FIZIKA v ŠOLI

www.fizikavsoli.si
letnik XX, št. 2, december 2014

Poštnina plačana pri pošti 1102 Ljubljana

Zavod RS za šolstvo

VSEBINA

PACS 01.40. –d, 01.50. –i, 01.55. +b

ISSN 1318-6388
FIZIKA V ŠOLI letnik XX, številka 2, december 2014
Izdajatelj in založnik: Zavod RS za šolstvo
Predstavnik: dr. Vinko Logaj
Odgovorni urednik: mag. Tine Golež

Jezikovni pregled: mag. Seta Oblak
Urednica založbe: Simona Vozelj
Oblikovanje: dr. Vladimir Grubelnik
Računalniški prelom in tisk: Tisk Žnidarič, d. o. o.
Naklada: 450 izvodov

Prispevke pošljite na naslov: Zavod RS za šolstvo, Uredništvo revije Fizika v šoli,
Poljanska c. 28, 1000 Ljubljana, e-naslov: fizikavsoli@guest.arnes.si.
Naročila: Zavod RS za šolstvo – Založba, Poljanska c. 28, 1000 Ljubljana, faks: 01/30 05 199,
e-naslov: zalozba@zrss.si.
Letna naročnina (2 številki): 19,50 € za šole in ustanove, 17,25 € za posameznike, 16,50 €
za dijake, študente in upokojence. Cena posamezne številke v prosti prodaji je 10,95 €.
Revija je vpisana v razvid medijev, ki ga vodi Ministrstvo za kulturo pod zaporedno številko 570.

Poštnina plačana pri pošti 1102 Ljubljana.

UVODNIK

V reviji še nismo predstavili, kako lahko izvajamo nekatere poskuse kar prek računalnika in spleta. Ker se bodo s tovrstnim delom naši dijaki najbrž srečevali kot raziskovalci ali tudi v študentskih letih, je prav, da prve korake naredijo že v srednji šoli. Podrobna navodila, kako se tega lotiti, je v svojem članku zapisal Ivo Verovnik.

Najbrž je še veliko možnosti za izboljšavo šolske opreme. Ena izmed njih se je ponudila kar v sodelovanju z dijakom. Dijak Anže Žaberl je tako bistveno posodobil naš šolski poskus *lovec in opica*. Mladenič zato poroča o sami izdelavi, medtem ko sam opisujem top, ki ga uporabljamo za omenjeni poskus, in natančnost »lovskih« zadetkov z uporabo nove opreme. Tudi tokratna naslovnica je nastala iz slik, ki smo jih posneli med izvedbo poskusa *lovec in opica*.

Iztok Kukman opisuje, kako uvede merjenje in merske napake v prvih urah pouka fizike. Pri tem vztraja, da so dijaki v kar največji meri tudi vključeni v same meritve, saj je sicer to za njih le dolgočasno teoretiziranje brez pravega smisla. Ker gre za prispevek iz prakse (in za prakso), bo njegov pristop gotovo koga spodbudil, da se prav s predlagano meritvijo poda z dijaki v srednješolsko fiziko.

Vsak učitelj rad pogleda, kakšen test pripravi kolega za svoje dijake. Tokrat spet predstavljam, kaj so pisali moji maturanti. Bralci bodo lahko ocenili, ali je bilo 95 minut dovolj za zastavljene naloge. Gre za oboje, tako strukturirane naloge kot vprašanja izbirnega tipa. Seveda velik del članka govori o napakah dijakov in s tem analizira težavnost posameznih vprašanj oziroma nalog.

Tudi naslednji članek se ubada s preverjanjem znanja, a na državni ravni. Peter Gabrovec najprej predstavi nekaj statističnih podatkov o maturi 2014 (junij), potem pa se loti posameznih vprašanj in nalog. Ker je pri tem na voljo bistveno večji vzorec, so rezultati bolj zanesljivi in splošni kot tisti, ki sem jih sam dobil pri moji skupini maturantov.

Vsekakor je tekmovanje za Stefanovo priznanje izjemno priljubljeno, saj se ga udeleži skoraj vsak četrti osnovnošolec. Prav zato bodo njihovi mentorji veseli prispevka, v katerem Barbara Rovšek analizira zadnje tekmovanje. Pri tem poleg splošnega razmisleka o samem tekmovanju in uspehih udeležencev še posebej spregovori o nalogah, ki so se izkazale za najlažje in najtežje.

Stanislav Južnič se sicer spet loteva zgodovinske teme; gre za akademsko rodoslovje slovenskih profesorjev fizike. A poleg zgodovinske tematike je tokratni zapis hkrati vabilo tudi za sedanjost, saj dijake povabi, da bi še sami ustvarili podobno »zgodovinsko drevo«, začenši s svojim profesorjem fizike (matematike).

Na tretjo stran ovitka sega naravoslovno-jezikovni utrinek, ki bo morda bolj navdušil kolega slavista. Dijakom bo lahko predstavil zapis, ki v več sklonih uporabi slovensko besedo, ki jo tako redko uporabimo v množini, a vendar ta obstaja. Preberite utrinek in poglejte sliko.

S to številko se tudi zaključuje moje desetletno uredniško delo. Po prvotnih načrtih bi moralo segati še do leta 2016, a so se zaradi sprememb, ki jih je uvedel ustanovitelj, pogoji znatno spremenili, zato sem to delo odložil. Vsekakor upam, da je revija dokazala slovensko ustvarjalnost tudi na področju didaktike fizike. Novemu uredniku, ki v času pisanja teh vrstic še ni znan, želim veliko uspeha in pridne dopisovalce. Morda sem ravno pri pridobivanju novih piscev bil sam najmanj uspešen pri svojem delu.

Ob tem se moram zahvaliti vsem sodelavcem v uredniškem odboru, piscem in seveda zvestim bralcem. Poimensko bom omenil dve osebi, ki sta imeli največ dela in potrpljenja z mojim urednikovanjem. To sta urednica založbe gospa Simona Vozelj in mag. Seta Oblak, ki je z zares hitrimi jezikovnimi pregledi in spodbudami v ne vedno lahkih dneh urednikovanja precej olajšala moje delo; iskrena hvala obema in vsem drugim.

mag. Tine Golež

REŠITEV UGANKE IZ PREJŠNJE ŠTEVILKE

Dva namiga sta spremljala sliko, ki predstavlja uganko. Prvi je povedal, da so te knjige abstraktno povezane z delom Jurija Vege. Drugi namig pa je bil že skoraj preveč očiten. Šlo je za stavek: »Res, a kako?«

Preštejmo črke. *Res* = 3, potem vejica, potem *a* = 1 in na koncu *kako* = 4. Na prvem kupu so tri knjige, pokončna knjiga predstavlja vejico, potem ena sama knjiga in nato kup štirih knjig …

Zapišimo številke: 3,14. In če sedaj preštejemo še ostale knjige, dobimo 3,14159. Da, Vega se je izkazal tudi z računanjem decimalk števila π.

mag. Tine Golež

FIZIKA v ŠOLI Zavod RS za šolstvo www.fizikavsoli.si

LABORATORIJSKA VAJA, DOSTOPNA PREK INTERNETA

Ivo Verovnik

Visoka šola za tehnologijo polimerov, Slovenj Gradec

Povzetek: *Predstavljena je laboratorijska vaja, ki jo lahko dijaki ali študenti opravijo s pomočjo internetne povezave. Oddaljeni računalnik, opremljen z ustreznim programjem, vmesnikom in eksperimentalno opremo ter povezan v internetno omrežje, omogoča izvedbo eksperimenta na daljavo. Take vrste eksperimentiranje ima svoje dobre in slabe strani. Pomembno dejstvo, ki govori eksperimentiranju na daljavo v prid, je, da je na voljo kadarkoli od koderkoli in da je ob primernem načrtovanju in pripravi laboratorijske vaje njeno vzdrževanje razmeroma preprosto. Opisana je laboratorijska vaja, v kateri določamo kapaciteto kondenzatorja na dva načina: na podlagi grafično določenega relaksacijskega časa praznjenja in na podlagi eksponentne enačbe trendne krivulje, ki opisuje časovni potek pojemanja napetosti na kondenzatorju. Zainteresiranim šolam je pod določenimi pogoji omogočen prost dostop do oddaljene laboratorijske vaje.*

Abstract: *Distant laboratory experiment which can be performed using Internet connection is presented. A computer, equipped with appropriate software, interface and experimental equipment and connected to the Internet, makes it possible to carry out the distant experiment. There are certain drawbacks and advantages of such an experiment. An important fact on behalf of this kind of laboratory experiment is that it is available from everywhere at every time and that its maintenance can be relatively simple in case of careful planning and designing the experiment. The two methods of capacitance of electric capacitor determination are described: using graphically determined relaxation time and using exponential equation of the trend line, representing voltage vs. time relationship. Free access is offered to the interested schools when certain conditions are fulfilled.*

UVOD

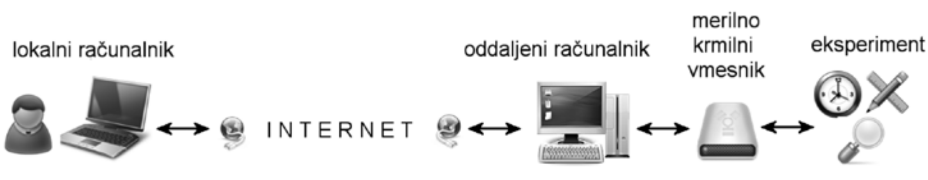
Informacijska tehnologija je v zadnjih desetletjih na različne načine bistveno pripomogla k izboljšanju učinkovitosti pouka. Pri predmetih s področja naravoslovja in tehnike predstavlja eksperimentiranje pomemben del učnih načrtov in vključevanje računalnika v eksperiment je danes že dokaj ustaljena praksa šolskega dela. S pojavom interneta so se odprle nove možnosti rabe informacijske tehnologije predvsem na področju izobraževanja na daljavo.

Telemetrija in oddaljeno upravljanje procesov postaja danes nuja sodobne znanosti in tehnologije. Za ilustracijo naj omenimo npr., da meteorologi zbirajo podatke z velikega števila avtomatskih oddaljenih merilnih postaj, da v industrijskih halah na daljavo upravljajo množico zapletenih strojev in usklajujejo njihovo delovanje, da astronomi, ne da bi bili fizično prisotni, upravljajo s teleskopi, ki se lahko nahajajo na drugi strani zemeljske oble ali v zemeljski orbiti, in da se na planetih v našem osončju nahajajo robotski laboratoriji, ki jih na daljavo upravljajo z Zemlje. Na področju medicine razvijajo tehnologijo daljinskih kirurških posegov s pomočjo zmogljivih robotskih sistemov, ki jih upravlja oddaljeni kirurg. Na ta način se bomo lahko izognili dragim in včasih tveganim potovanjem bodisi pacientov v oddaljene specializirane zdravstvene centre ali pa morda zamudnim potovanjem redkih kirurških specialistov na oddaljene lokacije, kjer jih čakajo pacienti [1].

Logična posledica takega razvoja je, da tudi izobraževanje sledi tem trendom. Predvsem v zadnjem desetletju se je v nekaterih izobraževalnih centrih po svetu začel intenzivnejši razvoj pravih oddaljenih eksperimentov oz. oddaljenih laboratorijev, ki so dosegljivi preko svetovnega spleta [2, 3]. Posebno vrednost imajo zagotovo taki oddaljeni eksperimenti, ki si jih izobraževalna ustanova zaradi visoke cene ne more privoščiti ali pa so morda prenevarni za izvajanje v šolskih prostorih.

Oddaljeni dostop do eksperimentov lahko služi različnim namenom. Uporaben je lahko za učitelje, ki imajo za podporo pri posredovanju učne snovi »pri roki« sicer oddaljeni, vendar pravi eksperiment; to se v mnogih primerih pokaže kot učinkovitejši način v primerjavi z uporabo drugih sredstev, kot so npr. fotografije, videoposnetki ali računalniške simulacije. Oddaljeni eksperiment pa je lahko namenjen učencem, dijakom ali študentom kot domača naloga, kot laboratorijska vaja za izbrane posameznike ali kot redna laboratorijska vaja.

Pri načrtovanju oddaljenih eksperimentov je potrebno upoštevati nekatera splošna načela. Uporabnik naj ima, kolikor je mogoče, občutek, kot da izvaja eksperiment z opremo, ki je v njegovi fizični bližini. K temu zagotovo pripomore video-kamera (ali več kamer), ki prikazuje ključne elemente eksperimenta. Zahtevnejše izvedbe lahko omogočajo daljinsko upravljanje video-kamere s tem, da je omogočeno njeno usmerjanje in uporaba zooma. Uporabnik mora imeti možnost nastavitve in spreminjanja ključnih parametrov eksperimenta ter možnost spremljati merske podatke v živo, jih shranjevati in prenašati na svoj lokalni računalnik, iz katerega sicer pristopa do oddaljenega eksperimenta. Osnovne elemente oddaljenega eksperimentiranja kaže slika 1.



Slika 1: Ključni elementi eksperimentiranja na daljavo

Ker je uporabnik pri oddaljenem eksperimentiranju običajno sam (lahko so tudi dvojice ali skupina uporabnikov), brez prisotnosti učitelja, mora biti poskrbljeno, da so mu dosegljive vse informacije, ki so potrebne za izvedbo eksperimenta. Tu je mišljeno potrebno predznanje in informacije o tehničnih vidikih izvedbe laboratorijske vaje.

Pri načrtovanju oddaljenega eksperimenta je potrebno upoštevati tudi njegov splošni namen: ali je namenjen hitremu intuitivnemu učenju »z igro«, ali je dejavnost, ki je usklajena z vsebinami učnega načrta, ali pa služi raziskovanju.

Nekatere pomembnejše dobre plati kot tudi pomanjkljivosti oddaljenega eksperimentiranja so povzete v naslednjem odstavku.

Ugodnosti eksperimentiranja na daljavo:

- Časovna dostopnost: običajno 24 ur na dan in 7 dni v tednu.
- Krajevna dostopnost: od koderkoli na svetu z internetnim dostopom.
- Izvajalci si sami prilagodijo tempo dela.
- Lahko je omogočeno eksperimentiranje z drago eksperimentalno opremo, ki si je šolski laboratoriji ne morejo privoščiti, npr. elektronski mikroskop.
- Izvajalci lahko kadarkoli ponovijo vajo ali jo izvedejo na nekoliko drugačen način. S tem si lažje razjasnijo morebitne dvome v primeru nepričakovanih vrednosti izmerjenih podatkov.
- Za izvajalce je eksperimentiranje popolnoma varno za razliko od nekaterih vaj v laboratorijih, kjer so fizično prisotni.
- Dobro načrtovane vaje so take, da se inventar in eksperimentalne naprave ne morejo poškodovati.
- Izkoriščenost eksperimentalne opreme in s tem v zvezi ekonomičnost rabe sredstev je lahko bistveno večja kot v klasičnih šolskih laboratorijih. V nekaterih primerih so izmerili povprečno nekaj izvedb eksperimentov na dan, merjeno skozi celo leto [2].
- Nekateri novo postavljeni laboratoriji, ki še nimajo dovolj eksperimentalne opreme, si lahko pomagajo z najemom ali uporabo prosto dostopnih oddaljenih laboratorijskih vaj.

Pomanjkljivosti eksperimentiranja na daljavo:

- izvajalci si ne pridobijo izkušenj ročnega manipuliranja z napravami, kot je npr. postavitev in povezovanje naprav v delujoč eksperiment.
- Izvajalci nimajo vpogleda v vse detajle in na vse naprave, ker video-kamera običajno vsega ne prikazuje.
- Izvajalcem je med eksperimentiranjem onemogočen neposreden razgovor z vodjem izvajanja laboratorijskih vaj.

MERJENJE KAPACITETE KONDENZATORJA

Programsko okolje vaje in njene osnovne značilnosti

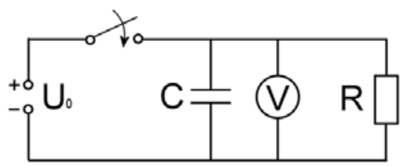
Po pregledu dostopnih virov s tega področja se pokaže, da razvite in objavljene oddaljene laboratorijske vaje temeljijo na povezavi preko svetovnega spleta (*World Wide Web*), zato za dostop in za izvedbo vaj potrebujemo enega od spletnih brskalnikov. Vaja, ki jo predstavljamo, pa temelji na uporabi internetne servisne storitve Povezava z oddaljenim namizjem. Ta storitev je na voljo v programskih okoljih MS Windows od verzije XP naprej v vseh novejših verzijah. Potem ko je uporabnik povezan z oddaljenim računalnikom, lahko počne na računalniku vse tako, kot da bi delal na tem računalniku oz. kot je omogočeno uporabniku računalnika. Te možnosti so določene z nastavitvami uporabniškega računa na oddaljenem računalniku. Podrobnejše informacije za izvedbo vaje dobijo uporabniki v obliki priloženih datotek, ki so opisane v nadaljevanju članka.

Tako kot pri klasičnem eksperimentiranju je tudi v našem primeru omogočeno delo le enemu uporabniku ob izbranem času. S tem ko se prijavimo na oddaljeni računalnik, ga za določen čas zasedemo in drugi ne morejo dostopati do njega. Zaradi tega je skupen čas za posamezno sejo (posamezno prijavljanje) omejen na največ eno uro. To je več kot dovolj za to, da opravimo potrebne meritve in prenesemo merske podatke na svoj lokalni računalnik. Obdelavo merskih podatkov in izdelavo poročila namreč izvedemo na svojem računalniku. Sicer pa se lahko vsakdo po potrebi kadarkoli ponovno prijavi in ponovi vajo.

