklopu SiYPT dijaki pridobijo veščino iskanja rešitev povsem novih problemov, ki se ne pojavljajo v šolskih učbenikih in zbirkah nalog.

Pridobivanje retoričnih veščin: Svoja dognanja in ugotovitve morajo dijaki znati predstaviti na prepričljiv in impresiven način. Še več, njihova predstavitev mora biti spontana, da se lahko odzovejo na pripombe ekipe nasprotnikov v zelo kratkem času, ki je za to na voljo. Pri šolskih seminarjih in drugih predstavitvah so vprašanja po koncu predstavitve redka ali pa jih sploh ni. Na tekmovanju SiYPT pa so vprašanja sestavni del tekmovanja in tekmovalci morajo biti pripravljeni na strokovno diskusijo o njih.

Pridobivanje jezikovnih spretnosti: Ker je uradni jezik tekmovanj angleščina, tekmovanja ponujajo tudi odlično priložnost za pridobivanje jezikovnih spretnosti. Še posebej se tekmovalci naučijo številnih strokovnih izrazov s področja fizike, ki jih pri običajnih urah angleščine le redko srečajo.

Nova možnost za obšolske dejavnosti s področja fizike: Dijaki, ki se navdušujejo nad eksperimentalno fiziko, so sorazmerno redki in posledično je v šolah zanje na voljo relativno malo obšolskih dejavnosti. V sklopu tekmovanj SiYPT lahko tovrstni fizikalni navdušenci najdejo nove prijatelje in nove izzive za skupno raziskovanje vznemirljivih fizikalnih pojavov.

Nasvidenje na SiYPT 2019.

Kaj pa en YPT v razredu?

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

Povzetek

Turnir mladih fizikov (angl. *Young Physicists' Tournament* – YPT) je tekmovanje, na katerem srednješolci tekmujejo v proučevanju, predstavitvi in preverjanju rezultatov vnaprej izbranih fizikalnih problemov. Zajema vse, kar mora zajeti znanstvena raziskava. Njegova posebnost je, da morajo ekipe svoje ugotovitve zagovarjati pred drugimi ekipami srednješolcev. Do izraza prideta primerjava meritev z rezultati modelov (teorije), kjer so izrazite merske nedoločenosti, in skladnost z osnovnimi fizikalnimi zakoni (ohranitveni zakoni, Newtonovi zakoni …). Vlogo ocenjevalca ima tretja ekipa srednješolcev, ki mora ovrednotiti razpravo. Te dejavnosti spodbujajo visoke kognitivne ravni, ki so pri tradicionalnem pouku pogosto zapostavljene. V članku predstavim koncept tekmovanja, naše izkušnje s tekmovalci in naše predloge, kako tako obliko dela vključiti v redno delo v razredu.

Ključne besede: procesna znanja, kognitivne ravni, raziskovanje, razprava, tekmovanje

How about a YPT in Class?

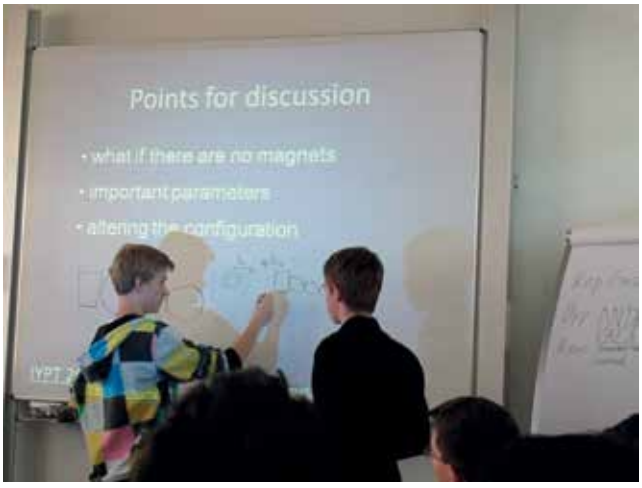
Abstract

Young Physicists' Tournament (YPT) is a competition in which secondary school students compete in researching, presenting and verifying the results of preselected physics problems. It comprises all that a scientific research study should comprise. What makes it special is that the teams have to defend their findings before other teams of secondary school students. It thus highlights the importance of comparing measurements with the results of models (theory), where measurement uncertainties are prominent, and the importance of compliance with the fundamental laws of physics (conservation laws, Newton's laws, etc.). A third team of secondary school students plays the role of judge and has to evaluate the debate. Such activities stimulate the high cognitive levels, which are often neglected in traditional lessons. This article presents the concept of the competition, experiences with competitors, and suggestions for integrating this work method into regular classroom activities.

Keywords: process knowledge, cognitive levels, research, debate, competition

Kaj je YPT?

Na kratko, projektno delo. Ampak s posebnostmi. YPT (ang. *Young Physicists' Tournament* – turnir mladih fizikov) vsebuje vse, kar se pričakuje od projektnega dela: dijaki raziskujejo, beležijo podatke, tvorijo razlage in jih preverjajo ter poročajo o ugotovitvah. Posebnost je, da kakovost teh ugotovitev zagovarjajo pred drugimi dijaki. Ena skupina poroča, druga pa ugotovitve preverja. Skupina, ki preverja, mora uporabiti svoje znanje fizike in tudi svoja procesna znanja, da preveri trdnost ugotovitev. Zanimivo je videti, kako dijaki drugi druge sprašujejo, kako so ocenili napako meritve, zakaj na grafu ni območij zanesljivosti in od kod jim teoretični model. To je postopek, ki je lasten vsakemu resnemu znanstvenemu raziskovanju, in tekmovanje IYPT (International YPT) [1] prav zato sledi temu vzorcu. Medtem ko ima tekmovanje že skoraj 30-letno tradicijo, šele v zadnjih nekaj



Slika 1: Dijak slovenske ekipe (levo) v debati z nasprotnikom na IYPT 2012. (Foto: Sergej Faletič)

letih opažam resne poskuse njegovega približevanja širši množici dijakov, ne zgolj najbolj motiviranim.

Samo tekmovanje IYPT je precej zahtevno. Predvideva ekipo treh do petih dijakov, ki prouči 17 odprtih fizikalnih problemov v roku enega šolskega leta. Tak format je za posameznega dijaka zelo zahteven. A poleg IYPT obstaja še vrsta sorodnih tekmovanj: nacionalni izbori, v Sloveniji SiYPT, mednarodni AYPT (Austrian YPT) in govori se o Balkan YPT. Študentje pa se lahko pomerijo na IPT (International Physicists' Tournament). AYPT je leta 2017 spremenil pravila, da sedaj nastopajo ekipe s po tremi dijaki, ki proučijo samo tri probleme. Tak format je precej bliže pogosto precej obremenjenim slovenskim dijakom. In kaj, če bi bilo mogoče format narediti še prijaznejši, še bližji dijakom in mogoče primeren za ves razred? YPT namreč poleg raziskovanja, ki ga lahko v razredu, seveda, izvajamo nepovezano s kakršnimkoli turnirjem, nudi posebno komponento: nasprotnika. Celo vrednotenje razprave je lahko prepuščeno dijakom. Na turnirjih YPT na vsakem soočenju dveh ekip nastopa še tretja, ki ima vlogo recenzenta. Njihova naloga je ovrednotiti nastop poročevalca in nasprotnika. Seveda ne gre pričakovati, da bi dijaki pri prvi izvedbi obvladali vse vloge, a vredno je pomisliti na to, katere spretnosti in v kolikšni meri bi lahko razvijali z občasnim takšnim pristopom. In mogoče celo več: ali bi s tem bolje podali naravo znanstvenega odkrivanja in jo približali dijakom?

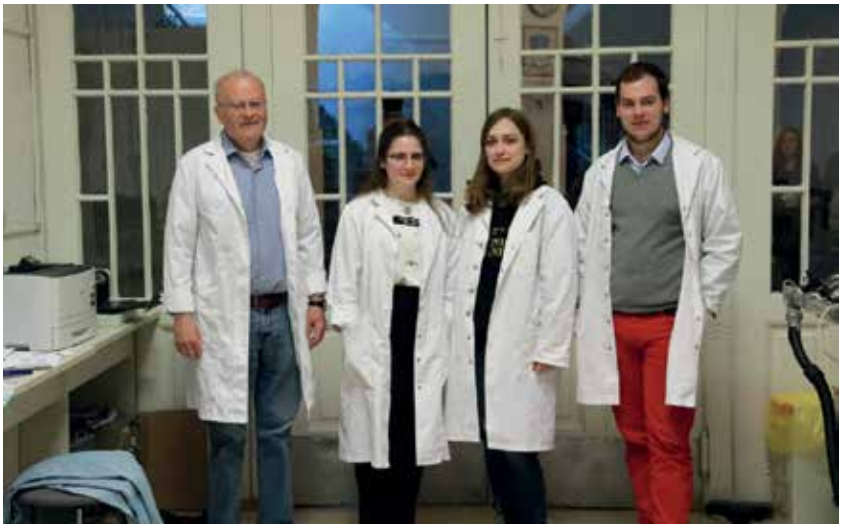
Z leti smo si nabrali nekaj izkušenj s tem, kako dijaki tekmovalci in študenti prvega letnika fizike pristopijo k reševanju takih problemov, vse bolj pa razmišljamo tudi o tem, kako bi pozitivne in motivacijske elemente tekmovanja prenesli v povprečen srednješolski razred, saj je način dela tak, da razvija znanstvene kompetence. Tu predstavljamo svoje izkušnje, razmisleke in predloge.

YPT (ang. *Young Physicists' Tournament* – turnir mladih fizikov) vsebuje vse, kar se pričakuje od projektnega dela: dijaki raziskujejo, beležijo podatke, tvorijo razlage in jih preverjajo ter poročajo o ugotovitvah. Posebnost je, da kakovost teh ugotovitev zagovarjajo pred drugimi dijaki.

Izkušnje s tekmovalci

Dijaki, ki se odločijo za udeležbo na enem od turnirjev YPT, imajo pred sabo cilj uspeha na tem tekmovanju. Tekmovanje ima ocenjevalni obrazec, ki je dostopen na spletnem naslovu [2] in ga dijaki lahko uporabljajo, da jih vodi pri delu. Žal glede na to, kar vemo iz drugih virov o vodenju dijakov pri raziskovalnem delu [7, 8], ta obrazec ni optimalno vodilo, a je za tekmovalce uporaben, saj po njem ocenjuje tudi komisija.

Osebno sem bil mentor ene dijakinje, ki je bila pred leti članica slovenske ekipe na AYPT. Takrat so pravila slovenskega tekmovanja SiYPT zahtevala pripravo pisnega poročila o nalogi. Ko je bila dijakinja izbrana v ekipo, sem prevzel njeno mentorstvo. Zadeve sva se lotila tako, da sva se dobivala enkrat na teden za približno eno uro. Takrat mi je poročala, kaj je uspela narediti in kakšne so njene ugotovitve. Na podlagi tega sva naredila načrt in cilje za naslednji teden. Dijakinja je delala doma, večinoma ob koncu tedna. Na tekmovanju AYPT je dosegla



Slika 2: Ekipa Gimnazije Celje - Center na AYPT 2017. (Vir: spletna stran Gimnazije Celje - Center [6].)

precejšen uspeh. Če bi naše tekmovalce tistega leta razvrstili po številu točk, ki so jih prinesli ekipi, bi bila na drugem mestu. Uvrstili smo se na odlično osmo mesto in prejeli bronasto priznanje. Zanimivo je tudi to, da dijakinje fizika sicer ni posebno zanimala. Zanimal jo je specifičen problem, s katerim se je ukvarjala.

Osebne izkušnje imam s pripravo še ene ekipe za AYPT, čeprav sem bil pri tem bolj v vlogi opazovalca. Dejansko raziskovalno delo z dijaki je opravil Borut Namestnik, profesor fizike z Gimnazije Celje - Center. Tokrat je bila vsa ekipa z iste šole. Dobivali so se po dogovoru in se skupaj ukvarjali z vsemi problemi, ki so jih raziskovali. To je bilo plodno, saj so vsi nekaj vedeli o vsakem problemu in so lahko med sabo produktivno razpravljali in izboljševali svoje delo. Če je vsa ekipa z iste šole, je tudi organizacijsko lažje urediti prijavo in priprave, saj večinoma potekajo na šoli.

Problemi IYPT presegajo srednješolsko znanje, a dijakom so pri reševanju na voljo vsa sredstva. Za nasvet lahko vprašajo strokovnjake iz različnih institucij. V letu, ko je bil eden od problemov raziskovanje faznih prehodov čokolade, so plodno sodelovali s slovenskimi proizvajalci čokolade. Najplodnejši način za tako sodelovanje po naših izkušnjah je, da dijak naslovi vprašanje na nas v organizacijskem odboru, potem pa mi poiščemo ustreznega strokovnjaka med kolegi z Univerze v Ljubljani, Fakulteti za matematiko in fiziko (UL FMF), Pedagoški fakulteti (UL PeF) ali na Inštitutu Jožef Stefan (IJS). Če pa gre za strokovnjake zunaj sodelujočih institucij, so se doslej dijaki z njimi nekako sami povezali.

Kako gre našim tekmovalcem?

Dijaki tekmovalci so visoko motivirani. V reševanje problemov vložijo veliko časa. Začnejo tako, da preberejo predlagano literaturo, ki je na voljo na strani [1], in izvedejo osnovne opazovalne poskuse, ne nujno v tem vrstnem redu. Od tu naprej so razlike med njimi večje. Problemi IYPT so tipično zastavljeni z besedami »prouči pojav«. Pričakovano je, da se razišče, kako je pojav odvisen od različnih parametrov. Teh je lahko veliko. Najpogostejše vprašanje nasprotnikov na tekmovanju je: »Ste proučili odvisnost od …?« Naši dijaki se pogosto omejijo na le nekaj parametrov, kar jih potem spravi v zadrego, ko o odvisnosti od drugih ne morejo povedati ničesar. Bolje je, da površno raziščejo več parametrov, nekatere pa poglobljeno. Poglobljena raziskava vsaj nekaterih parametrov je pričakovana, saj se pričakuje, da bo poročevalec imel globoko znanje o problemu, to pa je mogoče le, če se vsaj nekaterim vidikom problema poglobljeno posvetiš. Pri globini raziskav gre našim dijakom precej dobro. Sposobni so raziskati nek vidik problema do te mere, da o njem suvereno razpravljajo, in so sposobni braniti svoje ugotovitve tudi proti nasprotnikom, ki problem dobro poznajo, in celo proti žirantom.

Dijaki tekmovalci so visoko motivirani.

Slika 3: Dijak slovenske ekipe (desno) kot nasprotnik na IYPT 2012. Na projekciji je viden graf z matematičnim modelom in označenimi merskimi nedoločenostmi, ki pa so slabo razločne. Taka oblika primerjave meritev s teorijo je pričakovana pri vsakem poročilu. (Foto: Sergej Faletič)

Eden od pričakovanih elementov poročila je primerjava meritev s teorijo. Najbolje je, če dijaki uspejo sami postaviti teoretični model. A tudi, če to naredijo, se pričakuje, da vedo, kaj pravi literatura. Ni pa dobro sprejeto, če brez razumevanja uporabijo rezultate v literaturi.

Na tekmovanju nasprotnik, sicer pa žirija, vedno preveri, ali poročevalec razume enačbe, ki jih je zapisal, ali pozna pomen posameznih členov in ga zna fizikalno utemeljiti. Če tega ni, večinoma štejejo, da teorija ni bila ustrezna. Zgodilo se nam je tudi že, da smo izdelali numerični model na podlagi osnovnih fizikalnih principov in dobili spodobno visoke točke, čeprav nismo postregli z rešitvijo problema v obliki enačbe. Žal naši dijaki pogosto, posebno pri prvih, izbornih prijavah, povsem pozabijo na ta del. Brez njega pa ni mogoče izvesti dobrega nasprotovanja, razviti dobre razprave in prikazati dometa lastnega fizikalnega znanja. Do mednarodnega turnirja dijaki ta del izboljšajo, a po večini ostajajo pomanjkljivosti. Ta del je zelo pomemben tudi zato, ker je v njem izrazit pomen eksperimentalnih nedoločenosti. Vsi resni tekmovalci na YPT razumejo pomen nedoločenosti pri primerjanju s teorijo in so na to pozorni pri poročilih, ko so v vlogi nasprotnika. Najboljše razprave med poročevalcem in nasprotnikom se razvijejo, ko gre za primerjavo med teorijo in rezultati poskusa. »Zakaj se ne ujema?« »Ali obstajajo pogoji, da enačba velja? So bili izpolnjeni?« »Kako ste izbrali obliko krivulje? Ali obstaja fizikalni razlog za tako krivuljo?« To so nekatera od tipičnih vprašanj nasprotnikov na to temo. Naši dijaki so pri primerjavah površni. Ne ocenijo nedoločenosti, ne ponovijo poskusov. Pogosto se zdi, da poskus obravnavajo kot preizkus teorije, ne teorije kot nekaj, kar obstaja zato, da pojasni izid poskusa. To je verjetno posledica tega, da v šolah pogosto izvajajo poskuse o nekem pojavu po tem, ko so ga že obravnavali teoretično. Poleg tega imam občutek, da so hitro zadovoljni, če se meritve in teorija vsaj približno ujemajo. A tekmovalci vrhunskih ekip so pozorni na vsako neskladje in pomanjkljivi odgovori naredijo vtis površnosti. Neskladje samo ni problem, žirija pričakuje razmislek o razlogih zanj. Če so ti dobri, je to prikaz tekmovalčevega znanja fizike in razumevanja ozadja problema, kar je pozitivno.

Na tekmovanju nasprotnik, sicer pa žirija, vedno preveri, ali poročevalec razume enačbe, ki jih je zapisal, ali pozna pomen posameznih členov in ga zna fizikalno utemeljiti.

Nasprotovanje je zahtevna naloga. Pravila zahtevajo, da nasprotnik v razpravo ne vnaša lastnih rezultatov, le poznavanje fizikalnega ozadja problema in znanstvene metodologije. Nasprotovanje je tako usmerjeno predvsem v merske postopke, oceno nedoločenosti, primerjavo s teorijo in omejitve predstavljene teorije. Ironično opažam, da so razprave boljše na AYPT, kjer nasprotnik pogosto ne pozna predstavljenega problema (ker vsaka ekipa prouči le tri od 17), kot na IYPT, kjer vsi načeloma poznajo vse probleme. Če problem podrobno poznaš, je rezultate lastnih meritev težko zadržati zase. Če ga ne poznaš, se moraš osredotočiti na osnovno fiziko in procesna znanja. Tak format se mi zdi še zahtevnejši za nasprotnika, saj ne more črpati iz specifičnega znanja o problemu, pač pa mora vključiti vse svoje splošno fizikalno znanje, da preveri trdnost ugotovitev poročevalca. Naši dijaki se tu odrežejo mešano. Nekateri blestijo, drugi manj. Običajno pa nimamo slabih nasprotovanj.

Pristop študentov prvega letnika fizike k reševanju problemov IYPT

Študenti prvega letnika fizike na Univerzi v Ljubljani, Fakulteti za matematiko in fiziko občasno rešujejo probleme iz nabora IYPT pri predmetu Projektno delo. Pri tem predmetu izvedejo samo poročevalski del. Nasprotnika in recenzenta ni. Zato imamo izkušnje zgolj z njihovim pristopom k problemu. Za razliko od dijakov, ki si čas za raziskave upravljajo sami, imajo študentje na voljo tri tedne, vsak teden po tri ure, da opravijo eksperimentalni del. Proučevanje teorije, gradnjo modelov in analizo rezultatov lahko izvedejo tudi doma. Pri delu kot vodilo uporabljajo tabele za samoocenjevanje, dostopne na [4], ki so bile razvite na podlagi tabel z Univerze Rutgers, New Jersey, ZDA [3]. To je edino pisno vodilo, ki ga dobijo poleg naloge.

Pri delu študentov opažamo podobne vzorce kot pri delu dijakov. Teorijo pogosto obravnavajo kot resnico, in če se rezultati poskusa ne ujemajo, je po njihovem mnenju s poskusom nekaj narobe. Pri gradnji fizikalnih modelov so prisotne pomanjkljivosti. Ocenjujemo, da večinoma izhajajo iz tega, da verjetno nikoli niso bili v položaju, da bi morali zgraditi fizikalni model za opažanja pri poskusu. Spretni so v iskanju modelov v literaturi, še posebej na spletu. Pri meritvah pogosto niso pozorni na nedoločenosti in primerjava teorije z rezultati poskusa je včasih površna. Študenti sistematično raziščejo odvisnost od različnih parametrov, a v povprečju ne dosegajo globin, v katere se spustijo dijaki tekmovalci. Opazili pa smo, da so tabele za samoocenjevanje [4] precej pomagale pri vodenju študentov skozi procese, ki so pri razisko-

vanju potrebni. Pomanjkljivosti je manj in njihova poročila praviloma zajemajo vse zahtevane elemente. Vloge v skupini si večinoma dobro razdelijo, se pa zgodi, da eden prevzame vlogo zapisnikarja in eden tistega, ki bo pisal končno poročilo. Ti študentje potem manj sodelujejo pri tvorbi idej za poskuse in pri njihovem izvajanju.

Študentje zaključijo delo s poročilom v obliki spletne strani. Poročila so dostopna na spletnem naslovu [5].

Priložnosti za uporabo turnirja v razredu

Šele v zadnjem času smo začeli preiskovati možnosti uporabe nalog in formata YPT v razredu. O tem še nimamo podatkov. Ampak zamislimo si, da iz problemov IYPT izločimo take, ki so preprosti ali je mogoče preprosto raziskati vsaj odvisnost od nekaterih parametrov. Razred razdelimo na ekipe s po tremi dijaki. Po tri ekipe združimo v skupino. Vsaka ekipa lahko dobi svoj problem ali pa vse tri istega. Mogoče bi bilo tudi, da vsaka ekipa dobi za nalogo proučiti odvisnost od drugega parametra pri istem problemu. Ekipe v skupini potem izvedejo mini turnir. Ena ekipa je v vlogi poročevalca, druga nasprotnika in tretja recenzenta. Slednja mora oceniti nastop ostalih dveh. Vloge se potem ciklično zamenjajo. Če bi predstavitev in nasprotovanje trajala vsaka pet minut, lahko turnir izvedemo v dobrih 30 minutah. Če bi skupine svoje meritve, ugotovitve, grafe sproti zapisovale na bele table, bi v 90 minutah lahko izvedli celoten postopek. Učitelj bi se sprehajal po razredu in opazoval skupine pri delu in mini turnirju. Če k temu dodamo še tabele za samoocenjevanje, mogoče prilagojene potrebam tovrstne aktivnosti, lahko dobimo zanimiv in pester način razvijanja in preverjanja procesnih znanj na področju fizike.

Ob taki aktivnosti bi dijaki razvijali svoje eksperimentalne spretnosti kot pri vsakem projektnem delu, a del z nasprotovanjem zahteva dodatne spretnosti. Dijaki morajo, da bi lahko nasprotovali ekipi pri problemu, ki ga sami niso proučevali, aktivirati svoje splošno fizikalno znanje. Preverjati bi morali skladnost predstavljene teorije z že usvojenim znanjem. A še pomembneje, iskati bi morali tudi pomanjkljivosti v procesih poročevalca. V ta namen bi morali aktivirati svoja procesna znanja, ki so v tradicionalnem pouku pogosto neaktivna. Ekipa recenzenta ima pomembno vlogo vrednotiti razpravo, tako vsebinska kot procesna znanja. Vrednotenje je še ena od spretnosti, ki so v tradicionalnem pouku slabo zastopane.

Seveda ne gre pričakovati, da bi dijaki usvojili posamezne vloge pri prvi izvedbi. Predstavljajmo si, da tako izvedbo pripravimo enkrat do dvakrat na leto, predvidoma v terminu laboratorijskih vaj. Sčasoma bodo dijaki usvojili ključne prvine. Če bo trend laboratorijskih vaj šel v smeri bolj odprtih in manj vodenih vaj, ki bolje spodbujajo razvoj naravoslovnih spretnosti, ni izključeno, da bi se izkazalo, da je format YPT povsem pripraven za ta namen. Seveda lahko s tem formatom obravnavamo tudi ustrezne odprte probleme, ki zahtevajo eksperimentalno delo in niso bili obravnavani na tekmovanjih IYPT, so pa primerni za doseganje ciljev iz učnega načrta. Cilj bodočih raziskav na tem področju bo, kakšen format polodprtih laboratorijskih vaj je za doseganje naravoslovnih kompetenc najustreznejši. V naboru preizkušenih metod bi izpustili priložnost z veliko potenciala, če vanj ne bi vključili tudi formata YPT.

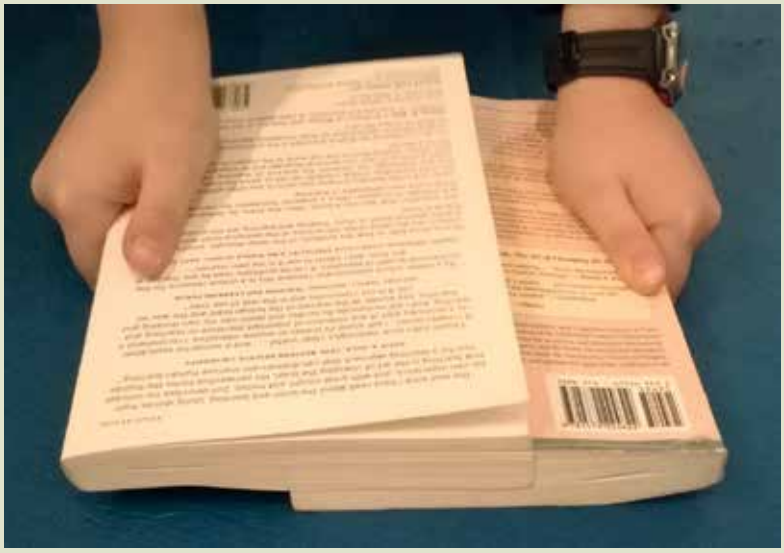
Dijaki morajo aktivirati svoje splošno fizikalno znanje.

Primeri nalog za pouk

Občasno so nekateri problemi IYPT dovolj preprosti, da bi bilo njih ali njihove dele mogoče izvesti v razredu v omejenem času. Izluščili smo jih nekaj, da na njih predstavimo, kako si zamišljamo primer uporabe, dodali pa še enega s temo neposredno iz učnega načrta, da predstavimo idejo uporabe formata YPT na taki temi.

1) Papirni prijem

Vzemite dve podobni knjigi z mehkimi platnicami in prepletite po nekaj listov naenkrat. Potisnite knjigi skupaj. Primite knjigi za hrbet in ju poskusite povleči narazen. Raziščite parametre, ki določajo, kolikšna sila je potrebna, da knjigi ločimo.



Slika 4: Prepleteni knjigi z mehkimi platnicami.

Pričakujemo, da bi dijaki poskušali prepletati list po list ali več listov po več listov in kmalu ugotovili, da je potrebna vlečna sila odvisna od števila prepletov in mase knjige nad njimi. Preprosto seštevanje sil in zveza med lepenjem in silo, pravokotno na podlago, bi morala zadoščati za teoretični model. Pri tej nalogi pride do izraza primerjava s teorijo, kjer pridejo do izraza tudi merske nedoločenosti. Kot omenjeno zgoraj, je ujemanje modela z meritvami manj pomembno kot fizikalni razlogi, zakaj se morebiti ne. Boljši bi verjetno tudi preverili svoje hipoteze. Npr. privzdignili zgornji del knjige, da preverijo, ali teža zgornjega dela knjige res vpliva in kako. Za začetek bi zadoščalo, če ena ekipa v skupini preveri odvisnost od števila prepletov, druga pa od mase knjige nad prepleti. Tako bi bila tudi fizikalna debata zanimivejša.

2) Nitno nihalo

Obesite različna telesa na vrvico in jih zanihajte. Proučite, kako je gibanje teles odvisno od relevantnih parametrov.

Pri tej nalogi bi dijaki verjetno hitro ugotovili, da bo odvisna količina nihajni čas, za neodvisno pa imajo tri možnosti: dolžina vrvice, masa obešene uteži in odmik od ravnovesne lege. Spet zadošča, da različne ekipe v skupini preverijo odvisnost od različnih količin. Ta del naloge sem v srednji šoli izvajal kot laboratorijsko nalogo, čeprav brez mini turnirja. Izkaže se, da so dijaki precej presenečeni nad tem, da nihajni čas ni odvisen od mase. Da bi jih prepričali, je bilo treba zelo dobro razumeti pomen intervalov nedoločenosti: kaj je fizikalno enako in kaj različno. Ali opazijo odvisnost od odmika, je odvisno od tega, kolikšen je največji odmik, ki so ga izbrali. Vsekakor je zanimivo ponovno videti vlogo merskih nedoločenosti. Odvisnost je blaga, in če so merske nedoločenosti precejšnje, ne morejo trditi, da odvisnost obstaja. To je zanimiva situacija, ko ne morejo potrditi odvisnosti, za katero vemo, da obstaja. Teoretični model ni zelo zapleten. Zgolj uporaba diagrama sil, drugega Newtonovega zakona in zveze med premikom in pospeškom, tudi če pospešek ni konstanten, zadošča za pojasnitev vseh odvisnosti in tudi nejasnosti odvisnosti od odmika. Kot rečeno, izkušenj z mini turnirjem na to temo še nimam, se pa veselim naslednje priložnosti, da bi jih dobil.

Slika 5: Nitno nihalo

3) Teleskop na eno lečo

Mogoče je izdelati teleskop z uporabo ene leče, če namesto okularja uporabimo zaslon z majhno odprtino. Izdelajte tak teleskop in raziščite, kako so lastnosti slike (povečava, ostrina, svetlost …) odvisne od relevantnih parametrov.

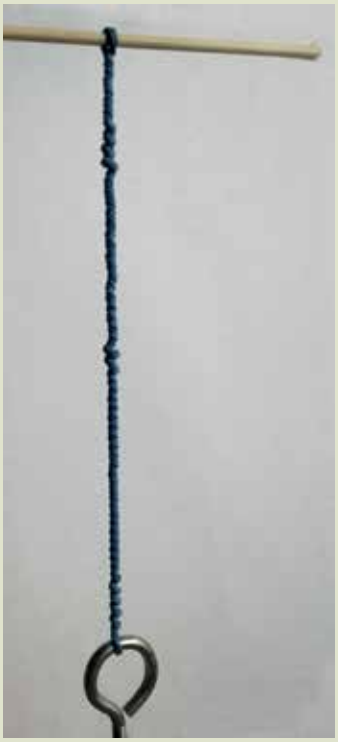
Ta naloga zahteva dobro razumevanje potovanja svetlobe. Naše izkušnje kažejo, da je razumevanje delovanja kamere obskure pogosto pomanjkljivo. Prav tako dejanski potek svetlobe pri preslikavi skozi lečo. Če so dijaki ti temi pravilno usvojili in razumejo vlogo žarkov kot geometrijskih pripomočkov pri konstrukciji slike, imajo dovolj znanja, da lahko analizirajo potek svetlobe skozi lečo in luknjico in na podlagi tega pojasnijo opažanja. Če pa tega niso usvojili, je lahko to dobra spodbuda, da izboljšajo in poglobijo svoje znanje. Pričakuje se torej, da dijaki s pomočjo glavnih žarkov skonstruirajo potovanje snopa žarkov skozi lečo. Nadalje ugotovijo, da je vloga idealne majhne luknjice ta, da v žarkovnem modelu izloči samo enega od snopa žarkov, ki padejo nanjo. Če snopi žarkov padajo v različnih smereh, izloči po enega iz vsake smeri, kar omogoči tvorbo ostre slike. Če na podlagi tega lahko pojasnijo vsaj velikost in sploh nastanek slike, smo že lahko zadovoljni. Hitrejše skupine pa lahko nadaljujejo pojasnjevanje svetlosti in ostrine. Svetlost se poveča z večjo luknjico, ker prepusti več svetlobe. Hkrati pa se s tem zmanjša ostrina slike, saj je luknjica vse manj idealna in v žarkovnem modelu prepusti več žarkov, ki tvorijo sliko iste točke na različnih mestih zaslona.

Slika 6: Teleskop na eno lečo.

4) Motor na zavito elastiko

Zavito elastiko lahko uporabimo kot vir energije za poganjanje modelov letal ali avtomobilov. Raziščite lastnosti takega vira energije in kako se njegova moč spreminja s časom.

To nalogo lahko dijaki rešujejo tako, da zavito elastiko pritrdijo na kolo z žlebom, ki se vrti z malo trenja. Okoli kolesa navijejo vrvico, ki jo vlečejo s silomerom. Tako lahko izmerijo navor in spreminjanje navora z zavijanjem. Nanjo lahko tudi pritrdijo utež in preko spremembe potencialne energije na časovno enoto izmerijo moč motorja. Teoretičnega ozadja se lahko lotijo tako, da preštejejo število zavojev elastike in njeno debelino, iz česar lahko pri dani razdalji med koncema elastike izračunajo njen raztezek in s tem ocenijo shranjeno energijo. V to preprosto in uporabno nalogo je shranjenega veliko znanja o navoru, delu in energiji. Verjetno bi bil izziv že načrtovanje poskusa. Moč je dinamična količina, ki je dijaki ne merijo pogosto. Mogoče bi bilo lažje obravnavati energijo. Dijaki bi morali ugotoviti, kako meriti energijo z dviganjem uteži, pri čemer pa teža ne bi smela biti prevelika, saj je navor takega motorja relativno majhen.



Slika 7: Motor na navito elastiko.

Zaključek

YPT so tekmovanja, ki poudarjajo eksperimentalni izvor fizikalnega znanja. S tem razvijajo procesna znanja, ki so skupna vsem projektnim nalogam. Ponujajo pa tudi več kot to, saj zajemajo predstavitev in argumentacijo lastnih ugotovitev pred kolegi s podobnim znanjem, katerih naloga je, da preverijo trdnost teh ugotovitev na podlagi razumevanja problema in uporabljenih postopkov. Namen tega je izboljšanje raziskave in gradnja trdnega fizikalnega znanja, ki ga je težko omajati. Tak format je dobro izhodišče za laboratorijsko delo odprtega tipa, ne glede na fizikalno temo, ki jo izberemo kot vsebino projekta. Pomembnejše so sposobnosti utemeljevanja zaključkov in vrednotenja debate. Ali je mogoče tak format učinkovito uporabiti v razredu, je treba še raziskati, ideja pa je ponujena. Opazovati dijake v fizikalni debati, ko drug drugega na podlagi lastnega znanja prepričujejo in preverjajo, je posebno doživetje. Sčasoma bomo raziskali, kako se tak način dela obnese v razredu, in če se, bomo mogoče v prihodnje priča mini turnirjem pri pouku fizike.

Viri in literatura

[1] IYPT, domača stran, http://iypt.org/Home [dostop 1. 12. 2017]

[2] SiYPT, domača stran, http://siypt.ijs.si [dostop 1. 12. 2017]

[3] Univerza Rutgers, tabele za samoocenjevanje, https://sites.google.com/site/scientificabilities/rubrics [dostop 1. 12. 2017]

[4] UL FMF, Projektno delo, začetna stran, http://projlab.fmf.uni-lj.si [dostop 17. 3. 2018]

[5] UL FMF, Projektno delo, arhiv izdelkov, http://projlab.fmf.uni-lj.si/arhiv/arhiv.html [dostop 17. 3. 2018]

[6] Spletna stran Gimnazije Celje - Center, poročila za javnost 2016/2017, http://www.gcc.si/o-soli/sporocila-za-javnost/ 20162017-2/33 [dostop 17. 3. 2018]

[7] Etkina, E., Van Heuvelen, A., White-Brahmia, S., Brookes, D. T., Gentile, M., Murthy, S., Rosengrant, D. in Warren, A. (2006). *Scientific abilities and their assessment, Physical Review Special Topics, Physics Education Research*, 2, 020103-1 – 020103-15.