Izvedba vaje

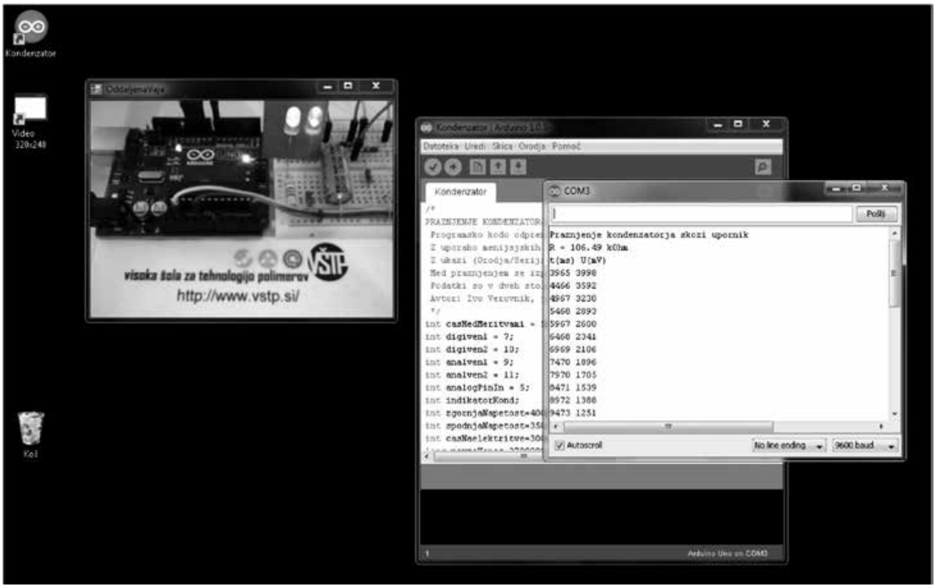
Potem ko se uspešno prijavimo na oddaljeni računalnik in ko zaženemo npr. dva programa, ki sta podrobneje opisana v nadaljevanju, bo njegovo namizje približno tako, kot ga prikazuje slika 3.

Video povezava omogoča pogled na mikro-kontroler kartico Arduino [4] in na električno vezje s kondenzatorjem. Bistveni del električnega vezja za izvajanje meritev prikazuje slika 2.



Slika 2: Poenostavljeno narisano električno vezje, s katerim na podlagi časovnega poteka pojemanja napetosti na kondenzatorju C določimo njegovo kapaciteto.

Kartica Arduino, ki služi kot vmesnik med osebnim računalnikom in eksperimentom, je v bistvu samostojen računalnik s procesorjem, spominsko enoto, analogno digitalnimi pretvorniki, stikali in komunikacijskimi kanali. Deluje lahko tudi samostojno, brez povezave z osebnim računalnikom. Preko USB priključka je v našem primeru povezana z osebnim računalnikom in preko vhodno-izhodnih linij z merilnim vezjem, prikazanim na sliki 3.



Slika 3: Tipična razporeditev elementov na oddaljenem namizju po tem, ko odpremo dva programa. Zgoraj levo sta dve programski ikoni: ikona za zagon programa Arduino za izvajanje meritev in ikona za zagon video-povezave do oddaljene merilne in eksperimentalne opreme. Levo okno: odprt program za video-povezavo kaže kartico Arduino in eksperimentalno vezje s kondenzatorjem. Sredina: urejevalnik in prevajalnik programske kode Arduino z oprto programsko kodo z imenom Kondenzator. Desno: okno programskega modula Serial Monitor z izpisanimi rezultati meritev.

Na osebnem računalniku z odprtokodnim programskim paketom Arduino [5] pripravimo ali spreminjamo programsko kodo, jo prevedemo in namestimo na kartico Arduino. Programska izvorna koda je napisana v poenostavljeni verziji programskega jezika C++ [6].

Osnovna verzija programske kode za izvedbo eksperimenta je že pripravljena na osebnem računalniku. Uporabnik jo po uspešni prijavitvi na oddaljeni računalnik vsakič z enim samim klikom prevede in naloži na kartico Arduino, kjer jo požene, da se izvedejo meritve. Po želji lahko uporabnik izvorno kodo spremeni, ponovi opisani postopek in izvede meritve pri drugačnih pogojih. Spreminjanje programske kode od uporabnika zahteva osnovno poznavanje poenostavljenega programskega jezika C++, opisanega v [6].

Rezultat vsake serije meritev, ko se kondenzator prazni preko upornika, se izpiše v posebno programsko okno – slika 4. Poleg parov podatkov o časih v ms in napetostih v mV vsebuje izpis tudi vrednost upora upornika. Celoten merilni sistem je namenoma zasnovan in izdelan tako, da se pri vsaki seriji meritev v vezje na sliki 3 lahko vključi upornik z drugačnim uporom. Na privzet način se izvede okoli 25 meritev. Njihovo število je sicer odvisno od upora upornika v vezju in od velikosti časovnega intervala med meritvami, ki ga lahko programsko spreminjamo. Meritve se izvajajo, dokler napetost ne pade pod izbrano spodnjo mejo.

```
Praznjenje kondenzatorja skozi upornik
R = 53.09 kOhm
t(ms) U(mV)
712 3998
1213 3465
1714 3005
2215 2609
2715 2262
3216 1959
3716 1695
4217 1471
4717 1275
```

Slika 4: Primer začetnih vrstic izpisovanja merskih podatkov o pojemanju napetosti na kondenzatorju, ko se je ta praznil preko upornika. Na privzet način se podatki izpisujejo v približno polsekundnih intervalih. Začetna napetost je okoli 4 V.

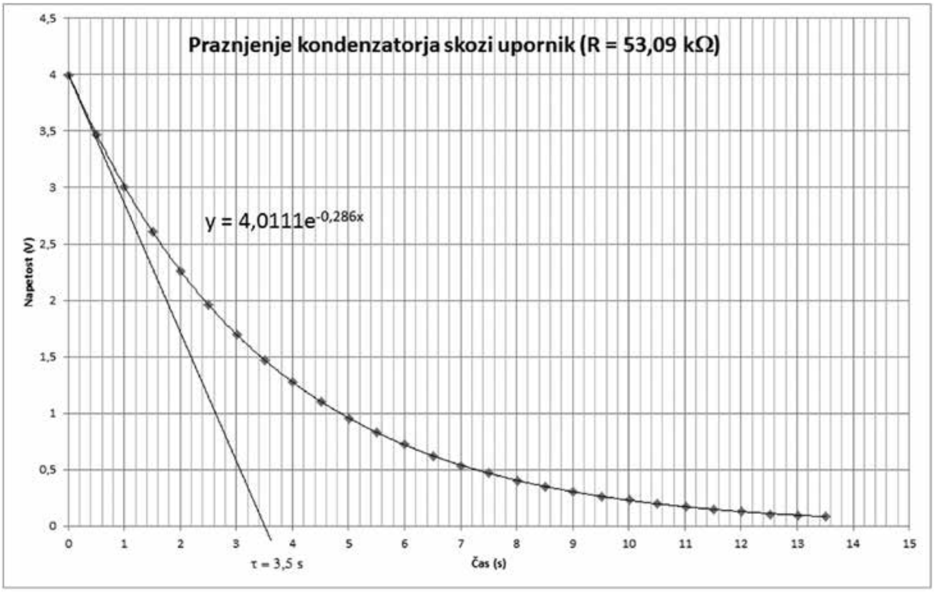
S pomočjo postopka označi-kopiraj-prilepi prenesemo merske podatke na svoj lokalni računalnik. S tem smo delo na oddaljenem računalniku zaključili in se lahko z njega odjavimo. Vse ostalo za dokončanje laboratorijske vaje (obdelava podatkov in izdelava poročila) izvedemo kadarkoli kasneje na svojem računalniku.

Pomemben del poročila o opravljeni vaji predstavlja graf, na katerem je na podlagi vrisane tangente na eksponentno krivuljo skozi začetno točko določen relaksacijski čas τ ter izpisana eksponentna enačba krivulje, ki se najbolje prilega merskim točkam – slika 5. To so namreč izhodiščni podatki za izračun kapacitete kondenzatorja po dveh postopkih. Osnovna navodila za izdelavo poročila so pripravljena v posebni datoteki, ki je na voljo izvajalcem vaje.

V našem primeru dobimo z uporabo relaksacijskega časa τ = 3,5 s in znanega upora R = 53,09 kΩ za kapaciteto kondenzatorja vrednost $C = \tau/R$ = 65,9 μF.

Če primerjamo enačbo, ki opisuje pojemanje napetosti na kondenzatorju med njegovim praznjenjem preko upornika $U = U_0\,\mathrm{e}^{-\frac{t}{RC}}$, in enačbo trendne eksponentne krivulje s slike 5: $y = 4{,}0111\,e^{-0{,}286x}$, ugotovimo, da ulomku v potenčnem eksponentu 1/RC ustreza vrednost 0,286 s^{-1}. Iz tega dobimo za kapaciteto kondenzatorja vrednost C = 65,86 μF, kar kaže na solidno ujemanje obeh rezultatov.

Tu je smiselno postaviti vprašanje v zvezi z natančnostjo rezultatov. Uporabnika namreč lahko v navodilih za izdelavo poročila opomnimo, da naj napiše svoje mnenje o tem, kateri izmed dveh postopkov je natančnejši in zakaj.



Slika 5: Graf lahko izdelamo v programu MS Excel na podlagi meritev (slika 4) ter dodamo trendno eksponentno krivuljo in njeno enačbo. Z risarskim programom, kot je npr. Slikar, sliko dopolnimo s tangento, ki omogoča določitev relaksacijskega časa τ.

Navodila in dodatne informacije

Dijakom ali študentom, ki bodo izvajali oddaljeno vajo, najlažje posredujemo nalogo z elektronsko pošto, v kateri na kratko navedemo nekaj osnovnih informacij o vaji in navodila o tem, kako se povežejo z oddaljenim računalnikom. Navedemo še uporabniško ime in geslo za prijavo na oddaljeni računalnik ter elektronski naslov, kamor bodo dijaki ali študenti poslali poročilo o vaji.

Ker moramo upoštevati, da izvajalci vaje ne bodo imeli možnosti neposrednega razgovora z vodjem praktikuma, bo imela elektronska pošta nekaj prilog s podrobnejšimi navodili za izvedbo vaje ter še nekatere dodatne koristne informacije za izvedbo vaje in izdelavo poročila. Pripravljenih je 6 datotek, ki jih lahko priložimo osnovnemu besedilu elektronske pošte in so navedene v spodnji tabeli. Najpomembnejša je prva datoteka s seznama. Ostale priloge niso nujno potrebne, so pa lahko koristne, predvsem za dijake ali študente s pomanjkljivim predznanjem na določenem področju.

ime datoteke	kratek opis
1_navodilo.pdf	Navodilo za izvedbo vaje
2_fizikalne_osnove.pdf	Fizikalne osnove obravnavanega pojava
3_napotki_porocilo.pdf	Napotki za obdelavo podatkov in izdelavo poročila
4_primer_porocilo.docx	Primer poročila o opravljeni eksperimentalni vaji
5_primer_meritve.txt	Primer shranjene datoteke z rezultati meritev
6_primer_graf.xlsx	Primer obdelanih merskih podatkov v MS Excel-u z grafom

ZAKLJUČEK

Oddaljeno eksperimentiranje je eden od načinov pridobivanja znanja in eksperimentalnih izkušenj, ki se v šolskih praksah šele uveljavlja. Kot kažejo začetni trendi, ima ta način eksperimentiranja z ozirom na mnoge ugodne značilnosti najbrž perspektivo. Vsaj del laboratorijskih vaj se bo v prihodnosti lahko izvajal preko oddaljenega dostopa. Tudi razvoj informacijsko-komunikacijske tehnologije, ki predstavlja materialno osnovo oddaljenega eksperimentiranja, se še vedno nadaljuje z nezmanjšanim tempom.

V tem članku predstavljena laboratorijska vaja z naslovom Merjenje kapacitete kondenzatorja je najbrž primerna za dijake gimnazij in elektrotehniških srednjih šol ter za študente na področju višjega in visokošolskega izobraževanja. Preizkušena je bila s študenti na nekaterih višjih in visokih šolah v okviru praktikuma v prvem letniku, kjer sta zastopana predmeta fizika ali elektrotehnika. Odzivi in mnenja sicer niso bili sistematično zbrani in analizirani, vendar so bila tista mnenja, ki smo jih dobili, pozitivna.

Za razliko od večine laboratorijev z oddaljenim dostopom, kjer dostopamo do oddaljenih eksperimentov s pomočjo spletnih brskalnikov, kot je npr. Internet Explorer, je dostopanje v našem primeru drugačno. Uporabnik dejansko dobi v uporabo oddaljeni računalnik, na katerega je priključena merilna in eksperimentalna oprema. Tu je bilo potrebno skrbno premišljeno in mestoma razmeroma zahtevno načrtovanje ter izvedba nastavitev računalnika. Uporabnik ima zaradi tega dokaj omejene uporabniške pravice. Poskrbeti je namreč treba, da se zagotovi polna funkcionalnost računalnika za vse uporabnike, ki se zaporedoma povezujejo nanj in eksperimentirajo.

Povabilo

Avtor bo na željo izobraževalnih institucij omogočil dostop do opisane oddaljene laboratorijske vaje za uporabo v omejenem obsegu, npr. kot laboratorijsko vajo za izbrane posameznike. V primeru, da izobraževalna institucija želi vključiti oddaljeno laboratorijsko vajo kot redno obveznost za celotno populacijo dijakov ali študentov, je potreben poseben dogovor z avtorjem.

Če želite pridobiti dostop do oddaljene laboratorijske vaje, posredujte to željo avtorju na naslov *iverovnik@siol.net*. Poleg navodil o tem, kako dostopamo do oddaljene laboratorijske vaje, boste prejeli vse datoteke za podporo izvedbe vaje, opisane na koncu prejšnjega poglavja. Prejeli boste tudi predlog besedila elektronske pošte, s katerim dijakom ali študentom posredujete nalogo za izvedbo oddaljene laboratorijske vaje. To besedilo lahko tudi prilagodite svojim specifičnim potrebam in okoliščinam. Za začetek, v najbolj preprostem primeru, ni skoraj nič dela za učitelja. Nalogo npr. posredujete po e-pošti in počakate na poročilo dijakov ali študentov, prav tako po e-pošti. Lahko pa seveda sami preizkusite izvedbo vaje. Dobrodošla bo vsaka povratna informacija o vaših izkušnjah.

VIRI

[1] Remote surgery, Wikipedia, *http://en.wikipedia.org/wiki/Remote_surgery* (4. 9. 2014).

[2] Experimenting from a distance—remotely controlled laboratory (RCL) Sebastian Gröber et al 2007 Eur. J. Phys. **28** S127, Članek je dosegljiv v celoti tudi na spletu: *http://discoverlab.com/References/Experimenting%20from%20a%20Distance.pdf* (4. 9. 2014).

[3] Univerza Južne Avstralije, NetLab, *http://netlab.unisa.edu.au/index.xhtml* (4. 9. 2014).

[4] Kartica Arduino UNO, *http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno* (4. 9. 2014).

[5] Odprtokodni programski paket Arduino, *http://arduino.cc/en/main/software* (4. 9. 2014).

[6] Dokumentacija o poenostavljeni verziji programskega jezika C++, *http://arduino.cc/en/Reference/HomePage* (4. 9. 2014).

LOVEC IN OPICA

Anže Žaberl in Tine Golež

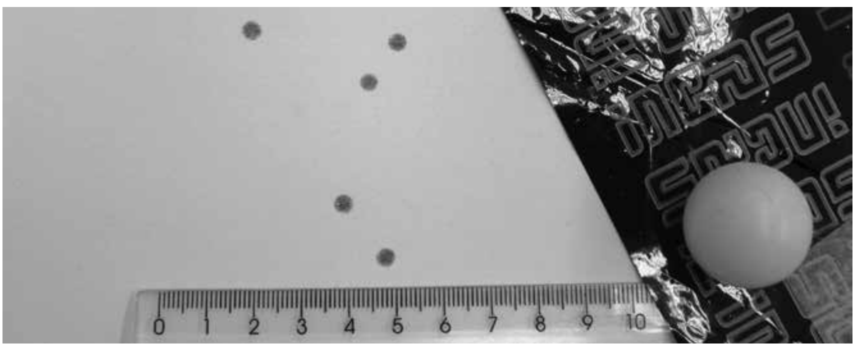
Škofijska klasična gimnazija, Ljubljana

Povzetek *– Poleg opisa znanega poskusa (lovec in opica) avtorja poročata tudi o izdelavi učila, ki ga za ta poskus uporabljajo na njuni šoli.*

Abstract *- The authors describe well-known »the monkey and the hunter experiment«. They also explain in detail how to produce the equipment needed to carry out the experiment as it is performed at their school.*

UVOD

Pregovor pravi, da kdor drago kupi, poceni kupi. Vsekakor je včasih to res. Ko smo pri prvotnem opremljanju šole pred dvajsetimi leti kupili pregrešno drag top, smo verjeli trgovcu, da je naprava nadvse natančna in zdržljiva. Niso nas potegnili za nos, še danes ta top ob dvižnem kotu na primer 60^0 izstreli kroglice 5,2 metra daleč, pri čemer kroglice padejo na področje, ki je zelo majhno. Slika 1. kaže, kako blizu skupaj so padle kroglice pri tako veliki razdalji.



Slika 1. Točke pristankov kažejo, da je top zares zelo natančen. Kroglica ima maso 10 g in premer 25 mm, letela pa je v smeri vzporedno z ravnilom.

ŽE DO SEDAJ

Poleg vseh »klasičnih« poskusov, ki jih za fiziko nudi analiza potovanja izstrelka, je ta top bil navdih za matematično-fizikalni prispevek [1], ki je bil objavljen v reviji Fizika v šoli. Tu se medpredmetno povezovanje ni končalo, saj je isti avtor eno izmed analiz strela tega topa objavil tudi v reviji za učitelje matematike [2], prav tako pa še na mednarodni poučevalski konferenci [3].

Učilo je že dvajset let v stalni uporabi pri mehaniki v drugem letniku, hkrati pa ga uporabljajo dijaki za eno izmed maturitetnih vaj. Navduši tudi dijake, ki se na naši šoli zberejo na mednarodni poletni šoli, saj ne pričakujejo, da se da s preprostim topom res dosegati tolikšno ponovljivost strelov.

Eden izmed poskusov, ki smo jih sicer tudi do sedaj izvajali, je bil poskus »lovec in opica«. Tuljavo z jedrom, ki služi kot elektromagnet, smo imeli že pred nabavo topa. Morda prav zato nismo kupili mehanizma, ki ga je kot dodatno opremo k topu ponujal trgovec. Vsa leta smo si pomagali z aluminijasto folijo, s katero smo pred ustjem topa naredili del električnega tokokroga. Ko je kroglica odrinila ali pretrgala folijo, je bil prekinjen tokokrog in »opica« se je spustila, a to je ni rešilo pred bridko usodo. Nekako smo upali, da se bo nekoč že našel kdo, ki mu bo izdelava elektronskega stikala izziv in bo rešil nekoliko nerodno delo z aluminijasto folijo.

IZZIV JE SPREJET

Bralci že vedo, da na naši gimnaziji začnemo s poukom fizike šele v drugem letniku. Ko je torej kolega po mesecu dni opazil, da ima med drugošolci dijaka, ki naravnost išče izzive za svojo elektrotehniško ustvarjalnost, je končno prišel trenutek za posodobitev topa oziroma poskusa »lovec in opica«.

Pred dvajsetimi leti smo nakupili kar nekaj svetlobnih vrat. Zaradi vse pogostejše uporabe ultrazvočnega slednika pri analizi gibanja [4] so svetlobna vrata postala manj uporabljena. Sem ter tja se še najde poskus, kjer se dobro izkažejo. Prav posodobitev poskusa »lovec in opica« pa je ena svetlobna vrata spet vrnila v redno uporabo.

Dijaku smo pokazali, kaj naj bi bil namen mehanizma. Izročili smo mu svetlobna vrata in mu zaželeli vso srečo pri izdelavi mehanizma, za katerega sicer prodajalci učil pričakujejo kar nekaj denarja; maloserijski izdelki so vselej dragi. Naj v nadaljevanju dijak poroča o načrtu in izdelavi, morda se kdo odpravi po njegovih stopinjah.

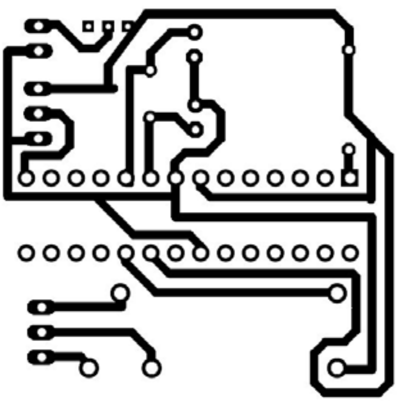
NAČRT IN IZDELAVA

»Torej, narediti je bilo treba vezje, ki bi ob izstrelitvi kroglice iz topa prekinilo tokokrog in izklopilo elektromagnet za približno eno sekundo. Če bi ga namreč le za nekaj tisočink sekunde, kolikor traja potovanje kroglice skozi svetlobna vrata, bi ponovni vklop elektromagneta spet pritegnil 'opico', ki v tako kratkem času ne bi padla niti za en milimeter. Profesor mi je izročil ena svetlobna vrata, ki imajo tri priključke, in sicer dva za napajanje (+,–) in enega za signal. Ko predmet potuje skozi svetlobna vrata, ta dajejo napetost na priključku za signal. Gre za enako veliko napetost, kot je napajalna napetost. To je zelo lepo vidno na osciloskopu, s katerim sem si tudi pomagal pri preizkušanju svetlobnih vrat. Tako je bilo treba le premisliti in poiskati elemente, s katerimi bi se ob zaznavi te napetosti vključil rele, ki bi nato prekinil tokokrog in izklopil elektromagnet, zaradi česar bi 'opica spustila vejo' in začela padati navzdol; no, ta opica je pri nas kar majhna kroglica.

Pomislil sem, da bi to nalogo opravil mikrokrmilnik. Že nekaj časa se namreč učim programirati razvojno platformo Arduino, ki je eden najbolj razširjenih izdelkov te vrste. Tako je bilo treba le sprogramirati mikrokrmilnik, da je, ko je zaznal signal iz svetlobnih vrat, vklopil rele, ki je bil priključen na drug izhod. Napisal sem le en if-stavek, kjer sem za pogoj navedel tok iz svetlobnih vrat, kot dejanje, ki ga naredi, če zazna ta tok, pa sem navedel vključitev releja na drugem izhodu za poljubno dolg časovni interval. V tem primeru sem interval nastavil na 1 sekundo, saj je to dovolj, da kroglica pade, ko se elektromagnet izklopi.

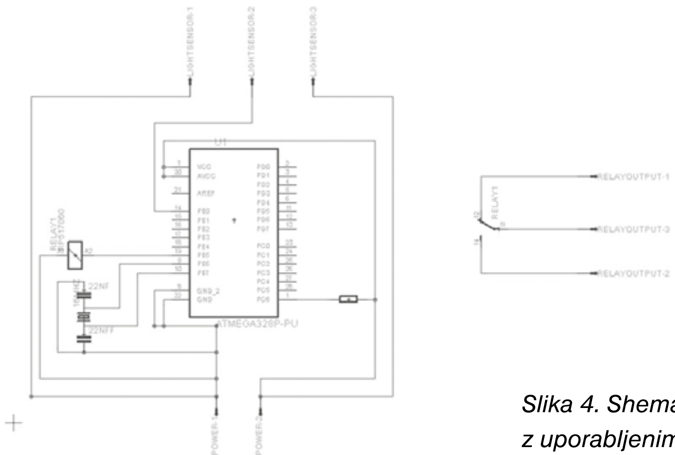
Slika 2. Program je zares kratek.

Nato sem na testni ploščici povezal vse elemente in sistem je deloval. Iz praktičnih in estetskih razlogov pa vsega skupaj nisem mogel pustiti v takšni obliki, zato sem v programu Eagle, ki je prosto dostopen in si ga lahko na računalnik naložimo s spleta, narisal shemo tiskanega vezja. V prosti verziji programa lahko rišemo vezja, ki so velikosti največ 100 x 80 mm, kar pa je za naše vezje več kot dovolj. Ko sem imel vezje narisano, sem ga z laserskim tiskalnikom natisnil na povoščen papir, kakršnega uporabljamo za tiskanje fotografij.



Slika 3. Shema tiskanega vezja, ki ustreza zahtevani napravi.

Sledilo je jedkanje, kjer sem najprej obrnil list tako, da je bil tisk v stiku z bakrom, s katerega sem prej z acetonom spral vse nečistoče, da se je črnilo lažje prijelo, nato pa sem z likalnikom segrel list in črnilo se je prijelo na baker. Potem sem zmešal klorovodikovo kislino (HCl), vodikov peroksid (H_2O_2) in vodo v razmerju 1:1:1. Ploščico sem pomočil v to zmes. Kjer je bilo na bakru črnilo, je baker pod črnilom obstal, kjer pa črnilo ni prekrivalo bakra, se je le-ta raztopil in nastale so povezave. Sledilo je vrtanje lukenj, da sem lahko elemente vstavil v vezje. Nato sem ves baker prekril s tanko plastjo spajke, da sem ga zavaroval pred oksidacijo.



Slika 4. Shema vezja z uporabljenimi elementi.

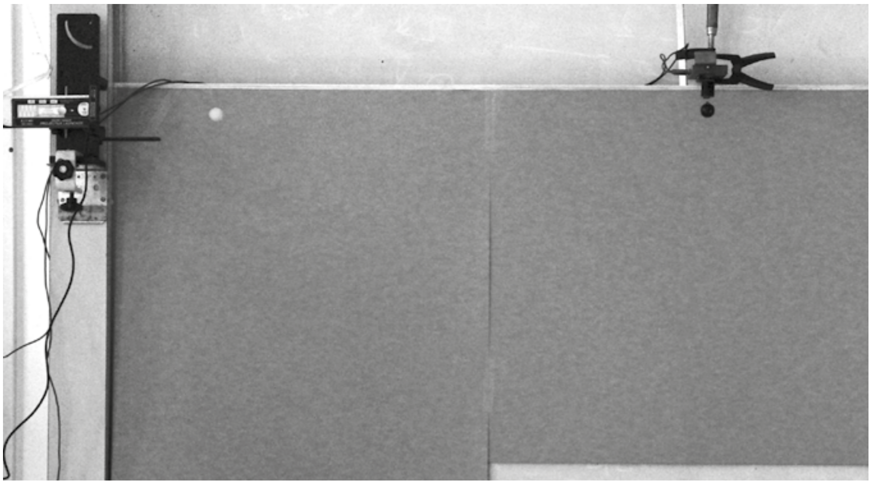
Nazadnje sem vse elemente vstavil v ploščico in jih zacinil. Priključil sem še vir napajanja, to so v tem primeru 3 baterije velikosti AA. Nato sem preveril delovanje in vse je bilo v redu. Svetlobna vrata zaznajo vsako prekinitev žarka svetlobe in rele se vklopi za 1 sekundo. Izdelek je bilo treba le še vgraditi v ohišje, pritrditi stikalo za vklop in izklop napajanja vezja in pritrditi izhodne kable za svetlobna vrata ter stikalo. Kabli za izklop elektromagneta so priključeni na tisti del releja, ki deluje kot stikalo. Povezani so bili tako, da je bil tokokrog ves čas sklenjen, ko pa je nekaj šlo skozi svetlobna vrata, se je tokokrog prekinil. Tako je bil projekt zaključen in napravo sem oddal profesorju. V učilnici sva nato preizkusila delovanje še na topu in sistem je odlično deloval – kroglica je uspešno zadela drugo kroglico ('opico'). Moja naloga je bila opravljena; s temi besedami pa zaključujem svoje poročilo.«

KRATKO POROČILO O NATANČNOSTI IZDELKA

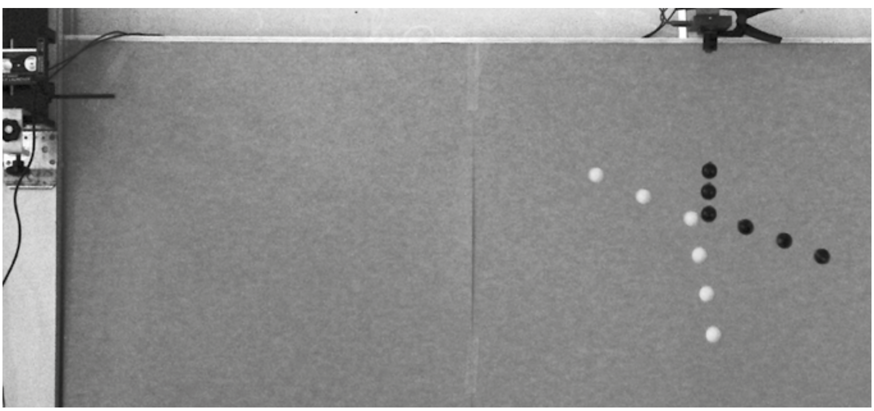
Praviloma je »opica« večja od izstrelka. Gre lahko za prazno konzervo sardin ali kaj podobnega. Toda to ni dovolj za nas, naj bo izziv še težji! Prav zato smo v eno plastično kroglico privili vijak. Tako smo poskrbeli, da jo bo magnet držal »pod vejo«, kjer bi sicer bila opica. Da bi bilo bolj vidno, katera kroglica je poletela iz topa in katera padla izpod veje, smo eno še pobarvali.

Seveda poskus poteka hitro. Zato smo ga posneli še s hitroslikovno kamero in hitroslikovnim fotoaparatom, ki ima večjo ločljivost kot kamera (a zato le 60 slik na sekundo), tako da lahko sliko precej povečamo. Slike so tudi osnova tokratne naslovnice.

Prav nič težav ni s poševnim strelom. Tudi v tem primeru je krogla usodna za padajočo opico. Razmislek je preprost: če ne bi bilo gravitacije, bi opico zadela pod vejo. Ker pa gravitacija je in ker sta bili obe telesi enako časa pod vplivom gravitacije, sta v navpični smeri navzdol pripotovali enako daleč glede na (namišljeni) primer z odsotnostjo gravitacije.



Slika 5. Rumena (leva) kroglica je poletela skozi svetlobna vrata, ki so pred ustjem topa. »Opica«, to je pravzaprav kar druga kroglica, ki smo jo pobarvali s črno in vanjo zavili vijak (plastika!), zato že pada navzdol. Razdalja med ustjem topa in opico je okoli 130 cm.



Slika 6. Več zaporednih slik smo združili, da se vidi, kako sta se kroglici gibali pred trkom in po njem. Zakaj po trku nista več na (skoraj) enaki višini, pač pa je rumena opazno bolj spodaj?

SKLEP

Priznati moramo, da nas je ustvarjalni dijak prijetno presenetil z natančno, domiselno in hitro izdelavo. Vsekakor mu bomo tudi na tej šoli nudili dovolj izzivov.

Največkrat se specifično nadarjeni ali k elektroniki usmerjeni dijaki izognejo klasični gimnaziji. To je po svoje škoda. Res je, da bodo na kaki drugi šoli dobili več predmetov, ki so povezani s samo elektroniko. A morda je prav širina, ki jo nudi klasična gimnazija, še večja vrednota kot (pre)zgodnja specializacija. Mogoče lahko prav taka gimnazija nudi tisto širino znanja, ki omogoči ob poznejši specializaciji široko razgledanost, ta pa prinaša nekonvencionalne rešitve, do katerih morda prezgodaj usmerjena oseba nima tako lahkega dostopa.

Vsekakor zasluži dijak za opravljeno delo pohvalo in nobenega dvoma ni, da imamo opravka z osebo, ki bo z ustvarjalnimi idejami znala prispevati kako inovacijo, zaradi katere bodo slovenski izdelki zdržali »mesarsko klanje (neusmiljene konkurence) mednarodnega tržišča«.

VIRI:

[1] T. Golež, *Vodoravni met med fiziko in matematiko*, Fizika v šoli, 2005, 13–20.

[2] T. Golež, *Vektorji zaživijo*, Matematika v šoli, 2011, 53–59.

[3] T. Golež, *Cooperation between mathematics and physics teaching – the case of horizontal launch,* Proceedings of the 2nd International Symposium on Mathematics and its Connections to the Arts and Sciences (MACAS2), Odense / edited by Bharath Sriraman ... [et al.], 2008, 293–298.

[4] S. Kocijančič in T. Golež, *Eksperimenti z ultrazvočnim slednikom*, Fizika v šoli, 2000, 29–34.

MERJENJE RAZDALJE

Iztok Kukman

Škofijska klasična gimnazija, Ljubljana

Povzetek *– Opisani sta dve preprosti eksperimentalni vaji za določanje razdalje. Vaji sta namenjeni tako motivaciji kot tudi uvajanju dijakov v praktično ravnanje z merskimi napakami.*

Abstract *– Two simple physical experiments for distance measurement are presented. They can serve as motivation tool for students with practical training on statistical errors management.*

UVOD

Prve ure fizike v srednji šoli so običajno namenjene seznanjanju dijakov s temeljnimi načeli in postopki naravoslovja in med temi je na prvem mestu merjenje. Govorimo o tem, da ima vsaka meritev omejeno natančnost, da je ta natančnost odvisna od uporabljenih pripomočkov in od usposobljenosti uporabnika. Pri meritvah pride do naključnih napak, ki se jim ni mogoče izogniti, in do sistematičnih napak, ki so posledica napačnega merjenja. Dijake učimo, kako zapisati rezultat meritve z absolutno in z relativno napako in kako s takšnimi rezultati računati. Za dosledno obravnavo te teme so potrebne vsaj štiri šolske ure, žal pa se na mnogih šolah pri tem pretirava in dijaki se tudi dva meseca ali več ukvarjajo samo z merjenjem in merskimi napakami, kar gotovo slabo vpliva na njihovo motivacijo za delo in na zanimanje za fiziko. V nadaljevanju želim prikazati, kako je mogoče obravnavano tematiko skrčiti in jo narediti zanimivo za dijake.

TEORIJA

Pri obravnavi katerekoli teme na srednješolskem nivoju iščemo kompromis med doslednostjo obravnave, ki je močno omejena z matematičnim predznanjem srednješolcev na eni strani in na drugi s časom, ki ga imamo na razpolago, ter med sposobnostjo dojemanja dijakov in njihovo motivacijo za učenje. Glede na to, da se dijaki, ki jih zanima študij naravoslovja, lahko kasneje odločijo za maturo iz fizike, je bolje, da pri uvodnih urah iz poglavja merjenje žrtvujemo nekaj doslednosti na račun kratke in zanimive predstavitve.

Naključno napako pri merjenju lahko demonstriramo z merjenjem razdalje z ultrazvočnim slednikom. Slednik obrnemo navzgor in izvedemo npr. dvajset zaporednih meritev razdalje s časovnim zamikom pol ali ene sekunde tako, da lahko dijaki sproti spremljajo izid posamezne meritve. Tako dobimo:

$$h = (3{,}355 \pm 0{,}005)\mathrm{m}$$

Absolutna napaka je vedno okrog 5 mm, ne glede na merjeno razdaljo, saj je valovna dolžina ultrazvoka, s katerim merimo, približno 8 mm. Tako s poskusom dokažemo, da se naključnost rezultata meritve skriva v merilni tehniki in ni odvisna od izvajalca meritve. Dijaki seveda želijo izvedeti, kolikšna je »prava« višina, in težko sprejmejo dejstvo, da je takšno vprašanje nesmiselno. Problem lahko osvetlimo z mikroskopskega vidika. Vzemimo, da želimo s tračnim metrom izmeriti dolžino šolske mize. Predstavljajmo si, da vidimo atome in molekule na robovih mize in metra, kako termično nihajo in se s tem tako dolžina mize kot samega merila ves čas spreminja. Ima torej smisel govoriti o natančni dolžini? Število dijakov v razredu je točno 32 in ne npr. 32,00 ± 0,25. Neskončna natančnost kakšne količine v fiziki je lahko le posledica definicije, kot je na primer natančna vrednost indukcijske konstante posledica definicije ampera.

Pri definiciji absolutne napake na začetnem nivoju zadostuje, da jo vpeljemo kot največje absolutno odstopanje od povprečja, saj je pri šolskih meritvah število ponavljanj majhno in se ni potrebno zatekati v statistiko. Pomembno je, da znajo dijaki absolutno napako tudi oceniti glede na uporabljeno mersko napravo. Tako pri merjenju s tračnim metrom ali geo-trikotnikom ocenimo napako z 0,5 mm, pri ročnem merjenju časa z 0,1 s, pri digitalni tehtnici, ki ima neobremenjena zapis 000,0 g, na desetinko grama in podobno.

Pri računanju z napakami je na začetnem nivoju povsem odveč govoriti o pravilih pri različnih računskih operacijah, to temo je bolje prepustiti pripravam na maturo. Dijaki se hitro naučijo preproste metode, po kateri izračunajo najprej povprečje, nato najmanjšo in največjo vrednost in iz teh vrednosti ocenijo absolutno napako rezultata. Pri vseh računih se morajo predvsem zavedati, da je zapis merskega rezultata z absolutno in relativno napako z matematičnega vidika interval in je zato tudi rezultat izračuna interval. Največ pa se dijaki naučijo pri samostojnem delu, ko sami izvedejo meritev in zapišejo rezultat na oba načina, tako z absolutno kot z relativno napako. Dodatno motivacijo za delo lahko dosežemo s tem, da dijaki meritev izvedejo med šolsko uro, po možnosti na prostem pred šolo. V nadaljevanju sta opisani dve meritvi, ki ju dijaki Škofijske klasične gimnazije pri pouku fizike izvedejo v začetku šolskega leta. Obe vaji skupaj, vključno s kratko teoretično predstavitvijo, meritvijo in izračunom vred, ne vzameta več kot eno šolsko uro.