[8] Faletič, S., Etkina, E., Planinšič, G. (2016). Self-assessment rubrics as a tool to help students and teaching assistants = Tabele za samoocenjevanje kot orodje v pomoč študentom in asistentom. V: Aškerc Veniger, K. (ur.), idr. *Izboljševanje kakovosti poučevanja in učenja v visokošolskem izobraževanju: od teorije k praksi, od prakse k teoriji* = Improving the quality of teaching and learning in higher education: from theory to practice, from practice to theory. Ljubljana: Center RS za mobilnost in evropske programe izobraževanja in usposabljanja. Str. 224–231.

Fizikalne vsebine za dijake na Mafijskem vikendu

Anja Kranjc Horvat, dr. Simon Čopar
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko in

Marion Antonia Van Midden
Institut Jožef Stefan

Povzetek

V prispevku bomo predstavili delo s fizikalno nadarjenimi dijaki na Mafijskem vikendu, zimski šoli, ki smo jo letos drugič zapored izvedli na Fakulteti za matematiko in fiziko. Poleg kratke predstavitve fizikalnega dela delavnic se bomo osredotočili predvsem na izzive pri podajanju vsebin, ki presegajo predpisano raven srednješolske fizike.

Ključne besede: nadarjeni dijaki, fizika, zimska šola, delavnice

Physics Contents for Secondary School Students at »Mafijski vikend/Mafia Weekend«

Abstract

The paper presents »Mafijski vikend/Mafia Weekend«, a three-day winter school that took place at the Faculty of Mathematics and Physics in Ljubljana. The first part of the paper briefly presents the physics-related activities that took place, while the second part focuses on working with secondary school students that have a talent for physics.

Keywords: gifted students, physics, winter school, workshops

Foto: dr. Peter Legiša

Uvod

Zadnji konec tedna januarja 2018 smo na Fakulteti za matematiko in fiziko drugič zapored organizirali tridnevno zimsko šolo za dijake [1]. Že ime Mafijski vikend nakazuje na sožitje matematičnih in fizikalnih vsebin, ki so bile rdeča nit celotnega vikenda v obliki predavanj, delavnic ter družabnih dejavnosti. Dogodka se je udeležilo 37 dijakov iz vse Slovenije in vseh štirih letnikov gimnazijskega programa. Z dogodkom fakulteta stopa v stik z najbolj nadarjenimi dijaki, mnogi izmed njih se nam bodo čez nekaj let pridružili kot študenti matematike ali fizike. Dijaki med vikendom dobijo prvi vtis o tem, kaj leži onkraj srednješolskih znanj, zaposleni na fakulteti pa pridobivamo izkušnje o njihovem predznanju ter načinu razmišljanja, zato je premišljen pristop k izvedbi zimske šole še posebej pomemben. Hkrati je dogodek namenjen tudi druženju in spoznavanju dijakov iz različnih letnikov in šol, ki jih združuje in razdvaja veselje do fizike in/ali matematike. Čeprav si delimo teoretična orodja, so zanimanja matematikov in fizikov lahko zelo različna. S tovrstnimi delavnicami želimo to različnost raziskati ter jo premostiti s spodbujanjem komunikacije in sodelovanja. V tem prispevku bomo predstavili fizikalno plat delavnic in opažanja, ki jih lahko bralec uporabi pri delu z nadarjenimi bodočimi fiziki.

Raziskovanje v sproščenem okolju

Dijakom, ki jih zanima fizika, je redni srednješolski program pogosto premalo obsežen in prepočasen. Če jim je omogočeno, zato radi posegajo po zahtevnejših vsebinah, ki presegajo srednješolske okvire. Takim dijakom namreč najbolj koristi, da jim čim pogosteje omogočamo samostojno raziskovanje, seveda pa je naloga učitelja, da jim pri tem pomaga z vodenjem ter razlago, predvsem kadar njihovi problemi presegajo njihovo matematično razumevanje [2]. Pri tem je zelo dobrodošlo, da tudi mentorji sami najdejo strokovnjake na področjih, ki dijake zanimajo, hkrati pa je tudi fakulteti v interesu, da bodoče študente še dodatno usmerimo in jih navdušimo.

Čeprav fizika kot naravoslovna veda z velikim poudarkom na eksperimentalnem delu kar kliče po delavnicah,

imajo dijaki bolj malo izbire. Razen poletne šole na Bledu, ki jo DMFA organizira za najbolje uvrščene na tekmovanjih [3], ustaljenega tabora, odprtega za vse dijake, kot sta MARS za matematiko [4] ali SMART za astronomijo [5], še nimamo. V letu 2017 smo se odločili vsaj delno zapolniti to vrzel in organizirati dogodke, ki bi pritegnili tako matematično kot tudi fizikalno usmerjene dijake. Lansko poletje je Fakulteta za matematiko in fiziko prvič poskusno organizirala poletno šolo [6], ki se je je udeležilo 24 dijakov vseh letnikov. Glavna motivacija te poletne šole je bilo povečanje vpisa na Fakulteto za matematiko in fiziko, ob tem pa še posebej predstaviti morda malce manj znane in posledično manj zastopane programe, na primer meteorologijo.

Z uvedbo dodatnega krajšega, tridnevnega dogodka smo želeli dijakom ponuditi matematično fizikalne vsebine v tudi zimskem obdobju, ko je taborov in delavnic v splošnem manj. Za razliko od taborov je bil program organiziran le v obliki predavanj, delavnic in družabnega popoldneva, za prenočišče ali prevoz pa so morali dijaki poskrbeti sami. Na Mafijskem vikendu so imeli udeleženci tudi možnost, da na neformalen način spoznajo Fakulteto za matematiko in fiziko ter da študente in zaposlene, ki sodelujejo pri izvedbi, vprašajo vse, kar jih zanima glede študija, dela in možnosti za zaposlitev.

Predavanja in delavnice

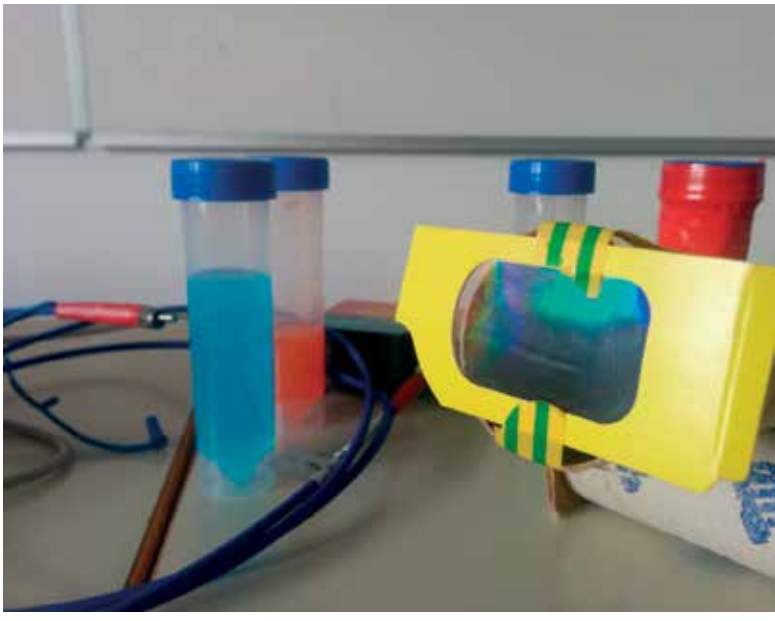
Mafijski vikend smo začeli v petek popoldne s poljudnima predavanjema dveh raziskovalcev, matematika in fizika. Fizikalnemu predavanju prof. Denisa Arčona na temo magnetne resonance je sledilo matematično predavanje prof. Mateja Brešarja »Kaj počnejo matematiki?«, ki je bilo hkrati predavanje v ciklu poljudnih predavanj **I < 3 MAT** [7]. Oba sta poskušala svoje raziskave in raziskave svojih kolegov prikazati na kar najbolj poljuden način. Dijaki so ob tem lahko dobili dosti boljši občutek o tem, kaj pomeni biti fizik, hkrati pa so ob tem izvedeli tudi marsikaj novega, tako na predavanju kot tudi ob poskusih. V naslednjih dveh dneh smo pripravili šest vsebinsko različnih triurnih delavnic, tri matematične in tri fizikalne, med katerimi so se dijaki lahko razporedili v dveh dneh, tako da je vsak imel priložnost prisostvovati na dveh poljubnih delavnicah. Sobotno popoldne smo zapolnili z izletom, fizikalnim kvizom in družabnimi igrami, da so se imeli udeleženci priložnost tudi sprostiti in navezati stike z vrstniki, s katerimi se bodo vsaj nekateri verjetno srečali tudi v študentskih klopeh.

Delavnice, izvedene na Mafijskem vikendu, so bile razvite zgolj za to priložnost, tako da smo se vsi sestavljavci soočali s podobnimi vprašanji – kako prilagoditi program, da bo primeren za tako heterogeno skupino. Tako matematiki kot tudi fiziki se soočamo s podobnim problemom – matematično ozadje je v najboljšem primeru pomanjkljivo, hkrati pa zelo heterogeno. Prvi letniki so namreč precej v zaostanku v primerjavi s četrtimi letniki, obenem pa nihče od njih pogosto nima dovolj znanja, da bi jih brez težav lahko spoznavali z zahtevnejšimi matematičnimi postopki. Ob tem pa se fiziki soočamo tudi z drugačnimi izzivi. Fizika je veda o opisovanju in napovedovanju pojavov iz resničnega sveta, zato je bistveno, da na enačbe in zakone ne gledamo kot na kuharske recepte, temveč zares razumemo njihovo praktično vsebino. To je še toliko pomembneje pri fizikalno nadarjenih dijakih, ki željo po povezovanju naučenega z vsakdanjim svetom čutijo tudi sami.

V okviru rednega pouka ni vedno časa za praktične demonstracije, zato smo za delavnice izbrali zelo široke in čim bolj privlačne teme z obsežnim praktičnim delom, pri katerem lahko sami izkusijo mehanizme izbranih pojavov. K sreči je pri fizikalnih temah samo fizikalno ozadje gonilo matematične izpeljave, zato z dobrim razumevanjem fizike hitro razložimo tudi matematiko. Vsekakor je to v teoriji videti mnogo enostavneje kot je nato v praksi, a je osrednji koncept povezovanja matematike in fizike ob resničnih problemih dobro začeti graditi že zgodaj.

Svetlobna abeceda

Mnogo raziskav, predvsem v kemiji in medicini, temelji na interakcijah snovi s svetlobo – spektroskopija v različnih območjih spektra, rentgenski žarki, fluorescenčna spektroskopija … Za poznavanje teh interakcij je pomembno, da poznamo lastnosti svetlobe, ki jo oddajajo različni viri, in hkrati lastnosti snovi, s katero se ukvarjamo. Na delavnici o svetlobi ter interakciji svetlobe s snovjo smo ves čas prepletali teorijo s prakso, eksperimente z matematičnim opisom, raziskave z resničnim življenjem.



Slika 1: Raziskovanje barv z različnimi spektroskopskimi metodami.

Preden smo se lahko začeli pogovarjati o interakciji svetlobe s snovjo, smo si pogledali, kaj svetloba sploh je, pri čemer smo si ogledali razlike in podobnosti med različnimi deli spektra, posebej pa smo se osredotočili na vidno svetlobo in barve. S pomočjo spektrometrov in spektroskopov smo si ogledali spektre različnih svetil, pri čemer smo s pomočjo razlik v spektrih analizirali, kaj dejansko je vir svetlobe ter kaj vse lahko razberemo iz spektra svetila. Pri tem smo se pogovarjali tudi o spektrih zvezd in načinu določanja sestave zvezd, njihovega približevanja oziroma oddaljevanja od nas ter o analizi dvojnih zvezd. Seveda pri tem nismo izpustili analize delovanja tekočekristalnih zaslonov in sestave pikslov.

Svetlobi smo nato sledili do interakcije s snovjo, kjer smo si pogledali dva glavna principa – absorpcijo in sipanje. Oboje smo obravnavali tako z eksperimenti kot tudi z matematičnimi prijemi. Tako pri absorpciji kot tudi pri sipanju smo si pojave razložili tudi na atomskem nivoju z vzbujanjem elektronov zaradi fotonskih vpadov. Za boljše razumevanje absorpcije smo si ogledali tudi spektre različnih snovi, tako transmisijske kot tudi reflektivne, medtem ko smo različne oblike sipanja (Rayleighovo, Miejevo in podpovršinsko sipanje) opazovali na primerih iz narave in tehnologije.

Seveda pa delavnica o svetlobi in njenih interakcijah s snovjo ne more miniti brez omembe fluorescence in fosforescence. Ob tem smo si ogledali njuno uporabo v spektroskopiji, kjer nam ta pojava pomagata opazovati znotrajcelične procese v živih celicah.

Po koncu vodenega dela delavnice so imeli dijaki možnost s spektrometri in spektroskopi preveriti tudi spektre vsakdanjih snovi, na primer las, kože, soka itd. V tem delu se je močno videla razlika med bolj teoretično in bolj praktično usmerjenimi dijaki, saj so bolj teoretični stali v ozadju.

Ultra nizke temperature

Ljudje smo prilagojeni na življenje v dokaj omejenem temperaturnem razponu, zato nam je večji razpon precej tuj in pogosto precej neintuitiven. Hkrati je to eno od področij, na katerih smo v fiziki »prehiteli« naravo – v laboratorijih smo sposobni doseči precej nižje temperature od 1,1 K, kar je najnižja temperatura v vesolju. Čedalje nižje temperature nam namreč omogočajo izredno natančne meritve in odkrivanje novih nenavadnih stanj snovi, kot je na primer superprevodnost.

Na delavnici smo si najprej pogledali, kaj sploh pomeni pojem temperatura, ko govorimo o zares nizkih temperaturah, in kako jo merimo, saj je to tema, ki srednješolcem ni zelo domača. Poleg hlajenja s kriogenimi tekočinami smo si ogledali nekaj različnih eksperimentalnih tehnik, kot je hlajenje z dilucijskimi hladilniki. Dijakom smo predstavili tudi eksperimente s hladnimi atomi, kjer gručo atomov s pomočjo laserjev ohladimo do nekaj nK.

Slika 2: Nizkotemperaturni vrstični tunelski mikroskop na Institutu Jožef Stefan.

V praktičnem delu smo priskrbeli trdni CO_2 in tekoči dušik, se poigrali z zamrzovanjem različnih predmetov in opazovali Leidenfrostov pojav, ki kapljicam tekočega dušika omogoča drsenje po tleh brez trenja.

Na koncu smo si ogledali še vrstični tunelski mikroskop, ki je postavljen na Inštitutu Jožef Stefan in pri katerem za merjenje uporabljamo temperature do 1,1 K. Z vrstičnim tunelskim mikroskopom lahko prek tunelskega toka tipamo posamezne atome na površinah in merimo njihove lastnosti, nizka temperatura, ki jo dosežemo s pomočjo tekočega helija in Joule-Thomsonovega hladilnika, pa nam omogoča, da so atomi na površini zares pri miru in lahko natančno izmerimo njihove lastnosti.

Zvok in resonanca

Nihanje in resonanca sta v naravi vseprisotna pojava, s katerima se ljudje srečujemo v vsakdanjem življenju, četudi povezave vedno ne opazimo. Od gugalnic in listov v vetru, mehanskih tresljajev pohištva do vsakega pojava, ki ga slišimo z lastnimi ušesi, vse lahko razumemo kot kombinacijo nihanj. Resonančni pojavi se z enakimi matematičnimi lastnostmi pojavljajo tudi pri opisu valovanja svetlobe, radijskih valov ter v kvantni mehaniki, je pa opis s pomočjo zvoka človeku najbližji, saj imamo naravno intuicijo za frekvenco in harmonijo, ki jo s pridom uporabljamo pri ustvarjanju in poslušanju glasbe.

V teoretičnem delu delavnice smo dijake peljali skozi osnove Fourierjeve analize. To lahko na ravni srednje šole predstavlja izziv, ki pa ni nepremostljiv. Ugotavljanje frekvenčne sestave smo intuitivno razložili s pomočjo množenja ter povprečenja, kar je pravzaprav mehanizem frekvenčne modulacije in demodulacije in ne zahteva dodatnega matematičnega znanja. Tako smo mimogrede odkrili še, kako deluje radijsko oddajanje. Nato smo opisali še izvor spektra lastnih valovanj za različne glas-

bene inštrumente in princip resonance – odziv membrane, strune ali votline na zunanje vzbujanje – mehanizem, preko katerega lahko razumemo tudi delovanje človeškega ušesa ter sodelovanje grla in ustne votline pri oblikovanju glasu.

V praktičnem delu smo priskrbeli računalnik z mikrofonom in zvočniki ter si podrobno ogledali obliko valov in spektrograme za različne zvoke, pri čemer smo uporabili računalniško ustvarjene tone, zvočne posnetke ter najrazličnejše ideje iz vsakdanjega sveta. Največ zabave nam je prineslo uglaševanje kozarcev, piskanje na prirezane slamice ter vpliv helija na človeški glas.