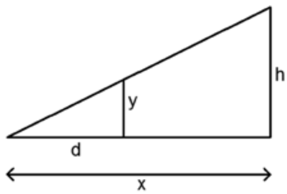
MERJENJE RAZDALJE S KORAKI

Pri obeh vajah merimo isto razdaljo x, recimo dolžino šolske stavbe. Na tak način lahko primerjamo tako izmerjeno vrednost kot tudi napako glede na način merjenja. V navodilu najprej definiramo dvo-korak kot dolžino dveh korakov. Dijaki ob na tla položenem tračnem metru z dolžino 10 m izmerijo dolžino svojih petih dvo-korakov in izkaže se, da je dolžina dvo-koraka pri normalni, srednje hitri hoji po vrednosti zelo blizu višini človeka. Pri večini dijakov je odstopanje manjše od 5 %. Dijaki nato trikrat prehodijo razdaljo x, pri čemer merijo z natančnostjo četrtine dvo-koraka, in iz teh treh meritev določijo povprečno vrednost ter absolutno napako meritve. Pri zapisu rezultata se pojavljajo napake, ki jih naslednjo uro skupaj analizico. Dijaki nato doma dokončajo vajo. Primer nekorektno zapisane meritve:

$$x = 50{,}8 \pm 1\ \text{m} \qquad \text{prav:} \qquad x = (51 \pm 1)\text{m} \qquad (1)$$

MERJENJE RAZDALJE Z VIZIRANJEM

Na eno stran stranice šole x postavimo leseno palico z višino $h = (266 \pm 1)$ cm; dijak stoji na drugi strani z geo-trikotnikom v iztegnjeni roki in na merilu z viziranjem določi y tako, da y optično pokrije leseno palico. Sošolec mu pomaga izmeriti razdaljo d med njegovim očesom in geo-trikotnikom v iztegnjeni roki. V navodilih dijaki dobijo skico meritve:



Po pravilu podobnih trikotnikov dijaki nato določijo razdaljo $x = \frac{hd}{y}$. Pri meritvi ocenijo absolutno napako y na geo-trikotniku na 0,5 mm in absolutno napako d za dolžino roke 1 cm. Absolutno napako meritve nato ocenijo po metodi največjega in najmanjšega rezultata. To, da je potrebno za zgornjo mejo intervala x vzeti spodnjo mejo intervala y, povprečnemu dijaku ne povzroča težav. Rezultati se pri večini dijakov presenetljivo dobro ujemajo z rezultati meritve s štetjem korakov. Dijak, ki je izmeril (1), je dobil pri tej meritvi

$$x = (53 \pm 2)\text{m} \qquad (2)$$

ANALIZA MERITVE

Obe meritvi skupaj trajata približno 20 minut, tako da imajo dijaki dovolj časa, da še v isti uri dokončajo vajo in zapišejo razdaljo z absolutno in relativno napako. Dijaki naslednjo uro dobijo popravljena poročila vaj in nato vajo skupaj analiziramo. Mnogim se zdita rezultata (1) in (2) povsem različna in ne uvidijo takoj, da gre v resnici za zelo dobro ujemanje. Pri primerjavi obeh meritev ugotovimo, da je v večini primerov napaka pri viziranju večja kot pri štetju korakov. Vzrok je morda v tem, da so ocenjene napake za d in y prevelike, ali pa je ponovljivost pri štetju korakov velika in s tem napaka manjša. Zanimivo je analizirati primere velikih odstopanj med obema meritvama, saj so v tem primeru prisotne sistematske napake. Tako je na primer d izmerjena dolžina iztegnjene roke, med samim merjenjem pa dijak včasih roko skrči. Drugi primer sistematske napake je pri štetju korakov. Sam dvo-korak je običajno dobro izmerjen, saj se mora ujemati z višino. Pri sprehodu po stranici x in štetju korakov pa dijakinje pogosto hodijo skupaj ali ena za drugo in tako visokorasle kot nizke naštejejo enako število korakov. To se seveda pozna pri rezultatih. Najbolje je, da učitelj merjenje samo opazuje in pusti dijakom proste roke, po meritvi pa takšne primere skupaj analizirajo in skušajo pojasniti, zakaj so nekatere vrednosti prevelike in druge premajhne.

ZAKLJUČEK

Z izvedbo obeh opisanih vaj dijaki v zelo kratkem času spoznajo osnovne postopke pri ravnanju z merskimi napakami. Naučijo se zapisati rezultat meritve z absolutno in relativno napako, naučijo se določiti absolutno napako s ponavljanjem meritev in z oceno napake glede na natančnost merila, naučijo se računati z napakami in v živo spoznajo sistematske napake. Pri merjenju so na prostem, in ne nazadnje, za samo merjenje se sprehodijo vsaj 150 metrov. Dovolj razlogov, da vaji vsako leto ponovimo.

LITERATURA:

[1] Iztok Kukman, *Laboratorijske vaje za 1. letnik*, interno gradivo.

PRVI TEST ZA MATURANTE

Tine Golež

Škofijska klasična gimnazija, Ljubljana

Škofijska klasična gimnazija je nekaj posebnega med klasičnimi šolami. Najbrž jih ni veliko na tem svetu, na katerih bi se največ dijakov odločilo za fiziko kot izbirni predmet na koncu šolanja. Optimistično bi dejali, da je pri nas pouk fizike zelo kvaliteten, pesimistično dodali, da je morda matura iz fizike iz leta v leto manj zahtevna. Realistično je verjetno dejstvo, da imamo pač pri nas malo zasebnih/katoliških šol; prav zato k nam pridejo predvsem tisti, ki iščejo tâko šolo, in manj tisti, ki si želijo predvsem klasično izobrazbo. To je gotovo najpomembnejši vzrok za množično izbiro fizike; imamo pač precej dijakov, ki si v bistvu želijo naravoslovno šolo zasebno-katoliškega statusa, a take v Ljubljani ni. No, na neki način je prisotna zaradi kvalitetnega pouka naravoslovja kar pri nas.

V moji skupini maturantov je letos 18 dijakov. Poglavje Merjenje prihranim za pozneje, ko se lotimo eksperimentalnega dela mature. Tako septembra ponovimo kinematiko, sile (brez 2. Newtonovega zakona) in navore. To je tudi vsebina prvega testa.

Vsi testi trajajo 95 minut, saj se morajo dijaki navaditi na daljša pisanja. V prvem delu so vprašanja izbirnega tipa; največkrat jih je 18 ali 20. Test se nadaljuje z dvema ali tremi strukturiranimi nalogami.

Pri vprašanjih izbirnega tipa si včasih pomagam z maturami, ki so objavljene na spletnih straneh izpitnega centra. Še raje pa kar sam vse sestavim. Seveda tak test ni preizkušen; nekatere naloge so težke, zato bi bilo nesmiselno imeti kriterij 90 % za petico … V resnici kriterija na test sploh ne napišem, pač pa v nasprotju s pravili šele po pisanju določim kriterij. Očitkov do sedaj še ni bilo. V primeru pritožb bi seveda zmagal birokrat; dobro ujemanje zaključne ocene in ocene na maturi, kar je za presojo po zdravi pameti bistvena stvar, bi bilo seveda (žal) manj vredno od birokratove trditve, da nisem zadostil »formi«. Vsebina je postranska zadeva v svetu paragrafov.

Test natisnem kot snopič, saj fotokopirni stroj spne in prepogne liste A3. A za to mora biti število strani večkratnik števila 4. Da ne bi bilo preveč praznih strani, včasih dve strani zasedajo kar maturitetne enačbe. Pa si oglejmo letošnji prvi test. (Zaradi varčevanja s prostorom prve strani in strani z enačbami ne bomo objavili.) Trije dijaki so bili odsotni. Dve dijakinji imata fiziko kot šesti predmet in sta v tem času pisali maturitetni test pri nemščini. Ta opomba prežene misel, da se dijaki izogibajo pisanju testov.

1. Enota »palec« (inch) je 2,54 cm. Koliko kvadratnih palcev je en kvadratni meter?

a) 1550 b) 15500

c) 645 d) 6452

2. Poraba spodobnega evropskega avtomobila je 7 litrov na 100 km. Kako daleč (v miljah, 1 milja je 1,609 km) lahko pripelje z eno galono (3785 cm^3) goriva?

a) 23,6 milj b) 33,6 milj

c) 43,6 milj d) 46,3 milj

3. Hitrost 1 km/h je v m/s:

a) 3,6 m/s b) 36 m/s

c) 0,28 m/s d) 28 m/s

4. Vodoravni met je:

a) ravninsko gibanje z enakomernim naraščanjem velikosti trenutne hitrosti;

b) premo gibanje s pospeškom, ki se mu spreminja smer;

c) krivo gibanje s pospeškom, ki se mu spreminja smer;

d) neenakomerno gibanje.

5. Sprememba lege ima vselej enako smer kot:

a) hitrost b) sprememba hitrosti

c) pospešek d) v a, b ali c ni pravilnega odgovora

6. Avto (v = 130 km/h) bi do Sonca (150 000 000 km) vozil:

a) 13 mesecev b) 1,3 leta

c) 13 let d) 130 let

7. Polmer Zemlje je 6400 km. Kolikšna je obodna hitrost točk na ekvatorju?

a) 74 km/h b) 74 m/s

c) 465 km/h d) 465 m/s

8. Kaj NI res, ko govorimo o enakomernem kroženju?

a) Centripetalni pospešek je vektor.

b) Enakomerno kroženje je pospešeno gibanje.

c) Obodna hitrost je enaka polmeru, ki ga pomnožimo s 6,28 in delimo z obhodnim časom.

d) Frekvenca je obratno sorazmerna z obhodnim časom.

9. Grafa $s(t)$ in $x(t)$ sta enaka, če:

a) se telo giblje premo in s konstantno hitrostjo;

b) se telo giblje premo in štarta pri koordinati 0;

c) se telo giblje premo in le naprej, štarta pa pri koordinati 0;

d) se telo giblje premo in enakomerno in štarta pri koordinati 0.

10. Najboljši približek za tvojo težo je:

a) 70 N
b) 700 N
c) 7000 N
d) 70000 N

11. Vsota dveh sil (5 N in 8 N) ne more biti:

a) 12 N
b) 13 N
c) 4 N
d) 2 N

12. Enota 1 N je:

a) $kgms^{2}$
b) $kgms^{-2}$
c) $kgm^{-1}s^{2}$
d) $kgm^{-1}s^{-2}$

13. Hojo omogoča:

a) predvsem sila lepenja

b) predvsem sila trenja

c) predvsem sila upora zraka

d) nič od naštetega v a), b) ali c)

14. Parket naših učilnic ni zdržal tlaka, ki so ga povzročale petke čeveljcev nekaterih naših profesoric; deformiral se je in tak tudi ostal. Nekatere petke so imele stično ploskev s tlemi veliko le 0,8 cm^2. Kolikšen največji tlak so povzročale kolegice?

a) 8 000 Pa	b) 80 000 Pa

c) 800 000 Pa	d) 8 000 000 Pa

15. V fiziki govorimo o notranjih in zunanjih silah. Zunanje sile so sile, s katerimi okolica deluje na opazovani sistem. Notranje sile so sile, s katerimi:

a) sistem deluje na okolico;

b) težišče sistema deluje na okolico;

c) okolica deluje na težišče sistema;

d) nič od naštetega v a), b) ali c).

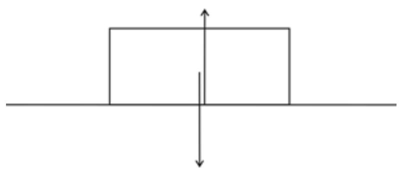
16. Opazovano telo je klada. Skica klade in dveh sil spada k besedilu za:

a) prvi Newtonov zakon

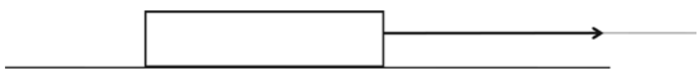
b) drugi Newtonov zakon

c) tretji Newtonov zakon

d) nobenega od naštetih



17. Klada s težo F_g je na tleh. Vlečemo jo (F), tako da se giblje, morda s konstantno hitrostjo, morda s spremenljivo. Sila trenja je v tem primeru:



a) $k_t F_g$

b) $k_t F_g - F$

c) $k_t F_g + F$

d) ni dovolj podatkov v navodilu

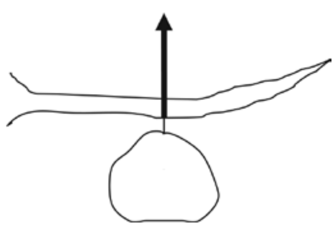
18. Smo na planetu Zemlja. Opazovano telo je kutina na drevesu. S kolikšno silo glede na narisano silo, ki je obrnjena navzgor, deluje pecelj na kutino?

a) enako

b) večjo

c) manjšo

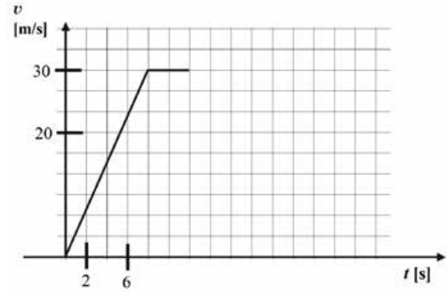
d) premalo podatkov za rešitev



1. Avto vozi po ravni cesti. Opazujemo del njegove vožnje med točkama A in B. Ta del vožnje kaže graf $v(t)$. V točki B se je avto ustavil.

   a) Ali je gibanje avta premo? Utemelji. (1 točka)

   b) Izračunaj pospešek ob $t = 3{,}0\ \mathrm{s}$. (1 točka)



   c) Kolikšen je pojemek od $t = 12\ \mathrm{s}$ do $t = 29\ \mathrm{s}$, ko se je hitrost enakomerno zmanjšala na 0? Tedaj je prispel do točke B. Pomagaj si z grafom. (1 točka)

   d) Kolikšna je razdalja med A in B? (1 točka)

   e) Kolikšna je povprečna hitrost avta pri vožnji med A in B? (1 točka)

   f) Za koliko odstotkov bi bil čas vožnje krajši, če bi ves čas vozil s hitrostjo $30\ \mathrm{m/s}$? (1 točka)

   Polmer gume je 32 cm, vrh ventilčka pa je 12 cm oddaljen od roba gume. Privzemimo, kot da se guma prav nič ne deformira, da je idealno okrogla.

   g) Koliko obratov doživi na poti od A do B ventilček? (2 točki)

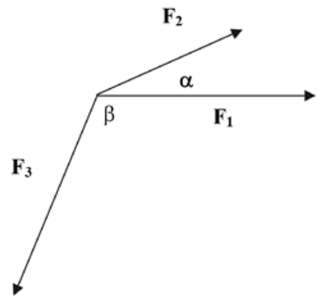
   h) Kolikšna je največja hitrost v vodoravni smeri, ki jo doseže vrh ventilčka? (2 točki)

2. Računsko ugotovi, kolikšna sila bi morala biti dodana tem trem silam, da bi bila rezultanta vseh skupaj dolga 2,5 N in obrnjena navpično navzgor (proti zgornji stranici lista). Sila $\boldsymbol{F}_1$ je obrnjena v vodoravni smeri v desno. Vse skupaj je le skica, zato upoštevaj zapisane podatke, ne pa dolžin narisanih sil. (Namesto oznak s puščico za vektor je na skici uporabljen odebeljeni tisk.)

   a) Izračunaj velikost iskane sile. (3 točke)

   $F_1 = 4{,}8\ \mathrm{N}$
   $F_2 = 3{,}6\ \mathrm{N}$
   $F_3 = 7{,}8\ \mathrm{N}$
   $\alpha = 28^0$
   $\beta = 114^0$

   $\alpha = (F_1, F_2)$
   $\beta = (F_1, F_3)$



   b) Izračunaj smer iskane sile. (2 točki)

3. Drog je dolg 125 cm. Na vodoravno in nepremično okroglo palico je nataknjen tako, da je geometrijska os palice 5,0 cm oddaljena od krajišča droga. Drog na desni držimo, potem pa spustimo. Ker je navor sile teže droga v tem trenutku kar 170 % največjega navora, ki ga povzroča palica, se začne sukati navzdol. Masa droga je 870 g.

   a) Kolikšen je največji navor, ki ga povzroča palica? (3 točke)

O

   b) Navor palice ustavi vrtenje droga. Izračunaj končni nagib droga. Tedaj je navor palice točno tak, kot je bil v trenutku, ko smo drog spustili. (2 točki)

REŠITVE:

Naloge izbirnega tipa:

1. a, 2. b, 3. c, 4. d, 5. a, 6. d, 7. d, 8. c, 9. c, 10. b, 11. d, 12, b, 13. a, 14. d, 15. d, 16. a, 17. a, 18. c.

Strukturirane naloge:

1. a) Da, saj se avto giblje po ravni cesti; b) a = 3,75 m/s^2; c) a = -1,76 m/s^2; d) s = 495 m; e) v = 17,1 m/s; f) za 43 %, g) 246 obrata; h) 49 m/s;

Seveda sem upošteval tudi nekoliko drugače zaokrožene vrednosti. Sam največkrat tedaj, ko se rezultat začne z 1, pišem eno številsko mesto več od sicer podanih številskih mest v nalogi. Včasih je tudi nerodno zaokrožiti števko 5, ki je na koncu, če ji sicer sledijo same ničle; prav zato jo rad kar pustim.

2. a) F = 9,3 N; F (-4,8 N; 7,9 N). b) Smer je 31^0 od navpičnice proti levi.

3) a) M_p = 2,9 m·N. b) Palica obmiruje, ko ji do navpične lega manjka še 36^0.

Komentar

Prva težavna naloga je bilo četrto izbirno vprašanje. Dijaki so se množično odločili za odgovor a). Velikost trenutne hitrosti enakomerno narašča pri prostem padu. V šoli smo narisali graf, kako se trenutna hitrost telesa, ki smo ga vrgli v vodoravni smeri, spreminja. Približuje se premici $v = gt$. V enakih časih hitrost ne naraste za enake vrednosti.

Peto vprašanje je pravilno rešila polovica dijakov, kar je bistveno več kot četrto. Pri pouku smo zelo poudarjali, da imata sprememba hitrosti in pospešek isto smer. Morda so zato preveč avtomatsko obkroževali odgovor b).

Osmo vprašanje jih je precej zmedlo in so pri odgovorih morda ugibali. Gre za obratni razmislek, kot je na primer vprašanje 3. Tam je pravi odgovor 0,2777777 ... in se zato predlagani odgovor pravemu približa na 0,8 %. Pri osmem vprašanju moramo pogledati, kateri odgovor se najbolj RAZLIKUJE od pravega. Trije so pravemu povsem enaki, odgovor c) pa se od pravega razlikuje za pet desetink promila; izmed vseh je najbolj napačen, zato ga izberemo, kot smo prej izbrali tistega, ki je bil izmed vseh najmanj napačen.

Pri vprašanjih 11, 13 in 14 je bila malo več kot polovica pravih odgovorov.

Zelo me je presenetil slab uspeh pri vprašanju številka 16, saj je bila le peščica pravilnih odgovorov. Morda zato, ker sem pri poskusnem testu dal skoraj enako nalogo. Vsekakor bomo morali o risanju sil še spregovoriti pri pouku.

Pri vprašanju številka 18 je bil marsikdo v dvomu: največkrat maso vrvice (mar ni pecelj tudi neka vrsta vrvice) zanemarimo. Prav zato so tehtali med odgovoroma a) in d). Ključna stvar za odločitev pa bi morala biti, katero trditev se bo dalo bolj uspešno zagovarjati. Če bo učitelj trdil, da ima pecelj zanemarljivo maso, mu ga bomo prinesli in dokazali, da ima maso. Bolj pravilen je torej odgovor c), zato se moramo odločiti zanj ter takemu učitelju dokazati, da se je zmotil, saj ni izbral najbolj pravilne možnosti kot pravilnega odgovora. Odgovor a) bo pri zagovoru vsekakor podlegel argumentom, ki jih lahko povemo ob odgovoru c).

Tisti štirje dijaki (morda so med njimi tudi dekleta, izraz dijak velja za oba spola), ki so se uvrstili na prva štiri mesta, so že pri teh vprašanjih pokazali dobro znanje, saj so vsi dosegli 15 točk ali več. Med ostalimi dijaki je le eden zbral 14 točk, ostali pa vsi manj (govorimo seveda o nalogah izbirnega tipa), tako da je že ta del testa zaznal izstopajoče dijake.

Strukturirane naloge

1. NALOGA

Večina dijakov je smiselno utemeljila odgovor na vprašanje a) tako, da se je sklicevala na navodilo, ki pravi, da avto vozi po ravni cesti. Za pravega sem upošteval tudi odgovor: *Ne vemo, ker se tu vidi samo njegova sprememba hitrosti, ne pa sprememba lege. Vemo, da se je gibal proti točki B, ne pa, če se je premo*. V resnici stavek iz navodila A*vto vozi po ravni cesti* ne zagotavlja, da **ves čas** vozi po ravni cesti … čeprav je bilo mišljeno, da vozi ves čas.

Vsekakor pa so tudi odgovori, ki so napačni:

Seveda je! O premem gibanju govorimo, kadar tir gibanja avta pospravimo v koordinatni sistem. (x, y os)

To nikakor ni utemeljitev. V tak koordinatni sistem pospravimo mnoga kriva gibanja. Morda je dijak zamešal s tem: kadar tir gibanja pospravimo (brez upogibanja) na ravnino x, y, gre za ravninsko gibanje.

Ne. Avto vozi nekaj časa pospešeno, nato enakomerno, kasneje zavira.

Ne, ker prvih 8 s pospešuje, nato pa vozi s konstantno hitrostjo.

Da, saj je graf $v(t)$ premica.

Ne, zato ker vidimo, da je pospeševal. Premo → brez pospeška.

Trije odgovori kažejo, da imajo dijaki zelo ukoreninjeno besedno zvezo premo in enakomerno. Pa vendar posebej poudarimo, da izraz premo še nič ne pove o velikosti ali spreminjanju velikosti hitrosti. Tudi odgovor *Da, saj je graf premica*, ne kaže pravega razumevanja kinematike.

Zanimivi sta še vprašanji g) in h). Pri g) je kar nekaj dijakov razmišljalo in računalo z drugačnim polmerom, kot je polmer gume. Podatka o legi vrha ventilčka tu še ni bilo treba uporabiti. Dijaki so preveč navajeni, da morajo prav vse podatke uporabiti. Odvečni podatek jim predstavlja »zavaravanje neprijatelja«, kot se je v JLA reklo nepotrebni ali napačni informaciji, ki naj zmede nasprotnika. Ta podatek je bil namenjen za naslednje vprašanje, a je vseeno prav, da se je pojavil že tu.

Pri h) je bilo največ napak z računanjem frekvence. Velika večina dijakov je uporabila podatek, da je čas vožnje 29 sekund. Tu bi morali v resnici upoštevati čas iz vprašanja f) in število obratov iz vprašanja g). Seveda bi upošteval, če bi s hitrostjo, ki so jo izračunali z napačno frekvenco, v nadaljevanju prav računali. Tam bi namreč morali upoštevati, da se avto premika naprej in je torej največja hitrost vrha ventilčka vsota največje hitrosti avta IN obodne hitrosti ventilčka. Tega ni nihče prav izračunal, a naloga res ne presega srednješolske fizike; morda bi jim pomagala skica.

2. NALOGA

Ko so sile razstavili na komponente, so pri sili F_3 spregledali, da je obrnjena navzdol, kar je ob običajni izbiri koordinatnega sistema pomenilo, da mora imeti minus. Nekateri so tudi spregledali, da tokrat ni vsota enaka nič, pač pa je obrnjena navzgor. Seveda je dijak, ki je nalogo b) reševal pravilno s sicer napačnimi podatki, dobil obe točki.

3. NALOGA

Tudi ta je bolj malo strukturirana. Pravzaprav s prejšnjo nalogo nista ravno zgled maturitetne naloge. A v mehaniki je do obravnave navorov bolj malo možnosti za zelo strukturirano nalogo; do tega pridemo z vključitvijo gibalne količine, energije, moči …

Nalogo so reševali še kar dobro, nekaj jih je spregledalo dolžino ročice. Tudi pri vprašanju b) so nekateri trdili, da so izračunali kot glede na navpičnico, pa so tistega, ki se nanaša na vodoravnico (ali obratno).

Histogram in kriterij

Tokrat sem sicer dal le štiri petice, a sem zagotovil dijakom, da obstaja zelo velika verjetnost, da bodo vsaj še štirje dijaki, ki so sedaj pisali štiri, imeli na koncu petico. Seveda ni izključeno, da bi še iz trenutne trojke kdo prišel do petice. Vsekakor je potrebno dijakom povedati, da bo priložnosti za dobre ocene še dovolj. Z nekaj truda bo vsak lahko na maturi dobil tisto oceno, o kateri razmišlja v svojih najbolj optimističnih premišljevanjih. Vsaj tako skoraj stoodstotno kažejo dosedanje izkušnje …

Točkovnik: 30–38 odl., 24–29 pd., 20–23 db. En dijak je pisal 11 točk (nd.).

5	38	33 **	4	29	3	23 *	1	11
	37	32 **		28 *		22 **		
	36	31		27 *		21 *		
	35	30		26 **		20		
	34			25 *				
				24 *				

SPLOŠNA MATURA IZ FIZIKE 2014
Poročilo DPK SM za fiziko

Peter Gabrovec[1]

Gimnazija Bežigrad, Ljubljana

1 SPLOŠNI PODATKI

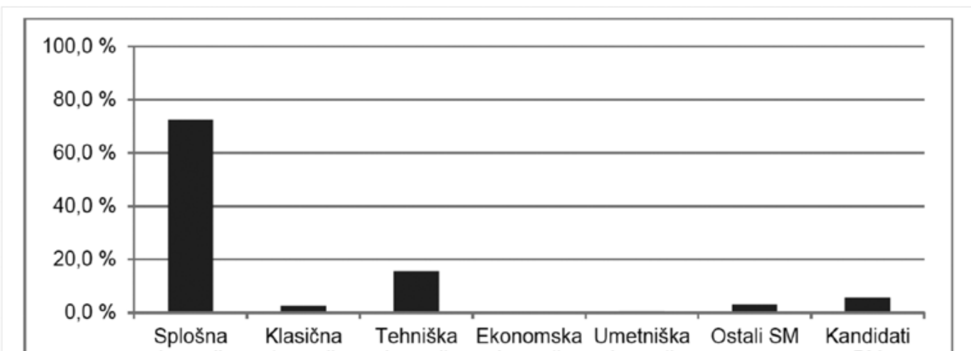
1.1 ŠTEVILO KANDIDATOV PO IZOBRAŽEVALNEM PROGRAMU IN STATUSU

Pisni izpit splošne mature iz fizike je v šolskem letu 2013/14 potekal v spomladanskem roku 4. junija 2014, zunanji ocenjevalci so izdelke kandidatov ocenili v soboto, 14. junija 2014.

V junijskem roku je izpit splošne mature iz fizike opravljalo 1495 kandidatov. Struktura kandidatov glede na izobraževalni program je podobna kot prejšnja leta.

Preglednica 1: Število kandidatov na spomladanskem roku splošne mature iz fizike 2014

Skupina kandidatov	Referenčna skupina – dijaki, ki opravljajo maturo prvič			Poklicna matura	vsi ostali (popravni, ponovno celotno ...)
	Skupaj gimnazije	Splošne gimnazije	Strokovne gimnazije		
Št. kandidatov	1.364	1.123	241	84	47



Slika 1: Podrobnejša struktura kandidatov pri izpitu SM iz fizike 2014

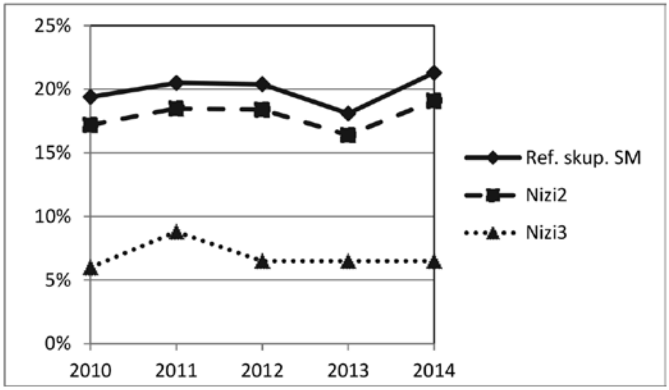
Število kandidatov, ki so izbrali na maturi fiziko, se je letos precej povečalo. S tem se je prekinil trend upadanja kandidatov iz zadnjih let. Letošnje povečanje števila kandidatov pri maturi iz fizike še posebej izstopa ob dejstvu, da se je število vseh kandidatov splošne mature zmanjšalo.

1 Peter Gabrovec je glavni ocenjevalec Državne komisije za splošno maturo (DPK SM) za fiziko

Preglednica 2: Število kandidatov na maturi iz fizike v obdobju 2010 do 2014.

Leto	Število kandidatov
2010	1611
2011	1685
2012	1531
2013	1374
2014	1495

Vir: Državni izpitni center, 2014

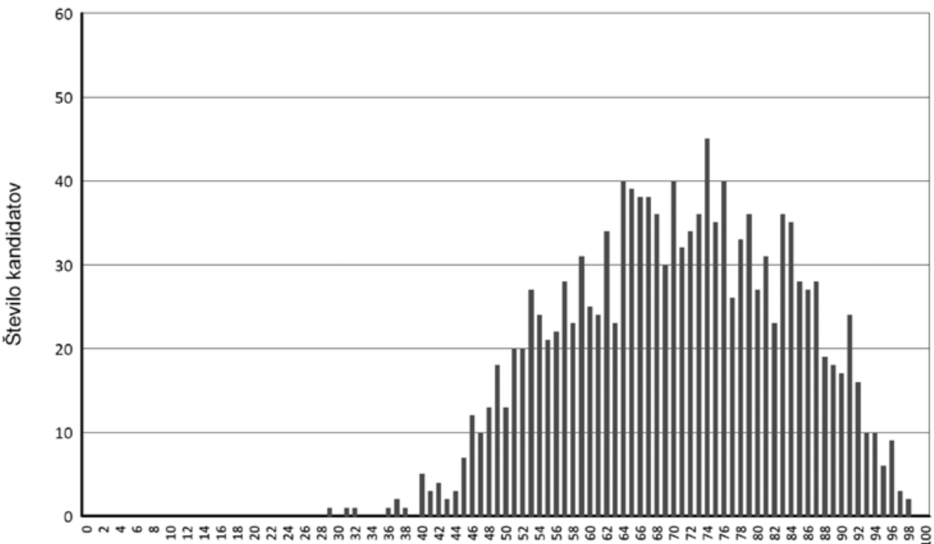


Slika 2: Delež kandidatov SM, ki so opravljali maturo iz fizike v obdobju 2010 do 2014.

2 ANALIZA DOSEŽKOV KANDIDATOV

2.1 PORAZDELITEV DOSEŽKOV KANDIDATOV PO ODSTOTNIH TOČKAH

Analiza dosežkov kandidatov je opravljena za referenčno skupino kandidatov. To skupino predstavljajo redni dijaki, ki prvič v celoti opravljajo splošno maturo (brez kandidatov z maturitetnim tečajem, 21-letnikov, odraslih in poklicnih maturantov). Referenčna skupina zajema 91,2 % kandidatov, ki so v junijskem roku 2014 opravljali izpit splošne mature iz fizike.



Slika 3: Porazdelitev kandidatov referenčne skupine po doseženih točkah.

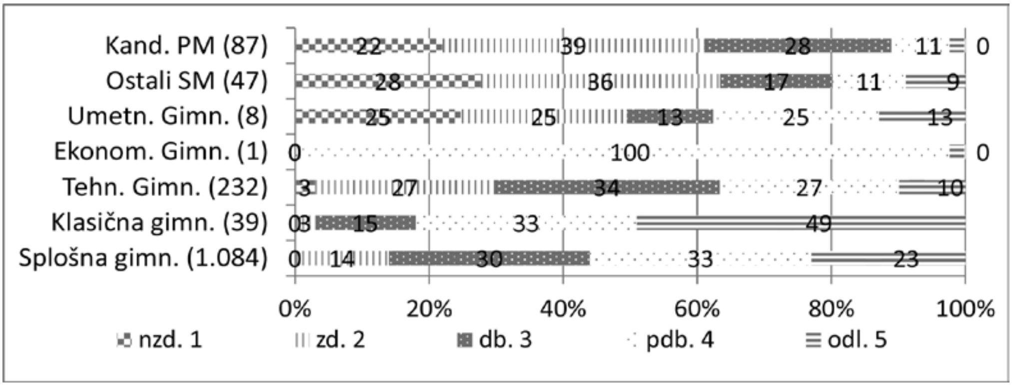
2.2 MEJE ZA IZPITNE OCENE

Meje za izpitne ocene določi komisija na osnovi dosežkov kandidatov referenčne skupine. Letošnje mejne točke in primerjavo s preteklimi leti kaže spodnja preglednica. Glede na lansko leto je bila drugačna le meja za oceno 5, in sicer je bila za točko nižja.

Preglednica 3 : Meje med ocenami za zadnjih pet let.

Ocene	5	4	3	2
2014	83	70	57	45
2013	84	70	57	45
2012	84	71	59	46
2011	84	71	58	45
2010	82	68	56	43

Razporeditev kandidatov po ocenah je v številčnejših skupinah kandidatov podobna preteklim letom. Glede na lanski uspeh lahko v teh skupinah opazimo rahel padec ocen v tehniških gimnazijah in nekoliko boljši uspeh kandidatov poklicne mature.



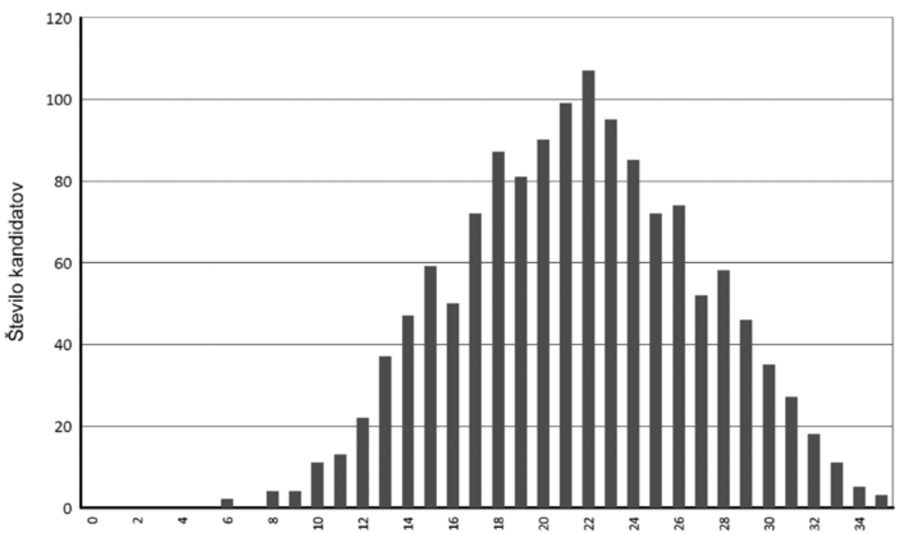
Slika 4: Relativna frekvenčna porazdelitev kandidatov po ocenah za vse kandidate na letošnji maturi. S PM so označeni maturantje poklicne mature, ki so fiziko opravljali kot peti predmet. Ob kategoriji kandidatov je v oklepaju navedeno število kandidatov v kategoriji.

3 VSEBINSKA ANALIZA NALOG IN VPRAŠANJ TER USPEHA PO POSAMEZNIH DELIH IZPITA

3.1 ANALIZA USPEHA PRI PRVI IZPITNI POLI

Prva izpitna pola je sestavljena iz 35 vprašanj izbirnega tipa. Kandidati izberejo enega od ponujenih možnih odgovorov na zastavljeno vprašanje. Vprašanja preverjajo le tiste cilje v katalogu, ki sodijo med splošna znanja. Kandidati referenčne skupine SM so pri tem delu izpita v povprečju dosegli 21,52 točke, indeks težavnosti[2] (IT) je bil 0,61. Uspeh je nekoliko nižji kot lansko leto, ko je bilo povprečje 24,14 točke (IT = 0,69).