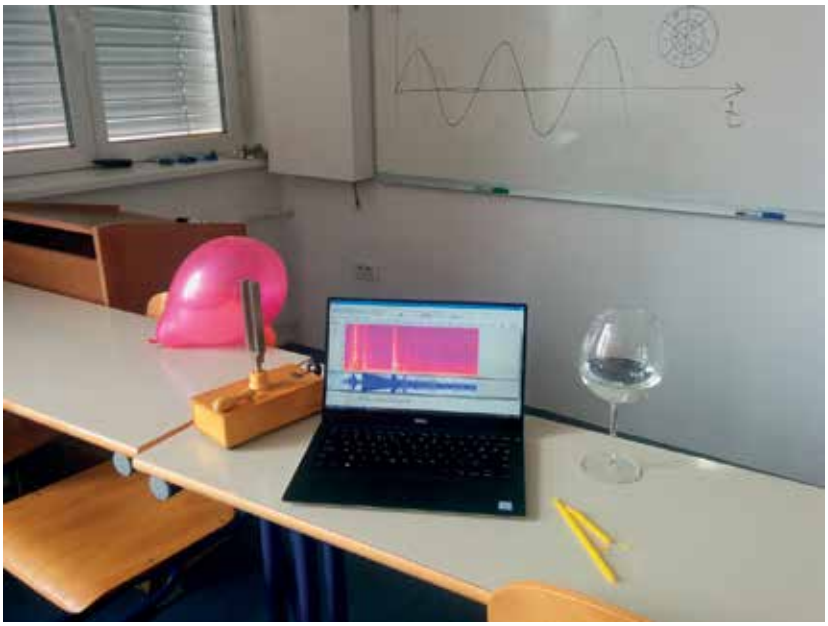
Delavnica se je zaradi večjega zanimanja za ostale delavnice izvajala le v soboto, v nedeljo pa smo del vsebin te delavnice pridružili delavnici »Ultra nizke temperature«.

Delo s fizikalno nadarjenimi dijaki

Delavnice, kakršne smo organizirali v sklopu Mafijskega vikenda, pritegnejo predvsem dijake, ki jih matematika in fizika že sicer zanimata. Motivacije praviloma pri takšnih dijakih tako ni težko doseči, vendar je s tem delo mentorjev le deloma olajšano. Ti dijaki namreč zahtevajo več od mentorjev, tako več znanja kot tudi več energije in hitrejši tempo. V heterogenih skupinah, kakršne so pogosto tudi na raznih fizikalnih krožkih v šoli, se pri tem pojavijo težave zaradi različnega predznanja posameznikov. Moramo se zavedati, da dijaki prvih letnikov praviloma ne dosegajo enake stopnje razumevanja in analitičnih spretnosti, kar se odraža predvsem v slabšem razumevanju matematičnih principov. Če želimo na tej stopnji razložiti matematično zahtevnejše probleme, sta tako potrebna počasnejši tempo in natančnejša razlaga. Takšne prilagoditve pa višje letnike hitro pustijo nemotivirane. Žal imamo takšno težavo pogosto že v razredu, ki naj bi sicer bil bolj homogena skupina, saj matematični in fizikalni kurikul nista usklajena, zato pri fiziki pogosto obravnavamo nekatere matematične pristope, preden se teh pristopov dijaki sploh učijo pri matematiki. Težava se nadaljuje tudi ob prehodu na fakulteto. Med zahtevnejšimi ovirami, ki jih morajo študenti premostiti ob začetku fizikalnega študija, je tako ravno navajanje na uporabo zahtevnejših matematičnih prijemov in prehod od rutinskih problemov na tiste, kjer je potreben fizikalni razmislek, da se sploh pride do matematičnega izraza. Prav to je korak, pri katerem lahko mentor zainteresiranemu dijaku najbolj pomaga z vzbujanjem zanimanja in ustrezno razlago. Hkrati je za uspešen prehod zelo pomembno dobro poznavanje osnov, do česar pride z osebnim raziskovanjem in spraševanjem.

Namesto da se temam, ki zahtevajo razumevanje višje matematike, izogibamo, lahko fizikalno intuicijo izkoristimo kot orodje za razlago konceptov, ki jih bodo v okviru matematike šele kasneje bolj rigorozno formalizirali. Tako lahko integral srečajo pri kinematiki kot naravno posplošitev seštevanja, vektorski produkt ob posplošitvi vrtenja izven ravnine table, Fourierjevo transformacijo skozi resonančne pojave ali moiré vzorce ter matrične operacije zgolj s povečanjem velikosti že znanih sistemov na praktično uporabno velikost – sklopitev vzvodov, škripcev, vzmeti v realnih mehanizmih. Zelo pomembno je omeniti močno vlogo simetrije v fiziki: izrek Noetherjeve na opisni ravni ne zahteva skorajda nobenega matematičnega predznanja, pa vendar ni del redne prakse fizikalnega poučevanja.

Previdno dodajanje teh vsebin v razlago snovi najboljšim dijakom predstavlja spodbudo, saj začutijo, da znanje, ki ga že imajo, z razmeroma majhno nadgradnjo metod zadošča za razumevanje in izračun mnogo večjega števila vsakdanjih pojavov, ne samo »umetnih« šolskih primerov. Tovrstno osvetljevanje poti naprej zmanjša strah pred neznanim in v razmeroma kratkem času dijaku omogoči suverenost pri soočanju s težjimi problemi na tekmovanjih ter razumevanje delovanja vsakdanjih pojavov.



Slika 3: Merjenje spektralne sestave zvoka z računalnikom za različne vire zvoka.

Cilj vsakega srednješolskega učitelja, tudi že v razredu pri splošnem pouku, je, da dijaki formulam ne sledijo zgolj kot kuharskim receptom, vendar žal v razredu tega ni vedno enostavno doseči. Ravno zato je toliko pomembneje, da se z nadarjenimi in motiviranimi dijaki res poskušamo ukvarjati na način, preko katerega z njimi ustvarimo interaktivno izkušnjo, bodisi v obliki poskusov, simulacij bodisi zgolj debate. S takšnimi izkušnjami se njihovo učenje močno približa tudi delu znanstvenikov, vsaj

Slika 4: Poskusi s helijem in tekočim dušikom.

po načinu dela, kar še dodatno zvišuje njihovo motivacijo. Predvsem slednje, debata, je prepogosto spuščeno in skrajšano, čeprav je ravno to tisto, ki najbolj spodbuja dodatno radovednost, ustvarjalnost in posledično tudi razumevanje.

Učiteljeva naloga pri vodenju krožkov in priprav na tekmovanja je pozorno spremljati napredek dijakov in način razlage individualno prilagoditi njihovim zanimanjem in načinu razmišljanja. Prav zaradi pomanjkanja matematičnih osnov je pomembno, da je snov predstavljena slikovito in dovolj enostavno, da si lahko dijaki zares predstavljajo, kaj se dogaja. K temu pripomore razlaga ob eksperimentih, ki vsak korak prikažejo na oprijemljiv način. Posebno pomembno je omenjanje analogij in posplošitev; ne potrebujemo omembe diferencialnih enačb, da pripomnimo, da vsaka sila, ki vrača v izhodišče in narašča z odmikom, vodi v nihanje, ter da prevajanje toplote, prevajanje elektrike ter pretakanje tekočin po ceveh ubogajo enake ohranitvene zakone.

Na delavnici smo ravno pri zanimanju za povezave z vsakdanjimi pojavi opazili največjo razliko med dijaki: zelo jasno so se ločili na tiste, ki jih matematika zanima na abstraktni ravni in ne potrebujejo praktičnega konteksta, ter tiste, ki jim je eksperimentalni del predstavljal glavno atrakcijo. Vsekakor je pri delu z dijaki, ki jih fizika zanima, pomembno, da jim damo možnost prostega eksperimentiranja in raziskovanja, ne glede na to, ali so usmerjeni bolj teoretično ali praktično. Navsezadnje njihovo osebno raziskovanje vodi do globljega razumevanja, ki lahko vodi do samostojne izpeljave zakonov.

Ena izmed opaznejših značilnosti dijakov, ki so prišli na Mafijski vikend, pa je bila precej presenetljiva. Zelo velik delež dijakov, ki so se tega vikenda udeležili, ni usmerjen zgolj v fiziko, temveč jih zanimajo še razne druge teme iz kemije, biologije, biotehnologije, elektronike … Čeprav tega sprva nismo predvidevali, sploh ne v takšnem številu, so tudi takšni dijaki pri praktično vseh delavnicah lahko našli nekaj, kar jih zanima. Tukaj se je res pokazalo, kako zelo pomembno je v splošno razlago vpeljevati tudi primere ne samo iz resničnega življenja, temveč tudi iz drugih smeri. Navsezadnje se moramo zavedati, da dijaki, ki jih zanima fizika, niso nujno vsi fiziki, mnogi izmed njih bodo svoje šolanje nadaljevali v popolnoma drugi sferi. Za uspešno motiviranje takšnih dijakov je pomembno, da se jim poskušamo vsaj s primeri dodatno približati. Lahko bi rekli, da ima praktično vsaka fizikalna snov primere v drugih znanostih. Predvsem za nadarjene dijake je zato dobro, da primeri presegajo klade in točkaste mase, saj so po eni strani sposobni delati s problemi iz resničnega življenja, po drugi strani pa jih takšni primeri dodatno motivirajo in navdušujejo.

Kadar govorimo o povezavah z resničnim življenjem, se je pomembno zavedati tudi napak, predpostavk in približkov. Zopet se namreč izkaže, da imajo študentje v prvih letih študija s tem zelo velike težave, saj se mnogi s koncepti napak, približkov in predpostavk srečujejo praktično prvič. Že pri pouku je zato izredno pomembno, da se pogovarjamo o napakah in predpostavkah, ravno ta tema pa je odlično izhodišče za debate z dijaki. Pogovor o tem, kako neka predpostavka oziroma napaka vpliva na končni rezultat, znanje dijakov zgolj utrjuje, hkrati pa spodbuja kritično mišljenje, kar seveda koristi dijakom in celotni družbi tudi precej izven konteksta fizike.

Dijake na pogovor in razmišljanje o predpostavkah in napakah najlažje navedemo skozi poskuse in laboratorijske vaje. Vsekakor je zato zelo dobrodošlo, da se čim več učnih vsebin posreduje skozi takšne in drugačne poskuse, pri čemer tudi posnetki poskusov niso slabo nadomestilo. Predvsem nadarjeni dijaki nimajo prevelikih težav s poustvarjanjem slike s posnetka v resnični svet, zato mentorjem ni treba preveč skrbeti, če njihov fizikalni kabinet nima ogromne zbirke poskusov. Vsekakor pa največ znanja usvojijo dijaki z lastnim poskušanjem in raziskovanjem, zato je zelo pomembno, da se jim omogoči možnost takšnega eksperimentiranja. Čedalje več gimnazij in srednjih šol zato ustvarja posebne laboratorije, pri katerih dijaki sodelujejo na projektih, v vsakem

primeru pa je dobro, da jih k temu čim bolj spodbujamo, pa četudi zgolj znotraj šolske ure.

Zaključek

Bolj kot odličnost v izbranih temah je za bodočega raziskovalca zanimivo odkrivanje izbranih tem zunaj študijskega programa, kar je najlepše spoznavati v sproščenem vzdušju taborov in delavnic. Z zimsko matema-tično-fizikalno delavnico smo v ta mozaik izbire dodali še eno aktivnost. Delavnice, kot je Mafijski vikend, so izvrstna priložnost, da se nadarjeni dijaki spoznajo tako s strokovnjaki na področju, ki jih zanima, kot tudi z drugimi nadarjenimi dijaki z drugih šol. V času, ko smo imeli skupne družabne dogodke, so tako lahko izmenjevali izkušnje iz šole, s krožkov ter tekmovanj. Mnogi izmed njih so namreč zelo aktivni na različnih tekmovanjih, kot so tekmovanje za Stefanova priznanja, tekmovanje v odpiranju fizikalnih sefov [8] in Mednarodni turnir mladih fizikov (IYPT) [9].

Vsekakor je za dijake, ki jih zanima nekaj več, dobrodošlo, da se udeležujejo takšnih delavnic, kjer lahko srečajo raziskovalce različnih področij stroke. Še vedno pa so prvi in glavni stik dijakov z dodatnimi vsebinami njihovi mentorji. Poglavitna lastnost fizikalno nadarjenih dijakov navsezadnje ni njihovo znanje, ki še raste, ampak njihova iskrena zagnanost za raziskovanje neznanega. Tudi na Mafijskem vikendu smo zopet potrdili, da nobena tema ni pretežka, če k njej pristopimo na pravi način, čeprav ta »pravi način« ni nujno vedno enostaven. Naloga mentorjev je torej zelo zahtevna, zahteva namreč stalno izpopolnjevanje in širjenje obzorij, včasih pa tudi kakšen skromen »ne vem«, ki tako mentorju kot tudi njegovim dijakom omogoča novo možnost raziskovanja in iskanja odgovorov. Navsezadnje ni pomembno, da imamo vse odgovore, pomembno je le, da nam nikoli ne zmanjka vprašanj.

Viri in literatura

[1] http://zimskasola.fmf.uni-lj.si/ (19. 3. 2018)
[2] Etkina, E., Gentile, M. in Van Heuvelen, A. (2013). College Physics. Boston: Pearson Education.
[3] https://www.dmfa.si/ODrustvu/ArhivNovic.aspx (19. 3. 2018)
[4] http://mars.dmfa.si/ (19. 3. 2018)
[5] http://www.portalvvesolje.si/index.php?view=article&id=1575 (19. 3. 2018)
[6] http://poletnasola.fmf.uni-lj.si/ (19. 3. 2018)
[7] https://www.fmf.uni-lj.si/si/obvestila/45308/ (19. 3. 2018)
[8] http://www.he.si/vpo (19. 3. 2018)
[9] http://www.iypt.org/Home (19. 3. 2018)

Nadarjeni učenci in fizika

mag. Tilka Jakob
Osnovna šola Vitanje

Slika 1: Igranje igre spomin

Povzetek

V prispevku je opisan primer izvedbe fizikalne delavnice, kjer za fiziko nadarjeni devetošolci učijo osmošolce. Delavnica je razdeljena na tri dele: izvajanje poskusov, izdelava didaktične igre spomin in sestavljanje naloge. Izbrana sta dva sklopa s področja mehanike (gostota in specifična teža ter prosti pad).

Ključne besede: fizikalna delavnica, nadarjeni učenci, gostota, prosti pad

Gifted Pupils and Physics

Abstract

This paper describes an example of implementing a physics workshop in which ninth-graders with a talent for physics teach eighth-graders. The workshop is divided into three parts: conducting experiments, making the didactic game Memory, and preparing an assignment. Two units from the field of mechanics (density and specific gravity, and free fall) have been selected.

Keywords: physics workshop, gifted pupils, density, free fall

Uvod

»Nadarjeni učenci so učenci, ki izkazujejo visoko nadpovprečne sposobnosti mišljenja ali izjemne dosežke na posameznih učnih področjih, v umetnosti ali športu. Šola tem učencem zagotavlja ustrezne pogoje za vzgojo in izobraževanje tako, da jim prilagodi vsebine, metode in oblike dela ter jim omogoči vključitev v dodatni pouk, druge oblike individualne in skupinske pomoči ter druge oblike dela.« (11. člen ZOsn, 2006).

Za uspešnost in napredek nadarjenih učencev smo v veliki meri odgovorni učitelji, zato je pomembno, da se tega zavedamo in da za fiziko nadarjene učence prepoznamo. Tako kot vsem je tudi tem učencem treba ustrezno prilagoditi vsebine, metode in oblike dela ter jih vključevati v različne oblike skupinskega dela.

Pri učencih, ki so matematično nadarjeni, se že zelo zgodaj pokaže občutek za reševanje problemov. Večkrat opazim, da so učenci, ki so nadarjeni na matematičnem in fizikalnem področju, slabši bralci. Svoje sposobnosti pa izkažejo pri reševanju matematičnih ali fizikalnih problemov, ki so za večino pretežki. Ocene pri teh predmetih so pri njih običajno višje kot pri drugih predmetih.

Ker nadarjeni učenci potrebujejo stalne izzive, zahtevnejše naloge, samostojne projekte ... jim tudi pri fiziki lahko večkrat omogočimo, da sami izbirajo naloge, oziroma te prilagodimo njihovim zmožnostim.

Pogosto jih vključujmo v naloge, ki zahtevajo večjo miselno aktivnost in abstraktno logično razmišljanje, kjer ni pravilnih ali napačnih odgovorov. Naloge naj spodbujajo divergentno mišljenje. Vključujmo jih v reševanje problemskih situacij, pri čemer jim pustimo, da sami z uporabo znanja prihajajo do zaključkov, jih utemeljijo in kritično vrednotijo. Pri sodelovalnem učenju – skupinskem delu naj prevzemajo odgovorne vloge. Spodbujajmo jih k izražanju na različne načine (igra, risanje, kreativno pisanje …). Projekte naj izvajajo samostojno.

Izvedba fizikalne delavnice

Že nekaj šolskih let zapored organiziram fizikalno delavnico, h kateri povabim za fiziko nadarjene učence 8. in 9. razreda. Delavnica ne poteka v sklopu pouka fizike, temveč v času zimskih počitnic. Letošnjo delavnico sem razdelila na tri dele: izvajanje poskusov, izdelava didaktične igre – spomin in sestavljanje nalog. Izbrala sem

dva sklopa s področja mehanike – gostota in specifična teža ter prosti pad. Gostoto in specifično težo učenci 9. razreda že dobro poznajo in zato lahko o tem podučijo še učence 8. razreda. Oblikovala sem skupine po dva učenca iz posameznega razreda.

a) Učenci opazujejo, merijo, zapisujejo ugotovitve, urejajo podatke in računajo. Tako se preko poskusov in logičnega, vzročno-posledičnega sklepanja dokopljejo do povezav med fizikalnimi količinami, s katerimi opisujemo procese. Zato na teh delavnicah posvetim več časa eksperimentalnemu delu, s katerim pri učencih razvijamo fizikalni način razmišljanja, ki jim pomaga tudi pri razumevanju in reševanju nalog. Pri rednem pouku nam pogosto zmanjka časa za klasično izvedbo poskusa ali pa uporabimo kar računalniško simulacijo (tudi za enostavne poskuse). Opažam pa, da učencem manjka rutine za izvajanje poskusov, čeprav zelo radi samostojno izvajajo poskuse. Učenci 9. razreda pomagajo učencem 8. razreda. Učencem tudi prepustim, da si sami pripravijo ustrezno tabelo za zapisovanje podatkov.

b) Igranje iger povečuje motivacijo učencev in naredi učenje zanimivejše. Igra je lahko učinkovita tako pri pomnjenju in učenju dejstev kot pri ponavljanju snovi. Uporabimo jo pri učencih različnih starosti in različnih sposobnosti. Igra je koristna za učence, saj se ob njej naučijo potrpežljivosti in sodelovanja. Za učenje si lahko izmislimo in naredimo različico igre spomin. Ni nujno, je pa zaželeno, da jo učenec potem zares uporabi. Dodana vrednost izdelave iger je v tem, da ob njihovi pripravi učenec utrjuje svoje znanje. Mi jim pripravimo ustrezno podlago, kamor si zapišejo logične pare. Nato si izdelajo kartončke za igro, na katere zapišejo pare. Pri pouku fizike tako izdelano igro spomin največkrat uporabljam za ponavljanje in utrjevanje snovi ob zaključku učne enote. Lahko pa jo uporabimo tudi kot uvodno motivacijo ali za preverjanje predznanja učencev, možnosti je več. Cilj igre je zbrati čim več parov. Na začetku igre eden od učencev premeša kartončke in jih v obliki pravokotnika položi na mizo. Izberejo igralca, ki igro začne, in nadaljujejo v smeri urinega kazalca. Igralec, ki je na vrsti, obrne dva kartončka tako, da ju vidijo tudi soigralci. Če je na obeh kartončkih ustrezen par (enaki sličici, sorodni sličici, ki po nekem kriteriju spadata skupaj, enaka zapisa oziroma sličica in zapis), ju vzame in nadaljuje igro. Če pa sta kartončka različna, ju položi nazaj na isto mesto in igro nadaljuje sosednji igralec. Igra se konča, ko kartončkov na mizi zmanjka, zmaga pa tisti, ki je zbral največ parov.

c) Sestavljanje fizikalnih nalog od učencev zahteva veliko miselnega napora. Ob tem se učijo, ponavljajo in utrjujejo učno snov. Najprej naj si na določeno temo ustvarijo fizikalno sliko dogajanja, ki bi ga radi proučili. Dobro je, da si zamišljeno fizikalno dogajanje tudi na kratko zapišejo, zlasti vse pomembne fizikalne količine. Nato sestavijo nalogo, jo rešijo in preverijo smiselnost rešitve.

č) Po končani dejavnosti sem učence spodbudila k samovrednotenju njihovega dela. Z barvanjem »kolesa delavnice« so vrednotili uspešnost posameznega dela fizikalne delavnice z namenom, da bi bili v prihodnje na tem področju še boljši. Vsakemu učencu sem na koncu podala povratno informacijo, prav tako je bilo opravljeno medvrstniško vrednotenje v pisni obliki.

Zaključek

Vsaka skupina si je lahko sama izbrala, s katerim sklopom bo začela. Za izbrani sklop je izvedla vse dejavnosti, šele nato pa je prešla na drugi sklop. Med celotno dejavnostjo (trajala je štiri šolske ure) sem bila učencem na razpolago za pomoč oz. predvsem za nadaljnjo usmeritev pri delu. Izkazalo se je, da so pri prvem sklopu še potrebovali kakšen nasvet, pri drugem pa večina ne več. Ko sem opazovala učence pri izvajanju aktivnosti, sem ugotovila, da so se nadarjeni učenci pri posameznih aktivnostih zelo različno izkazali. Nekaterim je bilo bližje izvajanje poskusov, drugi so zelo dobro razložili snov, zapisali formule in vodili skupino do zapisa ugotovitev, tretji so bili dobri v organizaciji dela. Opazila pa sem, da jim je bilo najtežje sestaviti smiselno fizikalno nalogo.

Učenci so pokazali navdušenje nad delom. Zelo jih je veselilo igranje igre spomin. Ker so igro pripravljali sami, so si dobro zapomnili ustrezne pare in jih tudi poiskali. Osmošolci so zelo dobro sprejeli vodenje in učenje s strani devetošolcev. Takšen način dela bom v prihodnje uporabila tudi na naravoslovnem dnevu. Na naslednji počitniški delavnici pa bom poskusila takšno dejavnost izvesti s temo, ki je učenci še ne poznajo.

Viri in literatura

[1] *Zakon o osnovni šoli (ZOsn)*. Uradni list RS, št. 81/2006.

[2] Učiteljev glas, priloga revije *Vzgoja in izobraževanje* (2017), št. 2, letnik IV, str. 12–15., Ljubljana: Zavod Republike Slovenije za šolstvo.

[3] Žigon, S., Pintarič M., Jagodic A. (2017). *Fizika 9, Samostojni delovni zvezek s poskusi za fiziko v devetem razredu OŠ,* Ljubljana: Mladinska knjiga.

Gostota in specifična teža

Pripomočki:

- tehtnica,
- uteži,
- menzura,
- različni predmeti (npr. kamen, radirka, plastelin, kovanec, kovinska kroglica, plutovinasti zamašek, les, olje …)

Cilj:
Izračunati gostoto in specifično težo različnih snovi.

Potek dela:
Učenec 9. razreda te bo naučil postopek, s katerim določamo gostoto in specifično težo različnih snovi.

a) Razmisli, katere podatke potrebuješ za določanje gostote in specifične teže?
b) Podatke (meritve) zberi v ustrezno tabelo.
c) Izračunaj gostoto in specifično težo snovi, iz katere so izbrana telesa.
č) Določi gostoto vode in primerjaj izračunane gostote teles z gostoto vode.
d) Ali je katero od teh teles plavalo v vodi?

Prosto padanje kroglice

Pripomočki:

- kroglica,
- štoparica,
- merilni trak,
- Newtonova žogica,
- blazina

Cilj:
Opis prostega padanja kroglice, če je zračni upor zanemarljiv.

a) Čas padanja kroglice boš izmeril s štoparico. Izračunal boš težni pospešek.
b) Čas padanja boš določil s pomočjo Newtonove žogice. Izračunal boš težni pospešek.
c) Izračunana težna pospeška boš primerjal tako med sabo kot tudi s podatkom o pospešku, ki je zapisan v knjigi.

Izvedba poskusa:
Najvišji učenec (učenka) v skupini naj stopi na šolsko klop. Kroglico naj drži v roki, drugi pa naj z merilnim trakom izmerijo višino – razdaljo kroglice do blazine.
S štoparico meri čas od trenutka, ko spustiš žogico, do trenutka, ko pade na blazino. Izvedi pet meritev.

Izračunaj povprečni čas padanja kroglice.
Izračunaj povprečno hitrost padanja kroglice.
Izračunaj končno hitrost padanja kroglice in pospešek pri tem padanju.

Podatke in račune zapiši v ustrezno tabelo.

Izračunani gravitacijski pospešek primerjaj s pospeškom 10 m/s^2, kar je približna vrednost gravitacijskega pospeška na Zemlji.

Poskus ponovi z uporabo Newtonove žogice. Primerjaj rezultate.
Kaj opaziš?

Priprava igre spomin

Tema: _____

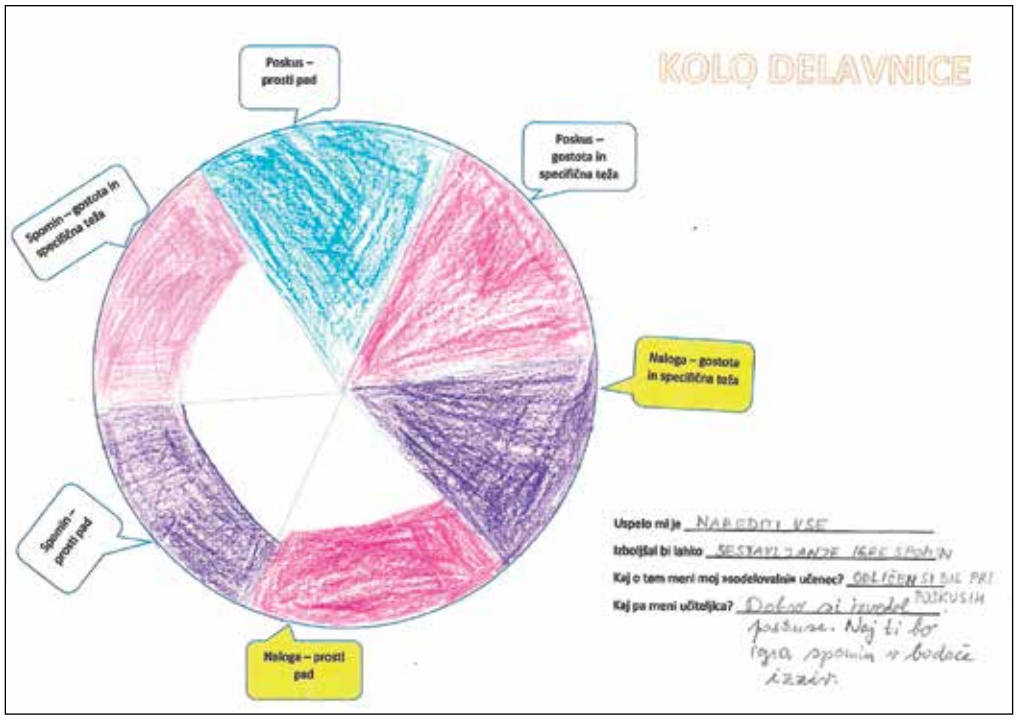
	A	B	C	D
1				
2				
3				
4				

Priprava besedilne naloge

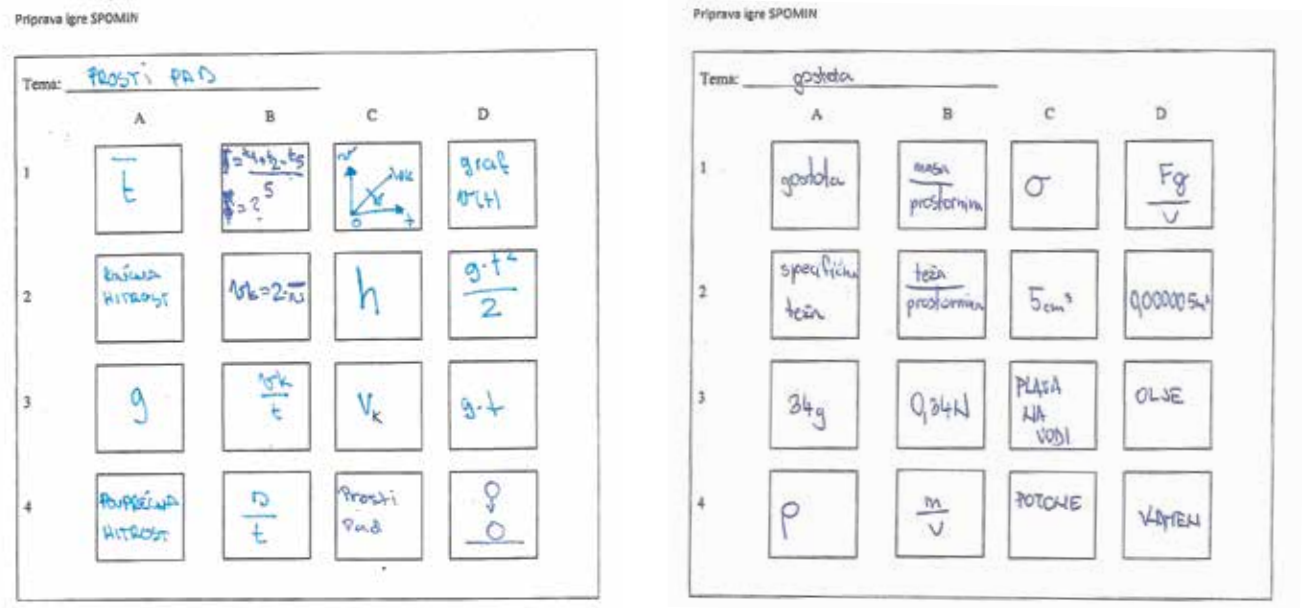
Tema: _____

Sestavi besedilno nalogo. Uporabi usvojeno znanje. Nalogo tudi izračunaj in razmisli o smiselnosti rešitve.

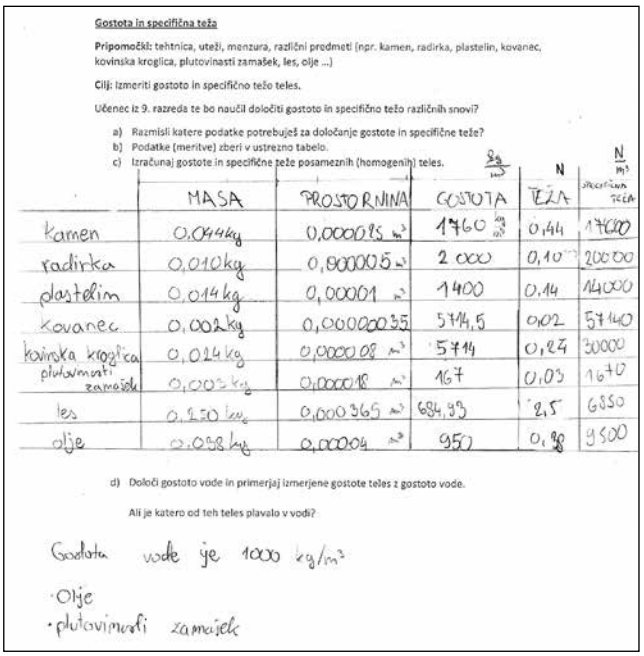
Samovrednotenje:



Primeri izdelkov učencev



Slika 2: Priprava igre spomin



Gostota in specifična teža

Pripomočki: tehtnica, uteži, menzura, različni predmeti (npr. kamen, radirka, plastelin, kovanec, kovinska kroglica, plutovinasti zamašek, les, olje ...)

Cilj: Izmeriti gostoto in specifično težo teles.

Učenec iz 9. razreda te bo naučil določiti gostoto in specifično težo različnih snovi?

a) Razmisli katere podatke potrebuješ za določanje gostote in specifične teže?
b) Podatke (meritve) zberi v ustrezno tabelo.
c) Izračunaj gostote in specifične teže posameznih (homogenih) teles.

	MASA	PROSTORNINA	GOSTOTA $\frac{kg}{m^3}$	TEŽA N	SPECIFIČNA TEŽA $\frac{N}{m^3}$
kamen	0,0444kg	0,000025 m^3	1760 $\frac{kg}{m^3}$	0,44	17600
radirka	0,010kg	0,000005 m^3	2 000	0,10	20000
plastelin	0,014kg	0,00001 m^3	1400	0,14	14000
kovanec	0,002kg	0,00000035	5714,5	0,02	57140
kovinska kroglica	0,024kg	0,000008 m^3	5714	0,24	30000
plutovinasti zamašek	0,003kg	0,000018 m^3	167	0,03	1670
les	0,230kg	0,000365 m^3	684,93	2,5	6850
olje	0,038kg	0,00004 m^3	950	0,38	9500

d) Določi gostoto vode in primerjaj izmerjene gostote teles z gostoto vode.

Ali je katero od teh teles plavalo v vodi?

Gostota vode je 1000 kg/m^3

- Olje
- plutovinasti zamašek

Slika 3: Primer izpolnjenega delovnega lista

Slika 4: Samovrednotenje – kolo delavnice

Energija III: Toplota, delo in notranja energija

dr. Mojca Čepič
Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta, Oddelek za fiziko in tehniko

Do sedaj smo se ukvarjali predvsem z mehanskim delom in mehanskimi energijami [1, 2]. Zdaj pa se posvetimo prenosu energije zaradi temperaturnih razlik, toplotnemu toku oziroma toploti. Tudi pri tem bomo obravnavali reči/telesa kot celote, čeprav jih sestavljajo različne sestavine. Ponovimo definiciji dela in toplote:

Mehansko delo A imenujemo preneseno energijo z ene reči na drugo zaradi sil med njima.

Toploto Q imenujemo preneseno energijo s kraja A z višjo temperaturo na kraj B z nižjo temperaturo, če se energija prenaša med različnima rečema.