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



Slika 5: Razporeditev kandidatov po točkah. Upoštevani so kandidati referenčne skupine.

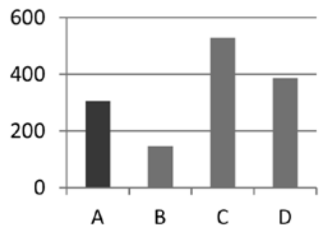
Državna predmetna komisija je v izpitno polo tako kot vedno vključila nekaj težjih vprašanj in nekaj zelo lahkih. V prvem približku se postavimo na stališče, da je »lahka« naloga tista, ki so jo kandidati uspešno reševali (visok IT), »težke« naloge pa so tiste, pri katerih je uspeh kandidatov zelo slab (nizek IT). Seveda na zahtevnost naloge vpliva (poleg objektivne kognitivne zahtevnostne stopnje) še marsikaj drugega – npr. jasna definicija problema, hitro razumljivi in pregledni odgovori, skice pri nalogi in še kaj. Kljub temu predstavlja IT nekakšno okvirno sporočilo o uspehu kandidatov pri splošni maturi. Kandidati so prvo polo nasploh reševali dobro, saj je bilo zelo malo nalog z zelo nizkim IT-jem. Najmanjše število doseženih točk je bilo pri tej poli 6.

3.1.1. NALOGE Z NIZKIM INDEKSOM TEŽAVNOSTI

Naloga 30 (IT = 0,22, ID = 0,31)

30. Z ozkim curkom svetlobe posvetimo na dve različni uklonski mrežici, kakor kaže slika. Prva ima 700 rež/mm in druga 400 rež/mm. Obe sta enako oddaljeni od zaslona. Kateri od odgovorov pravilno kaže interferenčni sliki, ki ju vidimo na zaslonu, ko uporabimo opisani mrežici?

Komentar: Naloga združuje dve vprašanji: kako vpliva razdalja med režami na razdaljo med pasovi ojačitve in kako so pasovi ojačitve razporejeni glede na simetralo. Prvi del zahteva uporabo zveze med razdaljo med režami in kotom, pod katerim dobimo pasove ojačitve, poleg tega pa morajo razdaljo med režami povezati z gostoto rež in kot v enačbi z razdaljo med pasovi ojačitve. Gre torej za večstopenjski razmislek, zaradi česar je razumljiv slabši uspeh pri reševanju. Po drugi strani to vprašanje po vsebini sodi med precej standardno, tako da vseeno preseneča, da je precej več dijakov odgovorilo, da naj bi povzročila reža z redkejšimi režami bolj razmaknjene pasove ojačitve. Kandidati so se neprepričljivo odločali tudi o tem, ali je v sredini pas ojačitve ali oslabitve. K slabemu rezultatu pri reševanju vpliva verjetno tudi grafična predstavitev odgovorov, ki je manj običajna.



Slika 6: Število kandidatov, ki so izbrali posamezen odgovor v nalogi 30. Pravilen je odgovor A.

Naloga 25 (IT = 0,22, ID = 0,13)

25. Na neobremenjeno prožno vzmet z dolžino l obesimo utež z maso m. Ko utež na vzmeti miruje, je ta raztegnjena na d. Nato jo povlečemo iz ravnovesne (mirovne) lege za x_0 in jo spustimo, da zaniha. S katerim od spodnjih izrazov je pravilno naveden nihajni čas uteži na vzmeti?

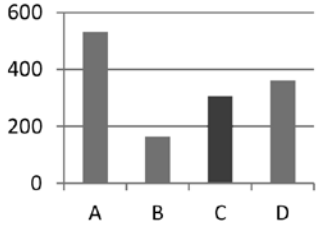
A $2\pi\sqrt{\frac{l+d}{g}}$

B $2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$

C $2\pi\sqrt{\frac{d}{g}}$

D $2\pi\sqrt{\frac{x_0}{g}}$

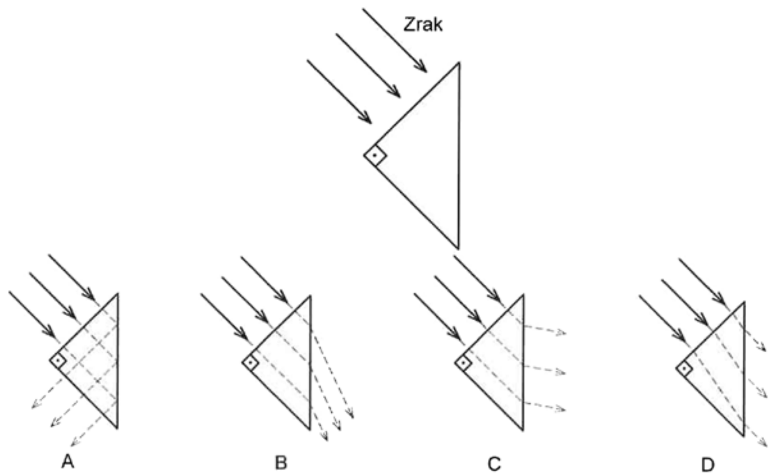
Komentar: Nizek indeks težavnosti pri tej nalogi ne preseneča iz več razlogov. Na poti do pravilnega odgovora so morali kandidati najprej izraziti koeficient prožnosti vzmeti z raztezkom in maso ter ustrezno preurediti izraz za nihajni čas vzmetnega nihala. Verjetno še večja težava je, da pravilni izraz ni spominjal na vzmetno nihalo, pač pa na nitno, kar je verjetno kandidate zavedlo k razmisleku, da gre za neke vrste nitno nihalo. Posledično je razumljivo, da je največ kandidatov izbralo kot pravilen odgovor izraz za nitno nihalo z dolžino vzmeti v ravnovesni legi. Vendar utež na vzmeti ne more nihati v vodoravni smeri kot nitno nihalo s stalno dolžino vrvice, saj bi se zaradi spreminjanja sile vzmeti spreminjala tudi dolžina vzmeti. Čeprav bi nihalo odmaknili v vodoravni smeri, bi zanihalo tudi v smeri vzmeti in dobili bi bolj zapleteno sestavljeno gibanje.



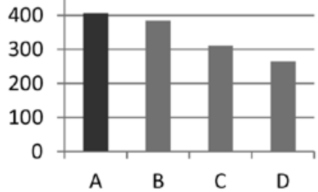
Slika 7: Število kandidatov, ki so izbrali posamezni odgovor v nalogi 25. Pravilen je odgovor C.

Naloga 31 (IT = 0,30, ID = 0,20)

31. Snop svetlobe pada iz zraka pravokotno na stransko ploskev pravokotne enakokrake prizme, kakor kaže slika. Prizma je izdelana iz prozorne plastike z lomnim kvocientom 1,5. Kateri odgovor pravilno kaže prehajanje žarkov skozi prizmo?



Komentar: Večina kandidatov se je odločala med dvema na prvi pogled možnima izidoma poskusa, sliko A in B. Za odločitev med njima je bilo potrebno izračunati mejni kot totalnega oboja na meji steklo – zrak in iz podatka, da je prizma enakokraka in da vpada svetloba pravokotno na prizmo, določiti vpadni kot na desno stranico ter presoditi, ali gre za totalni odboj ali ne. Potreben je bil torej večstopenjski razmislek, ki kandidatom običajno povzroča težave. Verjetno marsikateri dijak ni ugotovil, da bi ob sicer grafično podani nalogi in odgovorih moral za pravilen odgovor tudi nekaj izračunati.



Slika 8: Število kandidatov, ki so izbrali posamezni odgovor v nalogi 31. Pravilen je odgovor A.

Naloga 18 (IT = 0,34, ID = 0,17)

18. Katera od naštetih naprav je toplotni stroj?

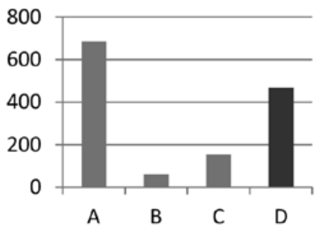
    A Toplotna črpalka.

    B Elektromotor.

    C Električni radiator.

    D Bencinski motor.

Komentar: Največ kandidatov je pri tej nalogi izbralo napačen odgovor, da je toplotni stroj toplotna črpalka. Pojasnilo za to je lahko, da pri pouku ne namenjamo prav veliko časa obravnavi krožnih sprememb in zato kandidati ne poznajo praktičnih primerov uporabe krožnih sprememb in načina uporabe teh priprav.

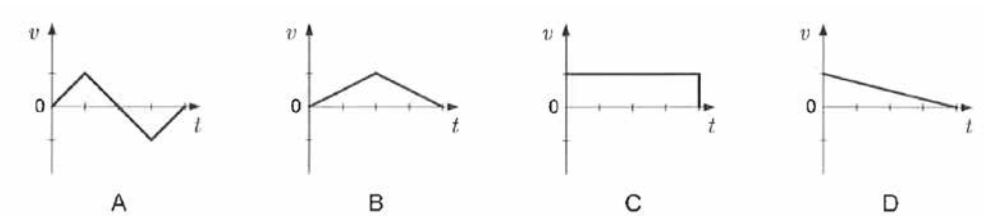


Slika 9: Število kandidatov, ki so izbrali posamezen odgovor v nalogi 18. Pravilen je odgovor D.

3.1.2 NALOGE Z DOBRIM USPEHOM (VISOK IT) IN NALOGE, KI LOČUJEJO »BOLJŠE« IN »SLABŠE« KANDIDATE (VISOK ID[3])

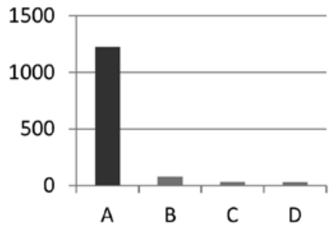
Naloga 5 (IT = 0,90, ID = 0,29)

5. Kateri graf opisuje gibanje, na koncu katerega je premik glede na začetno lego enak nič?



Komentar: Naloga 5 je naloga s četrtim najboljšim indeksom težavnosti. Rezultat preseneča, saj predstavlja odgovor B precej pogost napačen odgovor za ponazoritev gibanja 'tja in nazaj'. Izbralo ga je le 6 % dijakov. Očitno so dijaki nadpovprečno dobro pripravljeni na vprašanja iz gibanja. Ta rezultat nas lahko tudi vzpodbudi, da namenimo pri poučevanju raje nekoliko več časa temam iz konca kataloga znanj, posebej tistim, ki jih dijaki v srednji šoli srečajo prvič.

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



Slika 10: Število kandidatov, ki so izbrali posamezen odgovor v nalogi 5. Pravilen je odgovor A.

Naloga 8 (IT = 0,36, ID = 0,42)

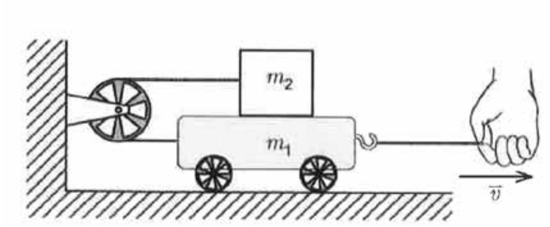
8. Na voziček s težo $\vec{F}_{g1}$ postavimo klado s težo $\vec{F}_{g2}$, ki je z vrvico prek škripca povezana z vozičkom. Trenja med vozičkom in mizo ni, koeficient trenja med vozičkom in klado je k_{tr}. S kolikšno silo moramo vleči voziček, da se giblje enakomerno?

A $F_v = k_{tr}\,(F_{g2} + F_{g1})$

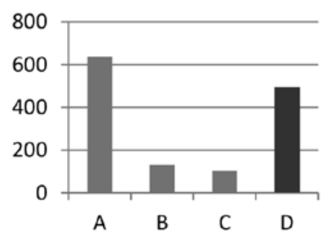
B $F_v = k_{tr}\,(F_{g2} - F_{g1})$

C $F_v = k_{tr}\,F_{g1}$

D $F_v = 2k_{tr}\,F_{g2}$



Komentar: Naloga z drugim največjim ID. Gre za težek problem, ki ga razumljivo lahko rešijo le kandidati z sposobnostjo natančne analize problema. Hkrati je med napačnimi odgovori ponujena tudi bolj intuitivna rešitev, ki so jo izbrali tisti, ki situacije niso natančno analizirali. Da je bilo slednjih več, ne preseneča.

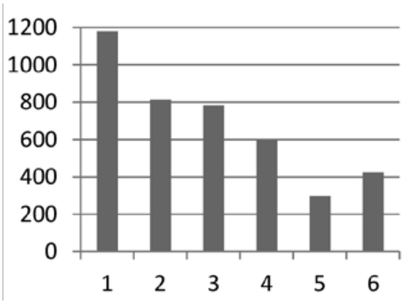


Slika 11: Število kandidatov, ki so izbrali posamezen odgovor v nalogi 8. Pravilen je odgovor D.

3.2 ANALIZA USPEHA PRI DRUGI IZPITNI POLI (STRUKTURIRANE NALOGE)

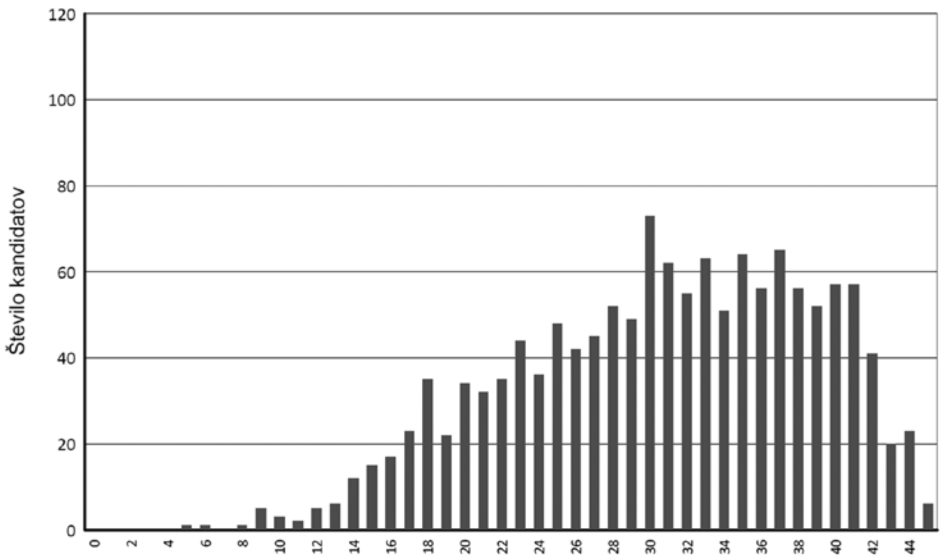
V drugi izpitni poli so kandidati izbrali tri naloge strukturiranega tipa izmed ponujenih šestih. Frekvenco izbranih nalog kaže slika 12. Glede števila kandidatov, ki so izbrali posamezno nalogo, tudi letos izstopa 1. naloga, ki jo je izbralo največ kandidatov. Tak vzorec je bil značilen že v prejšnjih letih. Pripišemo ga lahko dejstvu, da je tip prve naloge vsa leta precej podoben in da vsebine, ki jih naloga preverja, kandidati dobro obvladajo. Veščin obdelave merskih podatkov, risanja grafov in določanja napak pri merjenjih so se kandidati naučili tudi pri laboratorijskem delu, ki je po učnem načrtu prisotno v vseh letih šolanja. Obvladovanje teh veščin preverja tudi ocena iz laboratorijskega dela, ta je vsa leta glede na ostale dele izpita najvišja.

Žal se je glede izbora nalog ponovil tudi vzorec, da najmanj kandidatov izbere nalogi iz področij 'nihanje, valovanje in optika' ter 'moderna fizika in astronomija'.



Slika 12: Število kandidatov, ki so izbrali posamezno nalogo. Upoštevani so kandidati referenčne skupine.

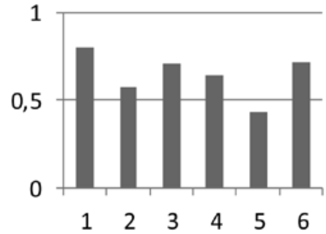
Vsaka naloga je bila vredna 15 točk, skupaj so torej lahko dosegli 45 točk. Spodnja slika kaže razporeditev kandidatov referenčne skupine po doseženih točkah v izpitni poli 2.



Slika 13: Razporeditev kandidatov po točkah, doseženih v izpitni poli 2. Upoštevani so kandidati referenčne skupine.

Kandidati referenčne skupine so v povprečju dosegli 30,54 točke, indeks težavnosti te izpitne pole je 0,68. Uspeh druge pole je v nasprotju s prvo polo nekoliko boljši glede na prejšnja leta (leta 2013 0,62, leta 2012 0,60, leta 2011 0,63).

Glede indeksa težavnosti nalog je kot običajno na prvem mestu naloga iz merjenj, navzdol letos nekoliko izstopa naloga iz sklopa Nihanje, valovanje in optika.



Slika 14: Indeks težavnosti po posameznih nalogah pole 2.

3.2.1 Sestava nalog

Naloge so pokrivale naslednje fizikalne teme:

1. naloga: *Merjenje* – kandidati so obdelali in analizirali podatke o nihanju žoge, obešene na vrvici.

2. naloga: *Mehanika* - naloga obravnava sile, energijske spremembe in kinematiko pri izvajanju sklec.

3. naloga: *Termodinamika* – vprašanja v nalogi se nanašajo na razmere v hladilniku, izmenjavo toplote z okolico in posledice, ki jih ima manjši tlak v hladilniku na odpiranje vrat hladilnika.

4. naloga: *Elektrika in magnetizem* – vprašanja obravnavajo naelektritev kroglic na vrvici, električne sile nanje in električno polje, ki ga ustvarjajo.

5. naloga: *Nihanje, valovanje in optika – naloga se nanaša na svetlobo točkastega izvira, ki prehaja skozi leče, se odbija od zrcala in lomi v stekleni prizmi.*

6. naloga: *Moderna fizika* – osrednja tema vprašanj je radioaktivni radon v zaprtem prostoru.

3.2.2 Najpogostejši nepravilni odgovori kandidatov v izpitni poli 2

Kandidati imajo pogosto težave z enotami: pozabijo podatke pretvoriti v ustrezne enote (najpogosteje pri uporabi plinske enačbe). Pogosto pozabijo zapisati enote, posebno pogosto je to pri smernem koeficientu premice v 1. nalogi.

Pogosto tudi izpuščajo zapis negativnega predznaka: na primer pri smernem koeficientu premice v 1. nalogi in razliki potencialne energije v drugi nalogi.

Pogoste so tudi težave pri oblikovanju besedilnih odgovorov. Zapišejo jih nejasno in nepopolno: navedejo na primer dejavnik, ki je sicer ključen za opazovani pojav, a naloga ne sprašuje po njem, ne pojasnijo pa, kako je ta dejavnik povezan z dejavnikom, po katerem naloga sprašuje. Tako pri vprašanju 3.9, ki sprašuje, kakšno vlogo ima odprtina v steni hladilnika na silo, ki je potrebna za odpiranje vrat, odgovarjajo, da se v hladilniku zmanjša tlak, ne pojasnijo pa, kako je zmanjšanje tlaka povezano z odprtino v steni.

Kandidati naredijo vrsto napak zaradi nenatančnega branja besedila naloge ali vprašanja. Nekaj primerov iz letošnje izpitne pole 2:

- Pri vprašanju 1.7 odčitajo samo eno lego žoge, kjer je hitrost enaka polovici največje, čeprav je v vprašanju uporabljena množina in sta taki legi dve.
- Pri vprašanju 2.4 uporabijo za izračun tlaka pod prsti nog silo rok.
- Pri vprašanju 5.3 izračunajo novo lego leče, v odgovoru pa pozabijo navesti, kolikšen je premik leče, kar naloga sprašuje.
- Pri vprašanju 6.9 uporabijo za izračun povišanja temperature zraka v 1 uri energijo, ki se sprosti zaradi radioaktivnega razpada v 1 sekundi.

Pri uporabi posamezne formule ne razmislijo dobro, katere podatke morajo v danem primeru vanjo vstaviti. Pogosto ravnajo pri tem precej rutinsko, podobno kot so reševali tipične zglede. Nekaj primerov iz letošnje mature:

- Pri računanju tlaka pri vprašanju 3.5 upoštevajo spremenjeno temperaturo, ki je navedena v samem vprašanju, prezrejo pa, da se je spremenila tudi masa plina.
- Pri nalogi 3.7 izračunajo silo na vrata hladilnika s formulo $F = pS$ in vstavijo za tlak samo tlak v notranjosti hladilnika namesto razlike tlakov na obeh straneh vrat.
- Pri vprašanju 4.7 računajo električno polje ene od kroglic, ki se privlačita, s formulo $E = F/e$, vendar ne vstavijo naboja prave kroglice.

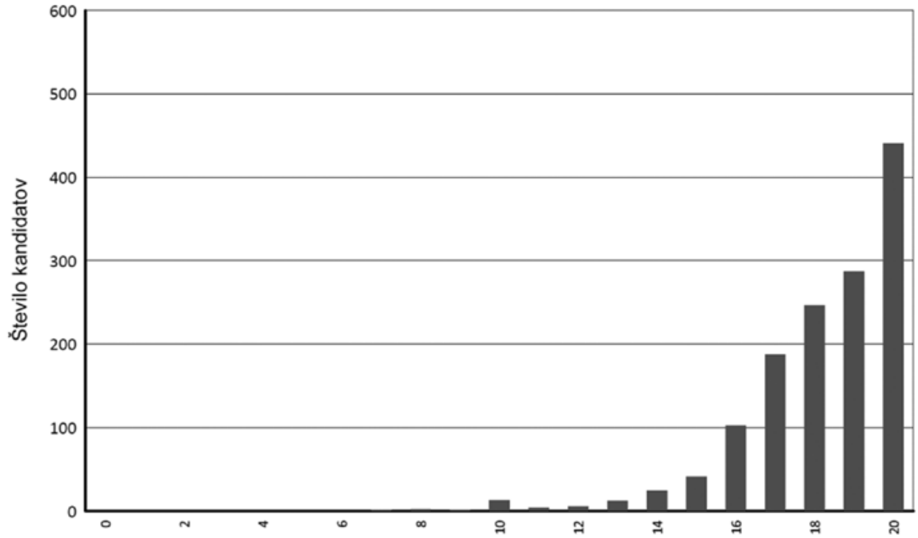
Izmed poglavij, za katera bi lahko na osnovi letošnjih rezultatov v izpitni poli 2 sklepali, da so bili dijaki nanje najslabše pripravljeni, izstopata:

1. Ravnovesje navorov. Opozoriti velja, da so zelo slabo (IT = 0,63) dijaki odgovorili že na uvodno prvo vprašanje: 'Zapišite vse pogoje za ravnovesje mirujočega telesa'. Mnogo kandidatov je v odgovoru izpustilo ravnovesje navorov. Relativno slabo so reševali tudi naslednji vprašanji, ki sta se nanašali na precej enostavno ravnovesje navorov.
2. Preslikave z lečami. Precej majhen delež kandidatov je pravilno rešil vprašanji 5.4 in 5.5, kjer je bilo potrebno določiti potek žarkov skozi razpršilno lečo. Kandidati so imeli težave tudi s sicer ne težkima vprašanjema 5.6 in 5.7, ki sta se nanašali na gostoto svetlobnega toka.

V poli 2 so kandidati najslabše (IT = 0,15) reševali vprašanje 2.5, ki sprašuje, kolikšno je delo sile podlage, ko se pri opravljanju sklec spustimo iz najvišje lege v najnižjo. Kandidati so prezrli, da prijemališče sile podlage miruje in je zato delo te sile nič. Namesto pravilnega odgovora so večinoma navedli spremembo potencialne energije.

3.3 LABORATORIJSKE VAJE

Pri ocenjevanju laboratorijskih vaj je situacija podobna kot prejšnja leta. Glede na veliko število ur, ki jih učni načrt namenja laboratorijskim vajam, in glede na dokaj redno obnavljanje eksperimentalne opreme na večini srednjih šol je lahko najbrž nivo znanja in spretnosti dijakov na tem področju pričakovano visok.



Slika 15: Razporeditev kandidatov po točkah. Upoštevani so kandidati referenčne skupine.

4 MNENJE ZUNANJIH OCENJEVALCEV O NALOGAH IN VPRAŠANJIH V IZPITNIH POLAH

Zunanji ocenjevalci so sestavo izpitne pole v veliki večini (98 %) ocenili kot primerno ali zelo primerno, navodila za ocenjevanje pa kot jasna ali zelo jasna (skupaj 94 %).

V anketi ob koncu ocenjevanja so ocenili tudi ustreznost nalog. Mnenja, ki so se ponavljala večkrat, so bila:

- Naloga 5 je bila nekoliko pretežka. Izpostavili so tudi, da je bila slika pri zadnjem vprašanju te naloge premalo pregledna.
- Kot težko je več ocenjevalcev izpostavilo tudi odčitavanje podatkov iz grafa F(t) pri nalogi 2.

5 UGOVORI NA OCENO IN NAČIN IZRAČUNA IZPITNE OCENE

Od 1.495 kandidatov, ki so v spomladanskem roku pristopili k izpitu splošne mature iz fizike, je 68 kandidatov zaprosilo za vpogled v ocenjevanje njihovega izdelka. Na postopek izračuna ocene sta se pritožila 2 kandidata, 13 kandidatov pa se je pritožilo na oceno. Njihove izpitne pole je še enkrat pregledal izvedenec, ki je preveril, ali so njihovi izdelki ocenjeni v skladu z navodili za ocenjevanje. Pri 11 kandidatih je spremenil število doseženih točk, od tega pri 3 navzdol in pri 8 navzgor, kar je pri šestih kandidatih pomenilo tudi spremenjeno oceno izpita iz fizike. Število ugovorov na oceno je podobno številu ugovorov iz prejšnjih let.

6 ZA ZAKLJUČEK

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

ANALIZA REZULTATOV ŠOLSKEGA TEKMOVANJA ZA STEFANOVA PRIZNANJA V LETU 2013/2014

Barbara Rovšek

Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta

***Povzetek –** Analizirali smo rezultate, ki jih je na šolskem tekmovanju iz znanja fizike v šolskem letu 2013/2014 doseglo 8581 učencev osnovnih šol, kar ustreza skoraj četrtini generacije otrok v zadnjih dveh razredih osnovne šole. V prispevku bomo predstavili del ugotovitev s primeri, statistiko ter vsebinskimi pripombami.*

***Abstract –** The authors analysed the performance at Physics competiton on school level of 8581 elementary school students in the school year 2013/2014. This corresponds to almost a quarter of all students in the last two years of elementary school. This contribution presents the findings in the form of examples, statistics and comments.*

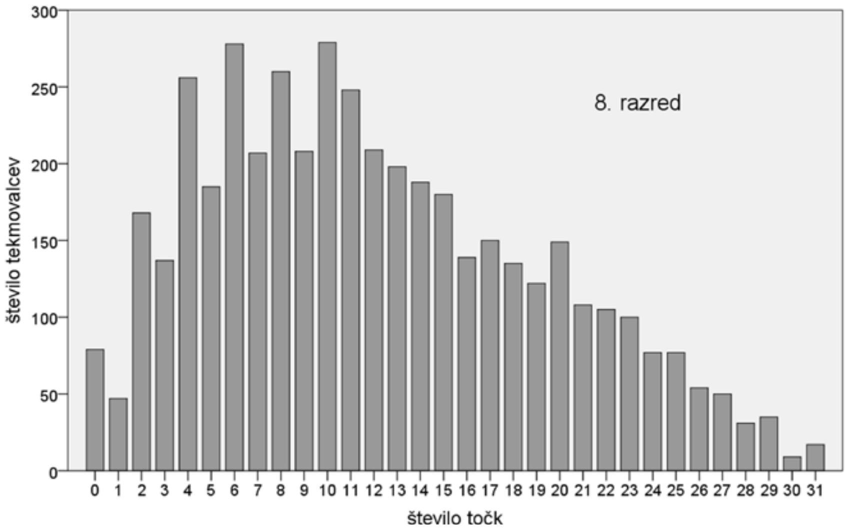
UVOD

Kako uspešni so bili osmo- in devetošolci v šolskem letu 2013/14 na tekmovanju iz znanja fizike za Stefanova priznanja? Uspešnost je odvisna tudi od metra, ki ga uporabimo: število bronastih, srebrnih in zlatih priznanj je bilo letos približno enako kot v preteklih letih. Dobili smo zmagovalce, ki so pravilno rešili večino nalog, kot vedno; in na državnem tekmovanju ni bilo nikogar, ki bi pravilno rešil vse naloge. O samem znanju učencev fizike pa nam to ne pove prav dosti; boljšo predstavo o njihovem znanju dobimo ob podrobnejšem pregledu rezultatov. Primerjamo lahko frekvence različnih (enega pravilnega in treh nepravilnih) odgovorov pri nalogah izbirnega tipa ter iz njih sklepamo o razširjenosti – kot se pojavu danes "uradno" pravi – posameznih alternativnih predstav in razumevanj, v resnici pa napačnih predstav in nerazumevanja. Primerjamo lahko frekvence pravilnih odgovorov pri različnih nalogah izbirnega tipa in iz njih sklepamo o težavnosti ali enostavnosti različnih fizikalnih vsebin. Primerjamo lahko tudi uspešnost različnih skupin tekmovalcev pri reševanju objektivno lažjih ali težjih nalog. Vse tri primerjave bomo v omejenem obsegu predstavili v tem prispevku. Za začetek navedimo še nekaj splošnih ugotovitev.

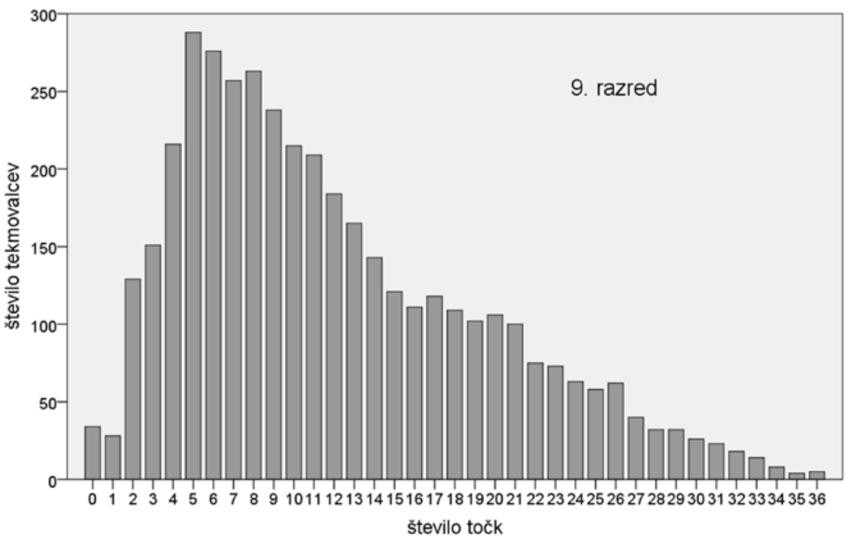
SPLOŠNA USPEŠNOST NA ŠOLSKEM TEKMOVANJU

Šolskega tekmovanja se je v šolskem letu 2013/2014 udeležila približno četrtina generacije, 4538 učencev 8. in 4149 učencev 9. razreda. Od teh je bilo skupno 106 učencev s šol s fleksibilnim predmetnikom, ki so na šolskem tekmovanju reševali drugačne naloge in v predstavljeni analizi niso zajeti.

Na šolskem tekmovanju so učenci reševali pet nalog izbirnega tipa (A-naloge) in tri krajše računske naloge (B-naloge). K vsoti vseh točk prispeva vsaka A-naloga 2 točki, vse A-naloge skupaj 10. V 8. razredu so učenci lahko zbrali največ 31 točk, v 9. razredu 36 točk. Porazdelitvi udeležencev šolskega tekmovanja po številu doseženih točk kažeta diagrama na slikah 1 in 2. V 8. razredu je 17 učencev doseglo vse možne točke, v 9. razredu je bilo takih učencev le 5.



Slika 1: Porazdelitev osmošolcev po doseženih točkah na šolskem tekmovanju.



Slika 2: Porazdelitev devetošolcev po doseženih točkah na šolskem tekmovanju.

Tabeli 1 in 2 kažeta frekvence odgovorov pri A-nalogah s šolskega tekmovanja za 8. in 9. razred. Frekvence, ki ustrezajo pravilnim odgovorom, so napisane odebeljeno. Delež učencev, ki niso izbrali nobenega ponujenega odgovora, smo označili z X.

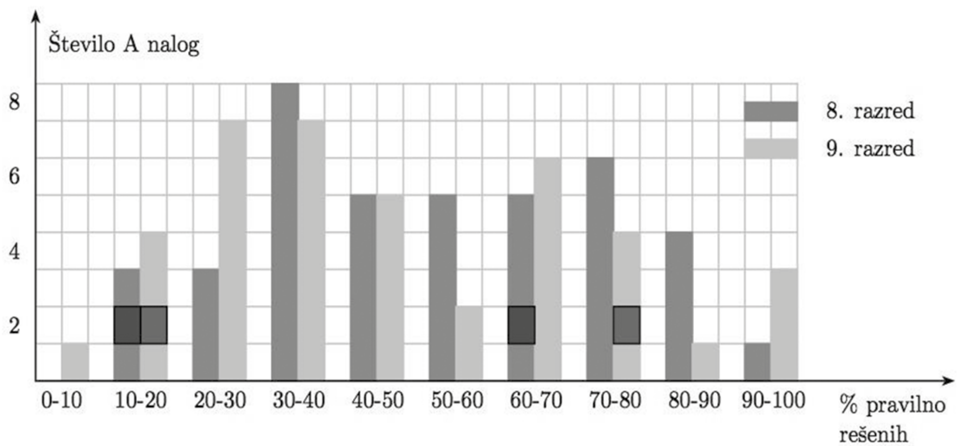
Tabela1: Frekvence odgovorov (v %) pri A-nalogah na šolskem tekmovanju, 8. razred.

N = 4485	A	B	C	D	X
A1	26,60	21,43	**30,35**	19,13	2,50
A2	**28,72**	14,98	17,73	37,97	0,60
A3	6,73	17,10	8,96	**66,76**	0,45
A4	12,20	34,14	34,23	**17,30**	2,14
A5	**48,61**	7,40	11,68	31,28	1,03

Tabela 2: Frekvence odgovorov (v %) pri A-nalogah na šolskem tekmovanju, 9. razred.

N = 4096	A	B	C	D	X
A1	**39,38**	8,79	38,57	12,57	0,68
A2	11,47	7,40	**74,39**	6,27	0,46
A3	5,57	40,43	**49,95**	3,37	0,68
A4	12,82	50,71	**18,73**	16,02	1,73
A5	15,38	30,20	32,10	**20,34**	1,98

Objektivno težavnost/enostavnost nalog določa odstotek pravilnih rešitev. Nalogo pojmujemo kot objektivno lahko, če je delež tekmovalcev, ki jo rešijo pravilno, velik, in kot objektivno težko, če je ta delež majhen. Na šolski stopnji tekmovanja so učenci v vseh dosedanjih letih reševali 80 nalog izbirnega tipa (40 v 8. razredu in 40 v 9. razredu).



Slika 3: Porazdelitev vseh A-nalog s šolske stopnje tekmovanja od leta 2006/07 do 2013/2014 po uspešnosti reševanja. Objektivno težavnost naloge določa delež tekmovalcev, ki nalogo reši pravilno. Temneje obarvana polja ustrezajo letošnjim najlažjim in najtežjim A-nalogam. Objektivna težavnost nalog narašča od desne proti levi (v obratni smeri kot odstotek pravilno rešenih).

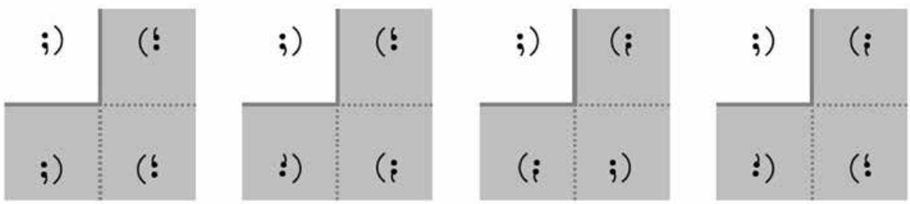
V stolpčnem diagramu na sliki 3 je prikazana porazdelitev vseh do sedaj uporabljenih A-nalog s šolske stopnje tekmovanja po uspešnosti reševanja. Na vodoravni osi so deleži učencev, ki so določeno nalogo rešili pravilno. Med vsemi A-nalogami je bila objektivno najtežja naloga, ki je bila najslabše reševana naloga v 9. razredu in jo je pravilno rešilo manj kot 10 % tekmovalcev. Več kot 90 % tekmovalcev je pravilno rešilo štiri A-naloge, eno v 8. razredu in tri v 9. razredu. Te štiri naloge so bile objektivno najlažje v zbirki vseh A-nalog s šolske stopnje tekmovanja.