Pri tem ne pozabimo, da nam sama definicija ne omogoča niti izračuna niti merjenja velikosti prenesene energije. Na velikost prenesene energije lahko sklepamo iz spremembe lastnosti reči ali pa jo izračunamo iz izrazov, ki prenos energije kvantificirajo.

$$A_B = \int_{\vec{r}_z}^{\vec{r}_k} \vec{F}_{AB}\left(\vec{r}\right) \cdot d\vec{r}. \tag{1}$$

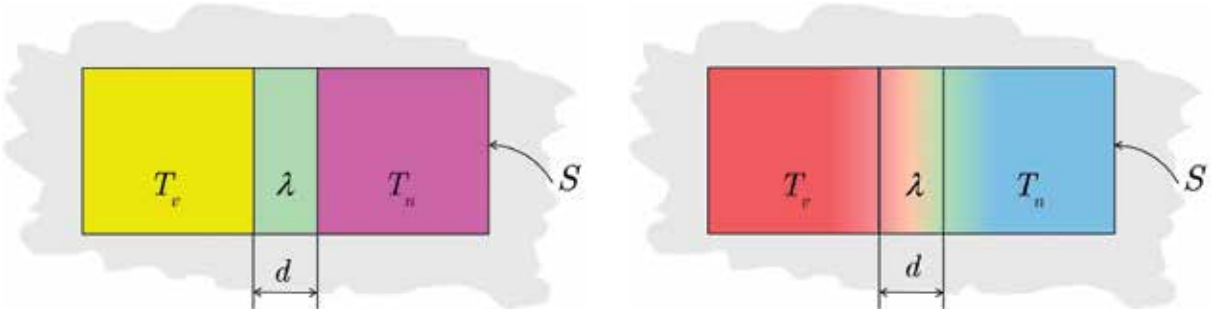
V izrazu (1) je delo, ki ga prejme reč B zaradi sile, s katero reč A deluje na reč B, odvisno od premikanja prijemališča te sile po prostoru ter od odvisnosti smeri in velikosti sile od lege prijemališča. Toplota Q_{BA}, ki jo reč B prejme od reči A, je trši oreh. Koliko energije je B prejela od A, določa izraz

$$Q_{BA} = \int_{t_z}^{t_k} P_{Q,BA}\left(t\right) dt, \tag{2}$$

kjer je $P_{Q,BA}(t)$ časovno odvisni toplotni tok med predmetoma z različno temperaturo. Toplotni tok je posledica treh različnih procesov: prevajanja toplote ali kondukcije skozi trdne snovi, konvekcije v tekočinah in sevanja, ki kot mehanizem za prenos toplote ne potrebuje medija. Med temi tremi procesi je najpogosteje podrobneje obravnavano prevajanje toplote. Običajno je v šoli odvisnost toplotnega toka zaradi prevajanja obravnavana z izrazom, ki velja le za stacionarne razmere v enostavnih geometrijah.

$$P_Q = -\lambda \frac{S}{d}\left(T_v - T_n\right). \tag{3}$$

Na toplotni tok vpliva kar nekaj lastnosti reči in fizikalnih količin, zato so ponazorjene še na sliki 1. Izraz (3) pravi, da je toplotni tok, ki teče skozi površino S, sorazmeren s temperaturno razliko med rečjo z višjo temperaturo T_v in rečjo z nižjo temperaturo T_n na obeh straneh prevodne plasti, s toplotno prevodnostjo λ plasti in obratno sorazmeren z njeno debelino d. Celota mora biti izolirana, da so razmere opredeljene tako natančno, kot opisuje izraz. Še več. Izraz opisuje le stacionarne tokove, kar pomeni, da se je vmesna plast že ogrela ali ohladila in se temperatura skozi prevodno plast spreminja linearno z oddaljenostjo od površine. Opis približno velja za ocene toplotnega toka pri stacionarnih okoliščinah, kot je toplotni tok skozi stene ogrevanega prostora, za toplotni tok iz okolice v hladilnik in podobno. Za običajna ohla-



Slika 1: Ilustraciji ponazarjata idealizirano obravnavo toplotnega toka med dvema rečema z različnima temperaturama. (a) Barve ponazarjajo le različne reči, med katerimi ali skozi katere poteka izmenjava energije s toplotnim tokom. Siva okolica predstavlja dodatno izolacijo, ki je potrebna, da lahko sistem tako poenostavimo. (b) Ilustracija poskuša ponazoriti tudi dejanski temperaturni profil med procesom. Temperatura je lastnost kraja in se med procesom s časom in krajem zvezno spreminja. Na sliki je ponazorjena z barvo, rdeči toni predstavljajo višje temperature in modri nižje. Toplotni tokovi tečejo tudi znotraj reči, kar vpliva na izmenjavo energije med telesoma, saj je temperatura ob stikih s prevodno plastjo običajno drugačna kot v notranjosti reči.

janja in ogrevanja predmetov, torej reči, v katerih ni notranjih procesov, ki spreminjajo oblike energij med seboj, pa vedno velja, da se temperatura s časom in krajem spreminja. Vroča opeka v termoakumulacijski peči ima na površini nižjo temperaturo kot v notranjosti. Tudi v sobi je temperatura ob zunanjih stenah drugačna kot ob notranjih. Vse te okoliščine natančneje

obravnavamo z izrazom za gostoto toplotnega toka, ki ga vpeljemo šele na univerzitetni ravni in velja vedno, kadar temperatura po prostoru ni povsod enaka. Gostota toplotnega toka je intenzivna vektorska količina, ki je odvisna od krajevne odvisnosti temperature in toplotne prevodnosti snovi in jo podaja izraz

$$\vec{j}\left(\vec{r}\right) = -\lambda \nabla T\left(\vec{r}\right), \tag{4}$$

kjer gostota toplotnega toka $\vec{j}\left(\vec{r}\right)$ označuje toplotni tok na površinsko enoto in ima smer največjega padanja temperature v prostoru. Toplotna prevodnost λ je tenzorska količina. Tenzorski značaj toplotne prevodnosti si zlahka predstavljamo ob lesu. Prečno na lesna vlakna je toplotni tok ob enaki temperaturni razliki in debelini lesa drugačen kot vzdolž njih, ker se les v vseh smereh ne obnaša enako. Pravimo, da je les anizotropen. Običajni izolacijski materiali imajo lastnosti za toplotne tokove enake v vseh smereh in se z anizotropijo toplotne prevodnosti ni treba ukvarjati. Izraz (3) je poenostavitev izraza (4), saj v njem gradient temperature ∇T zamenja temperaturna razlika na enoto dolžine $(T_v - T_n)/d$. Za običajne razlage z mahanjem rok so dovolj odvisnosti, zapisane v (3).

Prav tako ima izraz, ki opisuje sevanje teles, dobro napovedno moč, čeprav izmenjavo energije preko sevanja pogosto kar zanemarimo ali jo obravnavamo bolj kot posebnost. Toplotni tok zaradi sevanja je

$$P_q = \sigma S T^4, \tag{5}$$

pri čemer je v (5) σ Štefanova konstanta, S površina sevajoče reči in T temperatura, izražena v Kelvinih. Sevajo vse reči, saj absolutne ničle ni mogoče doseči. To, da se vsi nahajamo v kopeli sevanja iz vseh površin okoli nas, ima še eno posledico, ki jo pogosto v obravnavah pozabimo. Namreč, energijo tudi prejemamo zaradi sevanja okoli nas. Zapišimo toplotni tok zaradi sevanja reči s temperaturo T_v, ki jo obdaja okolica z nekaj nižjo temperaturo $T_v - \Delta T$, na naslednji način:

$$P_Q = -\varepsilon\left(T_v\right)\sigma S T_v^4 + (1-a)\left(T_v - \Delta T\right)\sigma S\left(T_v - \Delta T\right)^4. \tag{6}$$

Prvi člen v enačbi (6) predstavlja izsevan toplotni tok reči z višjo temperaturo T_v, na katero se osredotočamo v enačbi. Prvi faktor ε je emisivnost, za katero pogosto pozabljamo, da je odvisna tudi od valovne dolžine elektromagnetnega valovanja. Emisivnost je za sevanje vseh teles v infrardečem spektru, značilnem za sobne temperature in temperature blizu njih, običajno kar enaka 1. Od temperature okolice je odvisen toplotni tok, ki ga telo prejema, in ga podaja drugi člen. V njem je eksplicitno zapisana odbojnost ali albedo α, ki pove delež sevalnega toplotnega toka, odbitega od površine. Tudi za albedo oziroma absorpcijo velja, da sta odvisna od valovne dolžine elektromagnetnega valovanja. V infrardečem spektru je odbojnost vseh teles približno enaka 0, lahko bi rekli, da so v infrardeči svetlobi vsa telesa črna. Ker sta koeficient absorpcije in emisivnost oba približno enaka 1, ju bomo v nadaljevanju izpustili. V izrazu (6) smo predpostavili, da se temperatura okolice za ∇T »razlikuje« od temperature reči. V običajnih okoliščinah to pomeni 10 do 20 K. Izpeljimo razliko med oddanim in prejetim tokom, če velja, da je $\Delta T << T$, kot lahko pričakujemo, če sta temperaturi telesa in okolice približno enaki.

$$\begin{aligned} P_Q &= -\sigma S T_v^4 + \sigma S\left(T_v - \Delta T\right)^4 \\ &= -\sigma S T_v^4 + \sigma S T_v^4\left(1 - 4\frac{\Delta T}{T_v} + 12\frac{\Delta T^2}{T_v^2} - 4\frac{\Delta T^3}{T_v^3} + \frac{\Delta T^4}{T_v^4}\right) \end{aligned} \tag{7}$$

Če je razmerje $\Delta T/T_v$ manjše od 0,1, v oklepaju obdržimo le $\left(1 - 4\,\Delta T/T_v\right)$, ostale člene v oklepaju pa lahko zanemarimo in izraz se poenostavi v

$$P_Q = -\left(4\sigma S T_v^3\right)\Delta T, \tag{8}$$

ki pa je po obliki enak izrazu (3), le da so prevodne »lastnosti« vakuuma, skozi katerega se širi sevanje, odvisne od temperature. Podoben približek se pogosto uporablja tudi pri konvekciji, kjer predpostavimo, da je toplotni tok sorazmeren razliki temperatur. V priročnikih je mogoče

najti koeficiente, ki opisujejo prevajanje toplote v stiku trdnih reči s tekočinami. Skratka, za večino procesov prenosa toplote v vsakdanjem življenju velja, da so neposredno sorazmerni razliki temperatur med rečmi (kraji), med katerimi izmenjava energije v obliki toplote poteka. Ni pa to res za reči oziroma vesoljska telesa, ki jih osvetljuje Sonce. Tedaj sta temperaturi Sonca, ki s sevanjem toploto oddaja, in reči, ki toploto prejema, npr. naš hrbet, zelo različni in členov v oklepaju enačbe (7) ne moremo več zanemariti. Zato je treba upoštevati odvisnost absorpcije in emisivnosti od valovne dolžine oziroma od temperature. Lep primerek je barva oblačil. Bela oblačila imajo v vidni svetlobi velik albedo, zato precej sončne svetlobe odbijejo. Človek pa seva v infrardečem področju, kjer je tudi emisivnost belega oblačila blizu 1. Zato so svetla oblačila primerna za poletje, saj se manj ogrejejo kot temna. Razlog pa se skriva v različni emisivnosti (in s tem tudi albedu) v različnih delih sevalnega spektra. Velja omeniti še, da kadar reči prejemajo toploto zaradi sevanja (npr. ko se postavimo pred vročo peč), toplotni tok prejemamo le z ene strani, zaradi sevanja pa ga oddajamo skozi celotno površino. Med prejetim in oddanim toplotnim tokom se pri določeni temperaturi vzpostavi ravnovesje. Ta temperatura je bila v Apollu 13, ko so po nesreči izklopili gretje, okoli 3 °C [3].

Bela oblačila imajo v vidni svetlobi velik albedo, zato precej sončne svetlobe odbijejo. Človek pa seva v infrardečem področju, kjer je tudi emisivnost belega oblačila blizu 1. Zato so svetla oblačila primerna za poletje, saj se manj ogrejejo kot temna.

Preden nadaljujemo, opredelimo še eno preciznost strokovne govorice, in sicer razliko med pomenoma besed »razlika« in »sprememba«.

»Razlika« pomeni, da je temperatura na dveh različnih krajih različna v istem trenutku. »Razlike« fizikalnih količin ali lastnosti se vedno povezujejo s krajem. Govorimo o razlikah v temperaturi, gostoti, barvi, tlaku, hitrosti na različnih krajih v tekočini, potencialu, gravitacijskem, električnem ali magnetnem polju … Opisujejo jih izrazi: lastnost je na kraju $\vec{r}_2$ večja, manjša, višja, nižja … kot na kraju $\vec{r}_1$.

Včasih namesto izraza »razlika« uporabljamo izraz »sprememba«. »Sprememba« opisuje neko lastnost istega telesa ali istega kraja, vendar ob različnih časih. Spremembo opisujejo izrazi: se poveča, se zmanjša, naraste, pade, zviša, zniža, se zmehča, se strdi itd. Ti izrazi opisujejo, kako se je lastnost spremenila glede na začetno stanje pred tem. Kako to, da se v pogovor hitro prikrade »sprememba«? Razlog za to je zelo verjetno antropomorfni pogled na dogajanja. Razpravljavec si predstavlja, da si ogleda ali izmeri eno lastnost na dveh različnih krajih. Če meri sam, lahko to naredi le zaporedoma, najprej na prvem, nato še na drugem kraju. Zato podzavestno uporabimo besedo »sprememba«, saj se je za tistega, ki meri, ta lastnost spremenila. Ker imata v strokovni govorici »razlika« in »sprememba« natanko določen pomen, je smiselno, da se učitelj trudi vedno uporabljati pravilni izraz. To je najočitneje pri toplotnih tokovih, ki povzročijo spreminjanje temperature reči. Ker se temperatura reči *razlikuje* od okolice, reč toploto prejema/oddaja in se ji zato lahko *spremeni* temperatura. Tako razlike kot spremembe označujemo z istim simbolom Δ. Pri obravnavi pravkar omenjenega primera pa sta razlika v temperaturi in sprememba temperature povezani v istem izrazu, zato je ozaveščanje pomena razlik in sprememb še kako pomembno. A rada priznam, da se tudi meni včasih pri razlikah in spremembah zaplete jezik.

»Razlika« pomeni, da je temperatura na dveh različnih krajih različna v istem trenutku. »Razlike« fizikalnih količin ali lastnosti se vedno povezujejo s krajem.

Do sedaj smo obravnavali procese, ki opredelijo toplotni tok $P_Q\left(T\right)$ v izrazu (2). Sedaj pa se na kratko osredotočimo še na posledice prejemanja toplote. Zaradi prejete toplote se telesu *spremeni* notranja energija, včasih pa se del prejete toplote pretvori tudi v mehansko energijo. Na primer, balon z vročim zrakom se dviguje, zrak se dviga nad ogretimi pobočji in piha vzgonski veter, ogreta para žene parne turbine in še mnogo drugega. Zato toplotni stroji delujejo, a za zdaj se z njimi (še) ne ukvarjamo. V obravnavi izmenjave energije zaradi temperaturnih razlik se omejimo le na spremembe notranje energije. To običajno zapišemo s tremi enačbami

$$Q = m\,c\,\Delta T, \tag{9a}$$

$$Q = C\,\Delta T, \tag{9b}$$

$$Q = m\,q_x\,. \tag{9c}$$

V vseh treh izrazih je na levi strani toplota, ki jo telo prejme ali odda. Za ugotavljanje posledic prejete toplote navadno ne razpravljamo o virih te toplote, ker so iz opisa okoliščin dobro opredeljeni. Na desni strani pa se nahaja »sprememba« notranje energije telesa, ki je toploto prejelo.

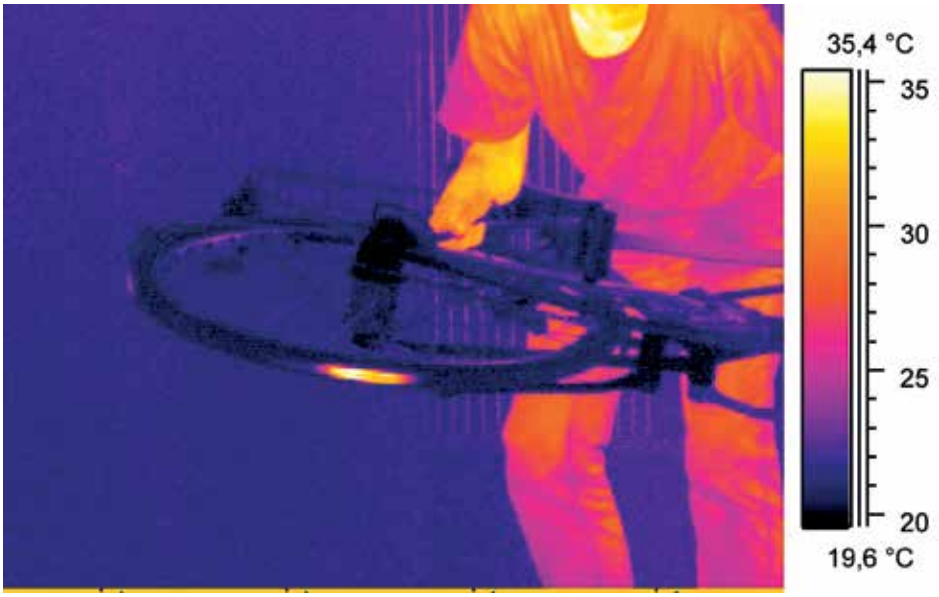
Da je na desni »notranja energija«, običajno ozaveščamo le takrat, kadar obravnavamo pline, ki zaradi raztezanja opravljajo tudi delo, oziroma kadar eksplicitno obravnavamo kot zahtevnejšo vsebino razliko med specifičnima toplotama pri stalni prostornini (c_v), pri kateri dovedena toplota spremeni le notranjo energijo, in stalnem tlaku (c_p), pri katerem plin zaradi raztezanja ob gretju opravi tudi delo na okolici. Pri spremembah notranje energije trdnih teles in kapljevin razlikovanje med c_p in c_v ni potrebno, ker so spremembe prostornine zelo majhne. V izrazu (9a) je sprememba notranje energije odvisna od mase telesa m, ki je prejelo/oddalo toploto, in od specifične toplote c, značilne za snov. Podobno velja za izraz (9b), kjer je telo sestavljeno iz delov iz različnih snovi, in zato podajamo toplotno kapaciteto C celotnega telesa. V obeh izrazih nastopa »sprememba« temperature telesa ΔT. Zadnji izraz (9c) predstavlja fazni prehod, pri čemer je masa m spremenljivka in se nanaša na del, ki se mu je zaradi dovedene toplote spremenila faza, q_x pa predstavlja »skrito« toploto, kjer x stoji namesto talilne, izparilne, sublimacijske, a tudi sežigne toplote. Že izraz »skrita« toplota pove, koliko je terminološko pogojenih namigovanj v strokovnih izrazih. Izraz namreč namiguje, da bi se zaradi dovedene ali odvedene toplote morala spremeniti temperatura, če pa se ne, se je ta toplota nekam skrila. To, da je led začel teči, pa pomeni dim?

»Sprememba« opisuje neko lastnost istega telesa ali istega kraja, vendar ob različnih časih.

Izrazi (9a–9c) imajo še eno lastnost, ki otežuje poučevanje. Izrazi, ki predstavljajo odvisnosti, so običajno napisani tako, da so posledice na levi strani izraza, vzroki zanje pa na desni. Se pravi, količina na levi je odvisna od količin na desni. A nekaj pomembnih izrazov podaja dejstva, da na vzroke lahko sklepamo le iz posledic in da vzroki niso neposredno opazljivi oziroma merljivi. Poleg izrazov (9a–9c) so taki še drugi Newtonov zakon, Hookov zakon, Ohmov zakon pa še kakšen bi se našel. Učencem je ta obratni razmislek težaven. Gotovo ste že srečali učenca, ki je na vprašanje: »Kako lahko telesu dovedemo toploto?« odgovoril: »Tako, da mu povečamo temperaturo.«

Izrazi (9a–9c) so eni od najbolj zasidranih izrazov v glavah učencev. A žal jih pogosto spremlja tudi napačna interpretacija v smislu – za vsako spremembo temperature je vzrok dovedena/odvedena toplota. Napačnost te interpretacije naj ilustriram z dvema primeroma iz vsakdanjega življenja.

Naloga: Kolesar z maso 80 kg pelje kolo z maso 20 kg po cesti s hitrostjo 36 km/h. Ker zagleda na cesti oviro, nenadoma zavre. Za koliko se zaradi zaviranja segreje železni obroč kolesa z maso 1 kg in s specifično toploto 460 J/kg K?



Slika 2: Infrardeča fotografija kolesa je nastala tako, da je eksperimentator na sliki na kratko pritisnil na zavoro. Gumijasta zavora je podrsala po obroču kolesa in ta se je segrel. Področje z višjo temperaturo na obroču kolesa kaže, kje je zavorna gumica drsala ob kolo. Sliko je prijazno prispeval avtor članka [4] Michael Vollmer.

Tak tip naloge je pogost. Dogajanje lahko danes lepo spremljamo z infrardečo kamero, zato je naloga postala tudi avtentična. Še danes se spominjam, kako sem zapisala nastavek za to nalogo v gimnaziji in izračunala pravilni odgovor 11 °C.

$$\frac{1}{2}\left(m_{\text{kolesar}} + m_{\text{kolo}}\right)v^2 = Q = m_{\text{obr}}c_{\text{Fe}}\Delta T_{\text{obr}} \tag{10}$$

V enačbi je $(m_{\text{kolesar}} + m_{\text{kolo}})$ masa kolesa in kolesarja, ki se gibljeta s hitrostjo v, na skrajni desni pa se količine z oznako »obr« nanašajo na lastnosti in spremembo temperature obroča. Razmislek pravi, seveda, kinetična energija kolesarja in kolesa se je spremenila v toploto, toplota pa je segrela obroč. Tak razmislek ste zagotovo že srečali pri svojih učencih in nedvoumno kaže, kako globoko je v glavah zakoreninjena povezava, da je s spremembo temperature vedno povezana toplota. Če se zanesemo na definicijo toplote, to je energije, ki se prenese s telesa z višjo temperaturo na telo z nižjo, takoj vidimo, da je bil razmislek napačen. Zavore se namreč niso segrele zaradi izmenjave energije s telesom z višjo temperaturo od njih. Segrele so se zato, ker se je kinetična energija zaradi sile med zavorno gumico in obročem spremenila v notranjo energijo obroča. Pravilni zapis razmisleka je naslednji:

$$\begin{aligned} \Delta W_{k,\text{avto}} + \Delta W_{n,\text{avto}} &= 0 \\ -W_{k,\text{avto}} &= -\Delta W_{n,\text{avto}} \\ \frac{1}{2}m_{\text{avto}}v^2_{\text{avto}} &= m_{\text{zavore}}c_{\text{zavore}}\Delta T_{\text{zavore}}\,. \end{aligned} \tag{11}$$

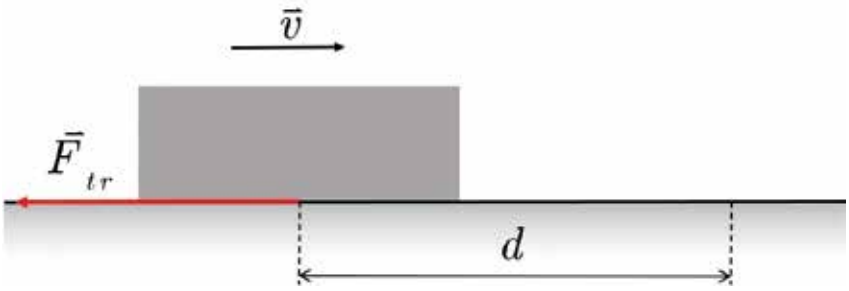
Če kolo med zaviranjem ni drselo, se je celotna energija avtomobila ohranila (11, prva vrstica), za kolikor se je zmanjšala kinetična energija, se je povečala notranja (11, druga vrstica). Med preurejanjem enačbe se je pojavil negativen predznak na levi zato, ker kolo na koncu miruje. Zadnja vrstica v (11) je zelo podobna napačni povezavi v (10), ki pa postane pravilna takoj, ko izpustimo neobstoječo toploto (11).

Slika 3: Infrardeča kamera kaže kolo in njegovo okolico po zaviranju z zablokiranim kolesom, ki je drselo po podlagi. Sled zaviranja je vidna kot podlaga z višjo temperaturo, temperatura obroča kolesa pa se ni zvišala. Sliko je prijazno prispeval avtor članka [4] Michael Vollmer.

Sedaj pa razmislimo še, zakaj je bila potrebna pripomba, »če kolo ni drselo« (slika 3). Drsenje po podlagi je prisotno pri vožnji s kolesom, kadar močno stisnemo zavore in preprečimo vrtenje kolesa, pa tudi pri speljevanju kolesa na strmini in vedno pri pisanju s svinčnikom.

Nadaljujmo analizo dogajanja pri zaviranju s kolesom, če se med zaviranjem kolesa ne vrtijo in po podlagi drsijo. Poglejmo dogajanje najprej z energijskega stališča. Med drsenjem se kolesa ne vrtijo, se pa poveča njihova temperatura in zato notranja energija zaradi drsenja

po podlagi. Prav tako se poveča notranja energija tal, po katerih drsi kolo, in zato njihova temperatura (slika 3). V srednji šoli se lahko pogovarjamo o energiji sistema, ki ga sestavlja več različnih komponent, npr. kolo in njegova okolica. Pri tej obravnavi je trenje notranja sila v sistemu, ki omogoča pretvorbo kinetične energije kolesa v povečano notranjo energijo kolesa oziroma njegovih gum in okolice oziroma njenega dela na podlagi, kjer je kolo drselo. Razmislek je eleganten in enostaven. Seveda nimamo mehanizmov, da bi izračunali, koliko se je segrel del okolice in koliko del kolesa, lahko pa z modernimi pripomočki, kot je infrardeča kamera, spremembe temperature izmerimo (sliki 2 in 3).



Slika 4: Klada drsi po podlagi in se zaradi trenja ustavlja. Ustavi se na razdalji *d*.

Ko govorimo o celotni energiji, ostajamo vezani na reči. Običajno zanemarjamo izmenjavo snovi z okolico, npr. pri oceni energije človeka ne upoštevamo izmenjave snovi preko dihanja, pogosto zanemarimo tudi izmenjavo energije preko sevanja. Zato so energijske razprave praviloma enostavnejše, niso pa popolnoma korektne. Tem zadregam se izognemo, če analiziramo energijske pretvorbe in izmenjave energij na enostavnih telesih oziroma modelih. Drseče kolo ponazorimo s klado, ki drsi po podlagi, dokler se ne ustavi (slika 4). Poskusimo z energijskega stališča obravnavati klado/drseče kolo ločeno od okolice, ker pri okolici lahko govorimo zgolj o spremembah energije, o celotni energiji pa ne. Energija klade, preden se začne ustavljati, je sestavljena iz kinetične in notranje energije.

$$W_k + W_n = \frac{1}{2} m_{\text{klada}} v_{\text{klada}}^2 + W_n \tag{12}$$

Kinetično energijo lahko izračunamo, pri notranji pa bomo opazovali le njene spremembe. Med ustavljanjem sta se zaradi trenja segreli tanki plasti klade in podlage ob stični površini. Iz ogretih področij so stekli toplotni tokovi v manj ogreta področja, a gostota energije se je samo prerazporejala, energija klade in okolice pa je ostala enaka. Koliko energije se je spremenilo v notranjo energijo klade in okolice, pove enostaven račun. Izhajamo iz drugega Newtonovega zakona, upoštevamo, da je končna hitrost enaka 0 in da je pospešek negativen.

$$\begin{aligned} v_k - v_z &= -2|a|d = -2\frac{F_{tr}}{m}d \\ \frac{1}{2} m_{\text{klada}} v_{\text{klada}}^2 &= F_{tr} d \end{aligned} \tag{13}$$

Za drugo vrstico v (13) smo ponovno v skušnjavi kot že v prispevku [2], da bi desno stran enačbe imenovali delo sile trenja. O delu sile trenja obstajajo številne razprave med fiziki, poučevalci in drugimi, ki o vsem vse vedo, zato se seveda ne morem upreti skušnjavi, dodati še svoj »piskrček«. Razlago v nadaljevanju vzemite kot moj predlog in jo uporabite, če se vam zdi smiseln.

Kje je pravzaprav problem? Prvič, če je delo prenos energije med rečmi preko sil, potem del izraza na desni strani ne izpolnjuje tega kriterija, saj se del kinetične energije pretvori v notranjo energijo iste reči, klade/drsečega avtomobila. Drugič, del energije se prenese med klado in okolico in zato se segreje podlaga. Ta del izpolnjuje vse kriterije, potrebne za obstoj dela: obstajajo sile med rečema, trenje: eni reči, kladi, se celotna energija zmanjša, drugi reči, podlagi, pa se poveča. Tretjič, za izračun velikosti energije, prenesene preko sil, mora biti dobro opredeljeno prijemališče sile, česar pa pri trenju ne moremo opredeliti, saj interakcije pote-

kajo po vsej stični ploskvi. Zato dela ne moremo, vsaj enostavno ne, izračunati. Lahko pa z gotovostjo trdimo naslednje, sila trenja omogoči pretvorbo dela kinetične energije v notranjo energijo klade/drsečega kolesa in omogoči prenos preostalega dela energije preko sil na podlago. Ta drugi del moramo obravnavati kot delo, ki ga omogoča trenje, če izhajamo iz osnovne definicije dela kot prenosa energije preko sil. Zapišimo to še formalno:

$$\begin{aligned} F_{tr}d &= \eta F_{tr}d + \left(1-\eta\right)F_{tr}d; \\ \eta F_{tr}d &= \Delta W_{n,\text{klada}}; \\ A_{tr} &= \left(1-\eta\right)F_{tr}d \end{aligned} \tag{14}$$

Povzemimo gornji razmislek še z energijskega stališča:

$$\begin{aligned} A_{tr} &= \Delta W_{okolica} = W_{n,okolica} = \left(1-\eta\right)F_{tr}d; \\ \Delta W_{klada} &= \Delta W_{k,klada} + \Delta W_{n,klada} = \eta F_{tr}d. \end{aligned} \tag{15}$$

V izrazu (15) smo eksplicitno zapisali prenos energije s klade na okolico preko sile trenja in pretvorbo kinetične energije klade v notranjo energijo klade, ki jo je omogočilo trenje, ne moremo pa te pretvorbe obravnavati kot delo trenja, saj je »lastnik« te energije še vedno klada.

Žal ne vemo, v kakšnem razmerju η sta pretvorjena in prenesena energija, saj je to odvisno od snovi, hrapavosti itd. A tudi v analizi, kjer je sistem vseboval klado in okolico, tega nismo mogli opredeliti. Le formalno razprava o delu ni bila potrebna. Kateri način, ločena telesa ali kompleksen sestavljen sistem, je boljši za poučevanje, sprejemljivejši učencem, nazornejši za uporabo in kako je z uporabo enega ali drugega na različnih stopnjah izobraževanja, ne vem. Potrebna bi bila raziskava. A na tem mestu lahko vas, učitelje, prosim le za povratno informacijo.

Zahvala

Zahvaljujem se prof. dr. Michaelu Vollmerju z Univerze za uporabne znanosti v Brandenburgu (University of Applied Sciences Brandenburg), Nemčija, da je posredoval svoje fotografije, narejene z infrardečo kamero, in dovolil njihovo uporabo. Prav tako se zahvaljujem recenzentu za zelo konstruktivne pripombe, zaradi katerih je prispevek zagotovo veliko boljši.

Viri in literatura

[1] Čepič, M. (2017) Energija in delo, *Fizika v šoli 22*(1), str. 55–59.

[2] Čepič, M. (2017) Energijski zakon in primeri iz vsakdanjega življenja, *Fizika v šoli 22*(2), str. 54–59.

[3] https://history.nasa.gov/SP-350/ch-13-5.html, (11. aprila 2018).

[4] Vollmer, M., Moelmann, K. P., Pinno, F., Karstaedt, D. (2001). There is more to see than eyes can detect, *The Physics Teacher 39*(7), str. 371–376.

Nadarjenost je dolg do človeštva

Béla Szomi Kralj
Osnovna šola Domžale

Foto: Arven Šakti Kralj Szomi

Bela s hčerkama Zsuzsiko in Kiko.

Avtor se predstavi

Sem Béla Szomi Kralj, učitelj fizike, matematike in astronomije na OŠ Domžale. Poleg tega nadarjene poučujem razvedrilno matematiko, logiko, dodatni pouk iz fizike ter astrofizike (priprave na tekmovanja iz astronomije) in izvajam pet interesnih dejavnosti: Astrofizika, Meteorji in bolidi, Izdelava zeliščnih pripravkov, Astrofotografija in Preživetje v naravi. Sem član državne komisije za logiko, nekdanji član državne komisije za matematiko in nekdanji predsednik komisije za osnovnošolski šah. Pri šahu sicer nisem več aktivni mentor, a v letih 2000–2012 so moje učenke krojile državni vrh.

V času, ko se svet vrti hitreje, ko je tehnologija dosegla vrtoglav napredek, ko se bližamo trenutku, ko bomo za vsak problem iz fizike, kemije, matematike, arhitekture, medicine … lahko ustvarili računalniško simulacijo in si rekli, da smo problem rešili, sedaj pa naj se z njim ukvarjajo »mehankarji«, agronomi ter drugi delavci, so prav slednji največje razkritje, saj se v navidezno neaktivnih umih skrivajo genialne tehnološke rešitve.

Z nadarjenimi sem se začel ukvarjati leta 1988, ko sem dobil službo na OŠ Zalog in so me prosili, naj prevzamem šahovski krožek. Naslednje leto je eden od učencev dosegel zavidljiv rezultat na državnem tekmovanju iz logike, in sem si rekel, tole me pa zanima. Začela sva razpravljati o nalogah, začel sem reševati in pisati naloge, da sem lahko mnogo let kasneje postal mentor zelo uspešnih učencev. Če dandanes z izkušenimi očmi pogledam na svojo vročo glavo v mladih letih, lahko z gotovostjo trdim, da so učitelji, profesorji po končani fakulteti polni elana in povrh še nadarjeni, zato moramo poskrbeti zanje, da ne stagnirajo, ampak napredujejo. Dela z nadarjenimi se je treba lotiti tako, da vzporedno razvijamo nadarjenost učenca in učitelja, da tudi učenca v določenih trenutkih postavimo v vlogo učitelja, da ga vzgojimo v čim bolj samostojno bitje, da ne dajemo potuhe veleumu, ki živi na lovorikah trenutnega stanja. Tak um sicer v danem trenutku zlahka rešuje vsakdanje težave v šoli, ima celo odlične ocene, zlahka prileze do fakultete, dobre službe, a zato, ker nima širine, ni velika pridobitev za človeštvo. Imel bo dobro službo, a ne bo rešil sveta pred asteroidom ali pripomogel k raziskovanju vesolja in ne bo odpravil lakote v Afriki. Dober um mora biti vsestranski – to je bilo drugo, kar sem dojel pri poučevanju nadarjenih. Leta 1990 so mi ponudili vodstvo več krožkov: fotografskega, logičnega, še isto šolsko leto sva s kolegom, učiteljem kemije Slavkom Koštrunom, prevzela poučevanje tehnične vzgoje. A učilnica je bila v katastrofalnem stanju, v mizah so bili žeblji, zidovi razpokani, kabinet pa brez materialov. Sestavila sva učne načrte in pri obdelavi lesa smo izpulili žeblje, zbrusili mize, jih prelakirali … Po tem ključu smo prebarvali učilnico, popravili in zatem pognali stroje in orodje, materiale pa so nam priskrbeli kar starši. Včasih sem starše vprašal po poklicu, kar jih je sprva čudilo, a vsakdo je imel doma nekaj lesa, lepila, klobučevine, staro tehtnico in je to tudi rade volje dal. Nekateri pa so tudi po službah pri šefih »nafehtali« vse mogoče materiale … in po enem samem šolskem letu smo imeli vrhunsko opremljeno učilnico za tehnično vzgojo in odlično zalogo materiala.

Naslednje leto je na področno tekmovanje iz tehnike odšel cel avtobus učencev (skoraj tretjina s predmetne stopnje, tekmovali smo v vseh možnih panogah: deltoidni zmaji, avtomobilčki v cilj, ladjice, raketoplani, jadralna letala, strojništvo … Fizik in kemik – to sva bila namreč midva, sva igrala pomembno vlogo na teh tekmovanjih mladih tehnikov. Ključno pa je bilo, da sem tudi sam močno napredoval v teh 20 panogah, v katerih smo tekmovali. Ob tem smo montirali poučne filme in naredili zajetno število učil, ki jih imam še danes. Tudi sedaj, ko poučujem na OŠ Domžale, uporabljam doma

Foto: Arven Šakti Kralj Szomi

narejena učila, vsaj tretjina pa je iz tistih časov. Zmagovali smo v različnih panogah, a daleč največ uspeha sem z učenci doživel v panogi »iz učenčeve domače naloge«. V naslednjih letih sem tudi sam izredno napredoval v logiki in razvedrilni matematiki, OŠ Zalog je bila na teh tekmovanjih prava velesila in vsako leto je zajetno število učencev izpolnilo pogoje za Zoisovo štipendijo. Ključno je bilo to, da sem se ves čas učil skupaj z učenci.

Učenje v naravi

Z mojo selitvijo na OŠ Domžale, leta 1997, se ni nič spremenilo, še vedno sem bil nekakšen skavt za nadarjene in jih poskušal čim prej vključiti v ure astronomije, logike in razvedrilne matematike. Na mojih urah in tudi izven njih starejši, izkušenejši, razlagajo mlajšim, neizkušenim, določene segmente nalog, da tudi pri slednjih pride do bliska v možganih, ko začnejo razumevati postopke in poti do rešitev. Nikoli me ni bilo sram, da so me veliko naučili moji nekdanji in sedanji učenci, nekatere med njimi (Vid Klopčič, Anja Komatar, Žiga Loboda, Jakob Žvab …) še dandanes prosim za pomoč pri problemih, ki jih ne razumem, ne znam. Zato me ti učenci tudi tikajo, prav sami so me za to zaprosili in seveda sem to brez zadržkov sprejel, saj so učitelji učitelja. V svoji praksi sem ostal vaški učitelj, ki meni, da je znanje treba deliti. Vsaj desetkrat na leto grem z učenci na svojo parcelo v Šalovcih, kjer imamo tri bivalne prikolice in kontejner, elektriko, vodo … V tem raju učim otroke biti vsestranski človek in nanje prenašam svoje znanje iz astronomije, fizike, naravoslovja, o zeliščih, gobah in užitnih rastlinah v naravi. Večkrat torej gobarimo in spotoma nabiramo zelišča za čaje in kreme. Tako je po letošnjem državnem tekmovanju iz astronomije 12 učencev prišlo k meni, da smo iz posušenih rastlin pripravili čajne mešanice, za njihove babice pa smo pripravili mazilo in tinkturo iz divjega kostanja (krčne žile, glivice, obtok) ter mazilo iz smrekove smole. Vse to sem delal z učenci. Medtem smo iz gob, ki smo jih nabrali jeseni, skuhali odlično juho, vsi učenci pa so domov odnesli zmlet gobji prah za omake. Poskušam izhajati iz narave, saj bi z dobrim poznavanjem le-te lahko preživel z malo denarja ali celo brez. Ker še vedno ustvarjam tudi na glasbenem področju, mi to že 24 let prinaša nekaj dodatnih sredstev, ki sem jih vložil v opremo za astronomijo. Imam okoli šest montaž in osem teleskopov, enega tudi za Sonce, zajetno število kamer in še kup pripomočkov – učil, ki smo jih naredili sami, npr. vsenebno kamero, s katero fotografiramo Perzeide in potem iz fotografij sestavimo filme. Ko sem leta 2002 in 2003 fotografiral Venerin in Merkurjev prehod, sem posnetke arhiviral in desetletje zatem so moji učenci za tekmovanje o teh prehodih naredili filme. Sedaj imamo že okoli 12 filmov, ki jih uporabljamo pri pouku, tako jim vedno lahko pokažem Lunin ali Sončev mrk, Perzeide, gibanje satelitov, prehode planetov …

Poleti imam petdnevni astronomski tabor, na katerem poučujemo različne elemente astrofotografije in kamor pridejo ljudje iz vse Slovenije. Največ je seveda mladih, a na taboru so mentorji večinoma moji nekdanji učenci, večinoma je tam tudi Brane Vasiljevič, eden od najboljših slovenskih astrofotografov, ki pa svetuje nam mentorjem. Dolga leta sem pisal prošnje Občini Domžale, ker so bili udeleženci iz te občine, a mačehovska neodzivnost in nepodpora taboru, kjer izobražujem ljudi iz te iste občine, mi je oči in obzorja le razprla. Pridobil sem nekaj sponzorjev in donatorjev, hvaležnih obrtnikov in staršev, ki so prepoznali pomen mojega izobraževanja mladih, zato sedaj na tabor pridejo mladi iz celotne Slovenije.

V iskanju bistroumov

Ko sem pri razrednih učiteljicah iskal – vohunil za nadarjenimi, je prvo vprašanje vedno bilo: Kdo ima bogat besedni zaklad? Kdo dobro rešuje besedilne naloge? Šele

zatem sem oprezal za dobrimi matematiki. Razvijanje nadarjenosti ne poteka le tedaj, ko učence poučuješ sam, ampak v šoli prispevajo k temu vsi učitelji od prvega razreda naprej. Delo je na nek način timsko, čeprav se tega ne zavedamo, morda tudi zato, ker se učitelji na predmetni stopnji premalokrat zahvalimo učiteljicam na razredni stopnji za dobro opravljeno delo.

Med poukom logike in razvedrilne matematike z učenci debatiram o nalogah, o korakih do rešitve, za boljše prostorske predstave imam ogromno modelov različnih geometrijskih teles ter Platonova, Arhimedova, Keplerjeva, Johnsonova in celo kopico drugih učil za vizualizacijo nalog. Če najbolj logične poti učenec ne razume, potem mu poskušam rešitev približati analitično – po korakih. Skoraj nikoli ne začnem z lahkimi nalogami, temveč jih najprej naučim izjavno logiko ter reševanje nalog s protislovjem ali metodo indukcije. Pokažem tudi več možnih poti do rešitve – na primer pri iskanju števila robov, ploskev in oglišč nekega geometrijskega telesa podam Eulerjevo enačbo tik pred tekmovanji, saj je reševanje z uporabo simetrijskih osi veliko bolj razumsko in smiselno zaradi prostorskih predstav. Na področju logike so me silno razveselile lingvistične naloge, ki so prisotne v zadnjem desetletju, saj sem pri reševanju le-teh v prednosti pred drugimi, ker govorim madžarsko, nemško in seveda dva slovanska jezika (slovenščina in hrvaščina), od žene in otrok pa sem se solidno naučil še angleščine. Prav zaradi te večjezičnosti, ki temelji na zelo različnih jezikovnih skupinah, so zame te naloge lahke – ker ne razmišljam le slovensko ali npr. angleško. Mimogrede, v zadnjih letih opažam tudi to, da se tudi veliko bistrih otrok na visokem nivoju ukvarja tudi z glasbo, plesom, baletom ali športom in tudi preko tega razvija logično razmišljanje. Tudi večjezičnost pri učencu pripomore k boljši večplastni predstavljivosti in boljšemu reševanju problemov.

Življenjska nagrada učiteljev je znanje

Če povzamem še temno plat poučevanja našega časa, s(m)o največje breme slovenskim učiteljem v tem trenutku starši. Slovenskega učitelja so vzvodi prehitre demokratizacije družbenega sistema naredili za hlapca nezrelih staršev. Starši s pomočjo nesrečno zastavljene zakonodaje, svetov staršev in inšpekcij pritiskajo na učitelje z vseh strani in zato izgubljamo učitelje entuziaste, saj lahko vsak, ki ima pet minut časa, vtakne nos v naše delo in premnogi ambiciozni starši namesto spoštovanja zasejejo sovraštvo do učitelja. A smo res tako naivni, da za ta razcepljeni odnos do učiteljev krivimo njih same? Namesto da bi se učitelji razvijali v boljše in bolj nadarjene ljudi skupaj s svojimi učenci, veliko časa izgubljamo z nepotrebno administracijo in se lomimo pod puhloglavimi obtožbami staršev. Mnogi starši se sami javijo za predstavnika razreda v svetu staršev le zato, da prek te posvetovalne institucije pripravijo teren za svoje otroke, da lahko dober rezultat, odlične ocene dosežejo s pičlim naporom. Pri tem pa pozabijo na to, da je zadovoljstvo po rezultatu, ki si ga pridelal sam, veliko večje kot pri podarjenih ocenah. Dandanes je torej delo dobrega učitelja praktično že hoja po robu, zato prerokujem, da se bo v bližnji prihodnosti šolski sistem »resetiral«, saj s tolikšnim vmešavanjem staršev učitelji nimamo več avtonomije, neuspehi otrok pa se tolmačijo kot nestrokovnost učitelja. Kar prestavljajmo si, da bi učitelj v enaki meri solil pamet staršem in bi odgovornost staršev bila pod enakim drobnogledom kot učiteljeva.

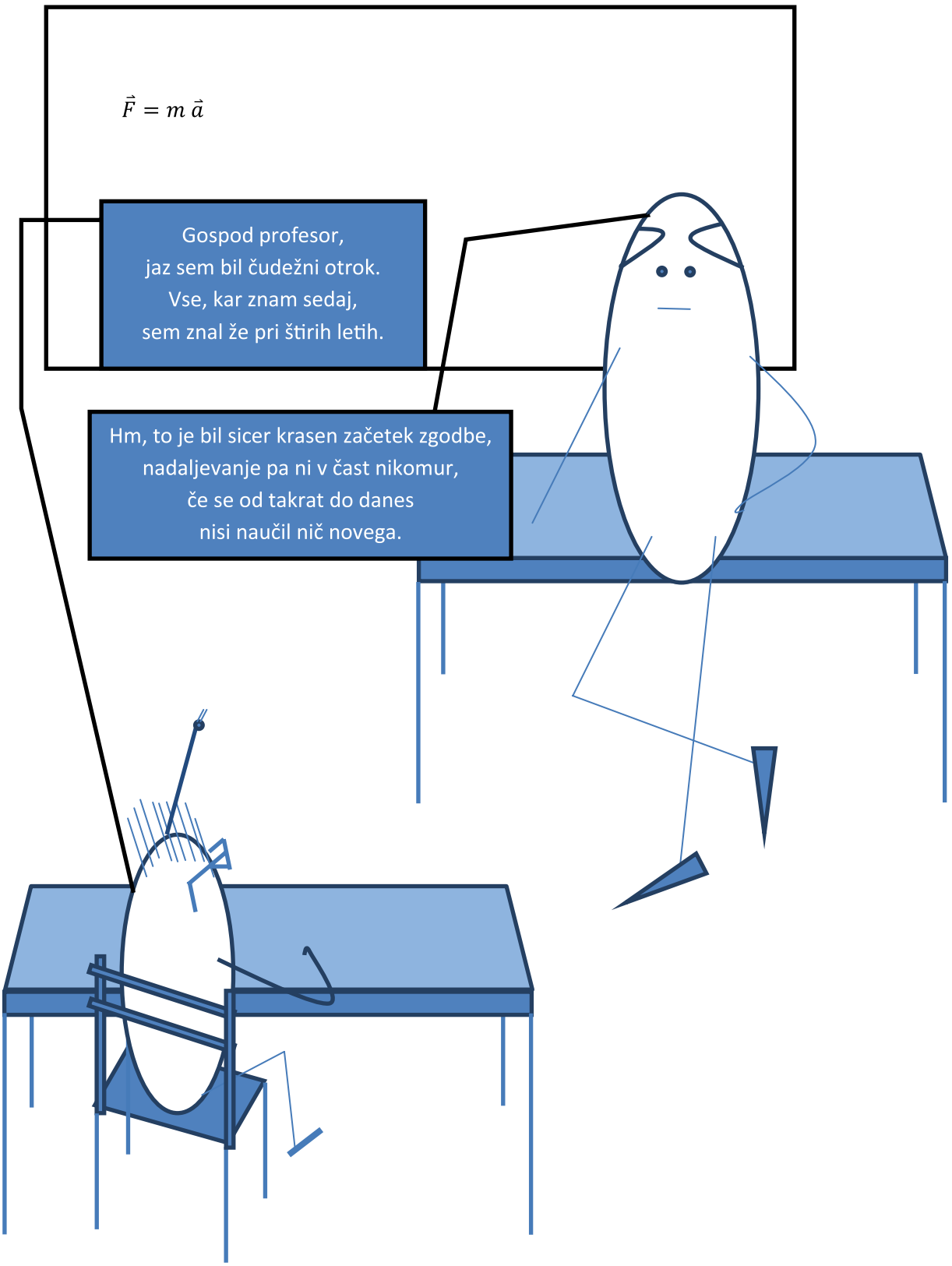
A vendarle je še vedno toliko odličnih in preprostih staršev – razumnikov, da verjamem, da zlo, ki ga sistem dovoljuje, ne bo uničilo vsega dobrega, kar učitelji vsakodnevno zasejemo. Vero v to mi zagotovo vlivajo vsi nekdanji učenci, ki povedo, da je moj pouk fizike najboljša priprava na zahteve v srednji šoli, ali pa mi ponosno pridejo povedat, da so za študij ali maturo zaradi mene izbrali fiziko.

Po lanski moralni klofuti samozavestno trdim, da včasih niti državni modreci ne prepoznajo dobrega, ki ga imajo pred nosom. Lani me je namreč ravnatelj predlagal za nagrado za življenjsko delo, ker sem eden najuspešnejših mentorjev učencem na tekmovanju iz logike, astronomije, fizike, razvedrilne matematike in šaha, avtor okoli dvanajstih strokovnih knjig, delovnih zvezkov za osnovno šolo, celo ena moja skladba je v učbeniku za glasbo, v domačem kraju pa že 22. leto organiziram glasbeni festival, ki je ponos Domžal. Izdal sem tudi okoli 12 cedejev (Kontrabant) od tega dva z glasbo za otroke, ter prevedel številna dela madžarskih pesnikov iz Prekmurja, med njimi moj ponos – antologijo taiste poezije iz Prekmurja. Imam čez 40 vpisov v Cobissu, a žal za državno komisijo to ni dokaz moje izjemnosti, tolikšen presežek je bil verjetno vzrok za mojo prezrtost. Dobro opravljeno delo z učenci in posledično večna prijateljstva, ki sem jih z njimi sklenil, njihovo spoštovanje zaradi skupaj prehojene poti do znanja, to je moja življenjska nagrada, zaradi katere si nagrade državne komisije zares ne zaslužim, saj ne prinaša tolikšnega zadovoljstva nemirnega učiteljskega duha.

Še moj napotek vam: Če ne veste, kje bi začeli z nadarjenostjo, začnite pri sebi: napišite strokovni članek o nečem, kar ste v prosveti dobro naredili, sčasoma bodo članki prerasli v knjigo. Ne boste verjeli, koliko sem se naučil od recenzentov svojih knjig, od ilustratorja, od slavista, založnika. Vaše avtorske naloge, ki jih napišete, naj imajo več rešitev ali pa več poti do rešitve, naj razvijajo divergentno (razpršeno) razmišljanje.

Morda bo kdo rekel, da sem vzvišen zaradi vsega, kar sem ustvaril. Če je ta vzvišenost moj ponos na znanje, ki sem si ga v letih poučevanja nabral, potem ima prav.

Kajti znanje je sveti gral mene: učenca – učitelja – človeka.

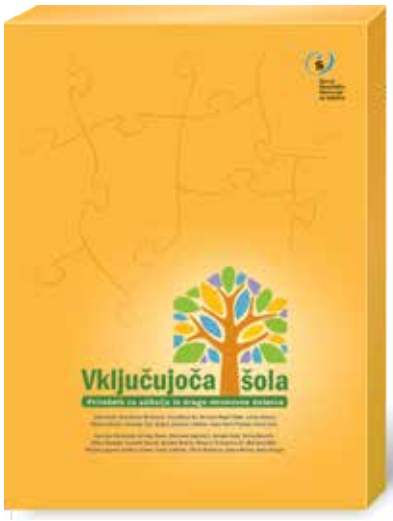


MiSti, februar 2018

IZ ZALOŽBE ZAVODA RS ZA ŠOLSTVO

Vključujoča šola

Priročnik za učitelje in druge strokovne sodelavce



Danes mnogo učiteljev ugotavlja, da tradicionalni pristopi pri vzgojno-izobraževalnem delu niso več ustrezni, ker ne vodijo k zadovoljivim dosežkom učencev in dijakov. V ospredje prihaja koncept sodobne šole, ki ga podpira inkluzivna paradigma.

Da bi v slovenskih vrtcih in šolah še okrepili procese, ki podpirajo takšne pristope, je na Zavodu RS za šolstvo nastal priročnik Vključujoča šola.

Priročnik obsega **6 zvezkov**, zbranih v mapi, cena 15,00 €

PROTOKOLI
PRIMERI
PRIMERI KOLEGIALNEGA PODPIRANJA
SOCIALNE IGRE
PRAKTIČNI
TEORETIČNA IZHODIŠČA
KONKRETNE STRATEGIJE
IDEJE ZA DELO V RAZREDU
VPRAŠANJA ZA REFLEKSIJO

Zakaj vključujoča šola

Formativno spremljanje v podporo vsakemu učencu

Vodenje razreda za dobro klimo in vključenost

Socialno in čustveno opismenjevanje za dobro vključenost

Tudi učitelji smo učenci

Vključevanje v vrtcu

Raznolikost je naša priložnost

Vključenost je naš cilj

Formativno spremljanje je naša pot

Pri nastajanju priročnika je sodelovalo več kot 25 svetovalcev Zavoda RS za šolstvo z bogato pedagoško prakso, z dobrim poznavanjem raziskav in teoretičnih izhodišč ter s številnimi izkušnjami na področju razvojnega dela in svetovanja.

Zavod RS za šolstvo, Poljanska c. 28, 1000 Ljubljana, 01 300 51 00, zalozba@zrss.si, www.zrss.si

Zavod Republike Slovenije za šolstvo

Formativno spremljanje v podporo učenju

Priročnik za učitelje in druge strokovne sodelavce

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

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

Priročniki po predmetih in področjih

Formativno spremljanje na RAZREDNI STOPNJI

Formativno spremljanje pri MATEMATIKI

Napovedujemo:

Formativno spremljanje pri ZGODOVINI

Formativno spremljanje pri DELU SVETOVALNIH DELAVCEV

Formativno spremljanje kot PODPORA UČENCEM S POSEBNIMI POTREBAMI

izid 2018

Zavod Republike Slovenije za šolstvo

Naročanje:
P Zavod RS za šolstvo, Poljanska c. 28, 1000 Ljubljana
T 01 300 51 00
F 01 300 51 99
E zalozba@zrss.si
S www.zrss.si

revije ZRSŠ
facebook ZRSŠ
twitter ZRSŠ

ISSN 1318-6388