Objektivno najlažji nalogi na šolskem tekmovanju v letu 2013/2014 sta bili naloga A3 v 8. razredu in naloga A2 v 9. razredu, objektivno najtežji pa nalogi A4 v 8. in 9. razredu. V celotnem naboru A-nalog se te naloge znajdejo v temneje obarvanih poljih na sliki 3. Te štiri naloge navajamo v nadaljevanju. Pri posameznih ponujenih odgovorih so zapisani deleži tekmovalcev, ki so te odgovore izbrali.

NAJLAŽJI A-NALOGI

8. razred, A3

Dve ravni zrcali postaviš pravokotno na mizo in pravokotno med seboj. Med zrcali je na mizi narisana risbica (na sliki je prikazana na neosenčenem delu). Njene navidezne slike vidiš v zrcalih. Katera slika pravilno kaže slike risbice, ki jih vidiš v zrcalih in ki so narisane na osenčenih delih?



(A) 6,73 % **(B)** 17,10 % **(C)** 8,96 % **(D) 66,76 %**

Samo pri rešitvi (D) sta obe osnovni zrcalni sliki (desna in spodnja) narisani pravilno. Dva od treh učencev sta izbrala pravilen odgovor. Zakaj so se ostali učenci odločili za druge ponujene odgovore, ni jasno.

9. razred, A2

Prva kroglica ima maso 100 g, druga ima maso 200 g. Kroglici spustimo z višine 1 m. Tik preden padeta na tla, ima prva kroglica kinetično energijo $W_{k,1}$, druga pa $W_{k,2}$. Zračni upor lahko zanemarimo. Katera izjava je pravilna?

(A) $W_{k,2} = \frac{1}{2} W_{k,1}$ 11,47 %

(B) $W_{k,2} = W_{k,1}$ 7,40 %

(C) $W_{k,2} = 2W_{k,1}$ **74,39 %**

(D) $W_{k,2} = 4W_{k,1}$ 6,27 %

Trije od štirih učencev so to nalogo rešili pravilno. Domnevamo, da so vsaj nekateri od tistih, ki so izbrali napačen odgovor (A), pravilno presodili, da obe energiji povezuje faktor 2, a so ga pripisali napačni strani. Tisti, ki so izbrali odgovor (B), so kinetično energijo morda zamešali s hitrostjo. Tisti, ki so izbrali odgovor (D), vedo, da v kinetični energiji nastopa potenca 2, a so kvadrirali, česar ne bi smeli.

NAJTEŽJI A-NALOGI

8. razred, A4

V mestu Lukolela v Kongu, ki leži malo več kot 1° južno od ekvatorja, je ponoči polna luna ali ščip. Razdalja med Lukolelo in Bogoto v Kolumbiji je malo več kot četrtina dolžine ekvatorja. Katera lunina mena je istega dne ponoči v Bogoti, ki leži malo več kot 4° severno od ekvatorja?

(A) Mlaj.	**(B)** Prvi krajec.	**(C)** Zadnji krajec.	**(D)** Ščip.
12,20 %	34,14 %	34,23 %	**17,30 %**

Zdi se, da je vzrok velikega števila napačnih odgovorov funkcionalna bralna nepismenost učencev. Naloga je objektivno težka, ker je v njej (kljub ne predolgemu besedilu) nekaj za vsebino naloge nepomembnih podatkov o geografskih legah obeh krajev. Dopuščamo, da se je prenekateri učenec pustil zavesti preveliki količini podatkov, kar vseeno kaže na splošno ne povsem solidno razumevanje pojava luninih men.

9. razred, A4

*Katera enota **ni** enota za potencialno energijo?*

(A) $N \cdot m$	**(B)** $Pa \cdot m^3$	**(C)** $\frac{Pa \cdot m}{s}$	**(D)** $\frac{kg \cdot m^3}{s^2}$
12,82 %	50,71 %	**18,73 %**	16,02 %

Naloga je objektivno težka, ker sprašuje po zanikani trditvi, ker imajo učenci vedno težave s pretvarjanjem enot, poleg tega nastopa med enotami v nalogi tudi enota za tlak, Pa, ki se pri pouku obravnava proti koncu 8. razreda – kje je že to! Zanimiv poskus bi bil, če bi zamenjali vrstni red ponujenih odgovorov, (B) in (C), v katerih nastopajo pascali; ali bi se večji delež učencev odločil za pravilen odgovor (C), ker bi bil prej na vrsti? Nista zanemarljiva niti deleža učencev, ki so izbrali napačna odgovora (A) in (D); skoraj 30 % učencev ima težave z osnovnimi enotami za energijo ali pa ne vedo, da imata količini delo in energija iste enote. Kako potlej pojmujejo energijski zakon?

RAZLIČNE SKUPINE TEKMOVALCEV IN NJIHOV USPEH PRI REŠEVANJU NAJ- A-NALOG

Z vsako pravilno rešeno A-nalogo so tekmovalci dobili 2 točki. Samo pravilno rešene A-naloge običajno še ne zadoščajo za napredovanje na naslednjo stopnjo tekmovanja. Vseeno je zanimivo pogledati, kako so posamezne naloge reševali učenci, ki so bodisi uspeli napredovati bodisi niso uspeli. Iz primerjave med uspešnostjo reševanja posameznih nalog v različnih skupinah učencev lahko tudi ocenimo, ali so bile naloge dobro sestavljene: ali nam posamezna naloga omogoča *pošteno* selekcijo (saj gre za tekmovanje, in pri tekmovanju le ne gre *zgolj* za sodelovanje)? Poštena selekcija je taka, pri kateri na koncu zmagajo tisti, ki znajo največ fizike (če le niso imeli preveč slabih dni na dneve, ko so se zvrstile vse tri stopnje tekmovanja).

Tabeli 3 in 4 kažeta, kakšen je presek v uspešnosti reševanja najlažje in najtežje A-naloge na šolski stopnji tekmovanja v 8. in 9. razredu za vse tekmovalce skupaj. Kot povedo podatki v tabeli 3, je v 8. razredu 12,0 % vseh tekmovalcev pravilno rešilo obe nalogi, najlažjo in najtežjo, 53,4 % tekmovalcev je pravilno rešilo najlažjo nalogo in narobe najtežjo, le 5,3 % je bilo takih, ki so narobe rešili najlažjo in pravilno najtežjo nalogo, in 27,0 % je bilo tekmovalcev, ki so pri obeh nalogah izbrali napačna odgovora. Podobni so deleži v 9. razredu.

Tabela 3: Presek uspešnosti pri reševanju naj- A-nalog na šolski stopnji tekmovanja v 8. razredu.

N = 4485		najtežja A4 [%]			
		pravilno	napačno	X	∑
najlažja A3 [%]	pravilno	12,0	53,4	1,4	66,8
	napačno	5,3	27,0	0,5	32,8
	X	0	0,2	0,2	0,4
	∑	17,3	80,6	2,1	100

Tabela 4: Presek uspešnosti pri reševanju naj- A-nalog na šolski stopnji tekmovanja v 9. razredu.

N = 4096		najtežja A4 [%]			
		pravilno	napačno	X	∑
najlažja A3 [%]	pravilno	14,4	58,9	1,1	74,4
	napačno	4,3	20,5	0,3	25,1
	X	0	0,2	0,3	0,5
	∑	18,7	79,6	1,7	100

Tabeli 5 in 6 kažeta podobno razvrstitev, a bolj podrobno za različne skupine učencev. V skupini Š so tekmovalci, ki so se udeležili šolske stopnje tekmovanja, a se niso uvrstili naprej na področno stopnjo. V skupini P so tekmovalci, ki so se udeležili tudi področne stopnje tekmovanja, niso pa se uvrstili na državno. V skupini D so vsi udeleženci državne stopnje tekmovanja in v skupini Z tisti med njimi, ki so osvojili zlata Stefanova priznanja; domnevno torej tisti, ki znajo največ fizike. V vrstici *pravilno najlažja* so zapisani deleži tekmovalcev v različnih skupinah, ki so najlažjo A-nalogo rešili pravilno. Vidimo, da delež uspešnih reševalcev obeh nalog, lahke in težke, od skupine Š do skupine Z narašča, pri čemer je tudi očitno, da je težja naloga mnogo bolj selektivna. Primer težje naloge v 8. razredu: v skupini Š jo je rešilo pravilno 14,2 %, v skupini Z pa kar 54 %, kar je skoraj 4-krat večji delež. Še boljšo selekcijo naredita obe nalogi skupaj; v skupini Š je pravilno rešilo obe nalogi 8,4 % in v skupini Z 53 %, kar je 6,3-krat večji delež. Zanimiv je tudi podatek, da v skupini Z (v obeh razredih) ni nikogar, ki bi obe nalogi rešil narobe.

Tabela 5: Uspešnost pri reševanju naj- A-nalog na šolski stopnji tekmovanja v 8. razredu v različnih skupinah (Š, P, D, Z) tekmovalcev.

[%]	Š	P	D	Z	vsi
število tekmovalcev	**3609**	**727**	**149**	**57**	**4485**
pravilno najlažja	61,3	87,6	96	99	66,8
pravilno najtežja	14,2	28,7	37	54	17,3
obe PRAVILNO	8,4	24,9	36	53	12,0
obe NAPAČNO	31,6	8,5	3,4	0	27,0

Tabela 6: Uspešnost pri reševanju naj- A-nalog na šolski stopnji tekmovanja v 9. razredu v različnih skupinah (Š, P, D, Z) tekmovalcev.

[%]	Š	P	D	Z	vsi
število tekmovalcev	**3255**	**698**	**143**	**52**	**4096**
pravilno najlažja	70,6	89,3	89	94	74,4
pravilno najtežja	13,7	34,4	56	75	18,7
obe PRAVILNO	9,5	29,9	51	69	14,4
obe NAPAČNO	24,3	6,2	6	0	20,6

ZANIMIVOSTI IN POSEBNOSTI

Omenimo še nekaj zanimivosti iz rezultatov lanskega tekmovanja. Na šolski stopnji tekmovanja je v 8. razredu 26 učencev doseglo 30 ali 31 (največ) točk. Od teh se jih je le 13 (le polovica!?) s področnega tekmovanja uvrstilo na državno. V 9. razredu je med 33 in 36 (največ) točk doseglo 31 učencev in le 20 (2/3 od 31) od teh se jih je s področnega tekmovanja uvrstilo na državno. Omenjeni podatek odločno govori v prid 3-stopenjskemu tekmovanju; verjetno upravičeno domnevamo, da se objektivnost ocenjevanja z vsako naslednjo stopnjo tekmovanja izboljša.

Tekmovalec, ki je v 8. razredu zmagal na državnem tekmovanju, je zmagal tudi na šolskem in področnem. Očitno ni imel slabih dni na datume tekmovanj (in seveda zna fiziko). Sicer je tak potek redek. V 8. razredu si je zlato priznanje (sicer za las) prislužil učenec, ki je na šolskem tekmovanju zbral le 19 točk in se z njimi tudi za las uvrstil na področno tekmovanje. V 9. razredu je učenec, ki se je prav tako na zadnjem vagonu, le z 21 točkami s šolskega tekmovanja, pripeljal na področno tekmovanje, na državnem tekmovanju segel skoraj po nagradi. Nagibamo se k mnenju, da omenjena učenca nista imela le slabega dneva v času šolskega tekmovanja (če sploh), ampak sta se v mesecu, ki je minil od šolskega do državnega tekmovanja, uspela tudi zelo dobro naučiti šolsko fiziko. Ne vemo, kolikšen je bil pri takem napredku prispevek mentorjev, ki učence po opravljenem izboru na šolskem tekmovanju dodatno pripravljajo na naslednje stopnje tekmovanja; verjetno znaten. Nič ni nemogoče in očitno je časa dovolj, snovi pa ne preveč …

ZAKLJUČEK

Do danes se je odvilo že 34 tekmovanj osnovnošolcev iz znanja fizike. Oblika tekmovanja se je v tem času precej spreminjala. Zadnjih 8 let rešujejo tekmovalci na vseh stopnjah tekmovanja poleg običajnih računskih (besedilnih, B-) nalog tudi naloge izbirnega tipa (A-naloge), zadnja – lanska – sprememba pa zadeva eksperimentalni del tekmovanja na državni stopnji. Namesto dveh krajših eksperimentalnih nalog rešujejo tekmovalci po novem eno daljšo, kompleksnejšo nalogo. Zbirka podrobnih rezultatov s tekmovanj v zadnjih 10 letih, ki vključuje tudi podatke o dosežkih posameznikov pri posameznih nalogah, omogoča zanimivo statistično in vsebinsko analizo. Ugotovitve iz analize imajo lahko, glede na velik vzorec – ena četrtina generacije – veliko težo in povedo marsikaj o tem, s katerimi fizikalnimi vsebinami imajo učenci največ težav.

V tem prispevku smo prikazali del ugotovitev analize, opravljene na rezultatih s šolske stopnje tekmovanja v letu 2013/2014.

ZAHVALA

Podatki o podrobnih rezultatih tekmovanj za več let nazaj so zbrani in shranjeni po zaslugi Matjaža Željka, za kar se mu zahvaljujemo.

DREVO FIZIKOV

Stanislav Južnič

Univerza v Oklahomi, Oklahoma, ZDA

Povzetek – *Podane so možnosti za oblikovanje akademskega rodoslovja slovenskih profesorjev fizike glede na njihove mentorje pri zaključnih izpitih. Opisani so dosedanji dosežki s posebnim poudarkom na ljubljanskih, mariborskih, goriških in celovških fizikih, ki so tod predavali že v 18. stoletju. Dodani so predlogi, kako naj se naše dijakinje (dijaki) lotijo podobnih raziskav kar pred domačim pragom.*

Ključne besede: zgodovina pouka fizike, Maribor, Gorica, Ljubljana.

Abstract – *The main points for creation of academic genealogy of Slovenian professors of physics in relation to their advisors in their final examinations were focused. The current achievements with special emphasis on physicists who lectured in Ljubljana, Maribor, Gorizia, and Klagenfurt since the 18th century were described. The proposals, how our students should undertake similar research in their own milieu was put in the limelight.*

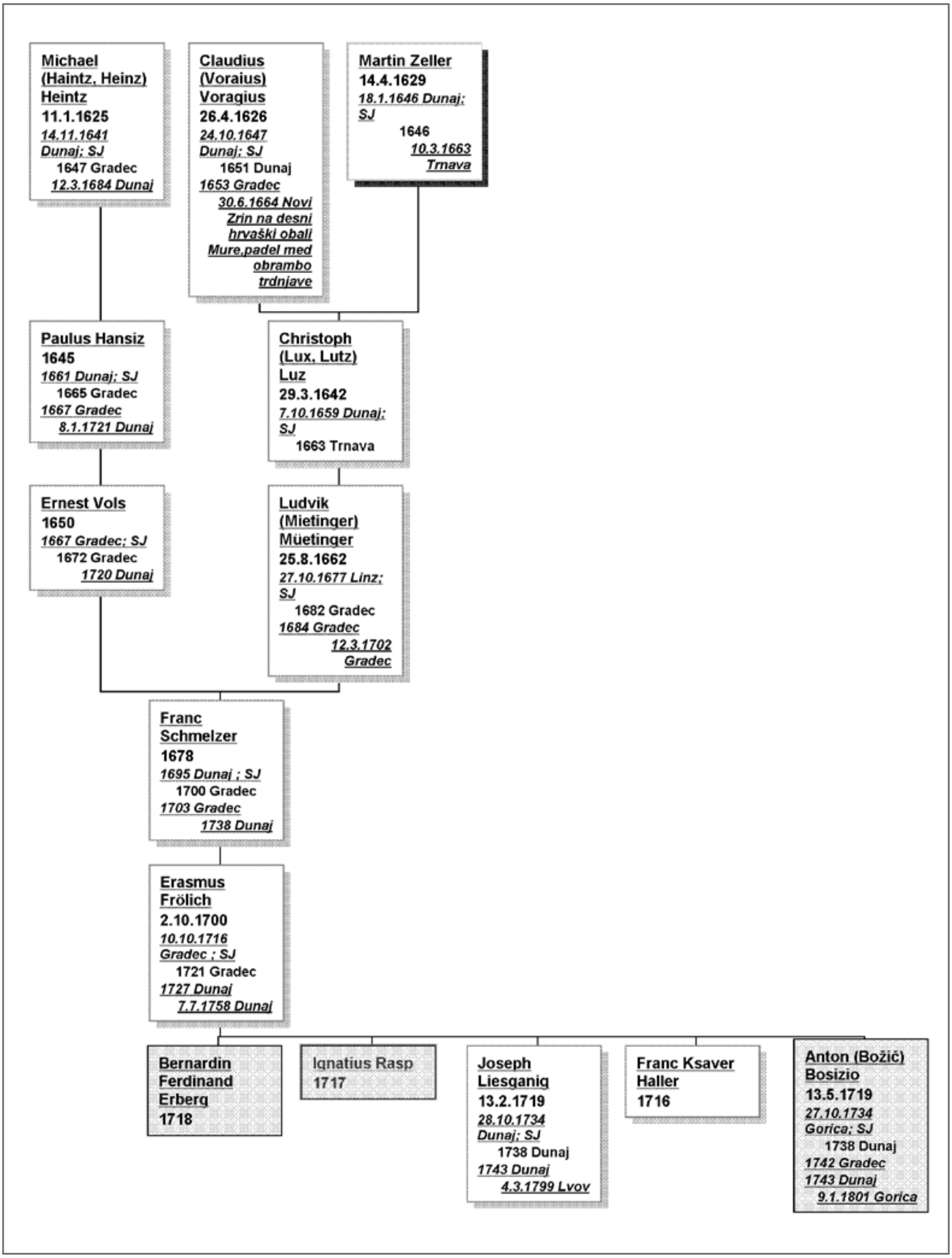
Keywords: History of physics education, Maribor, Gorizia, Ljubljana.

UVOD

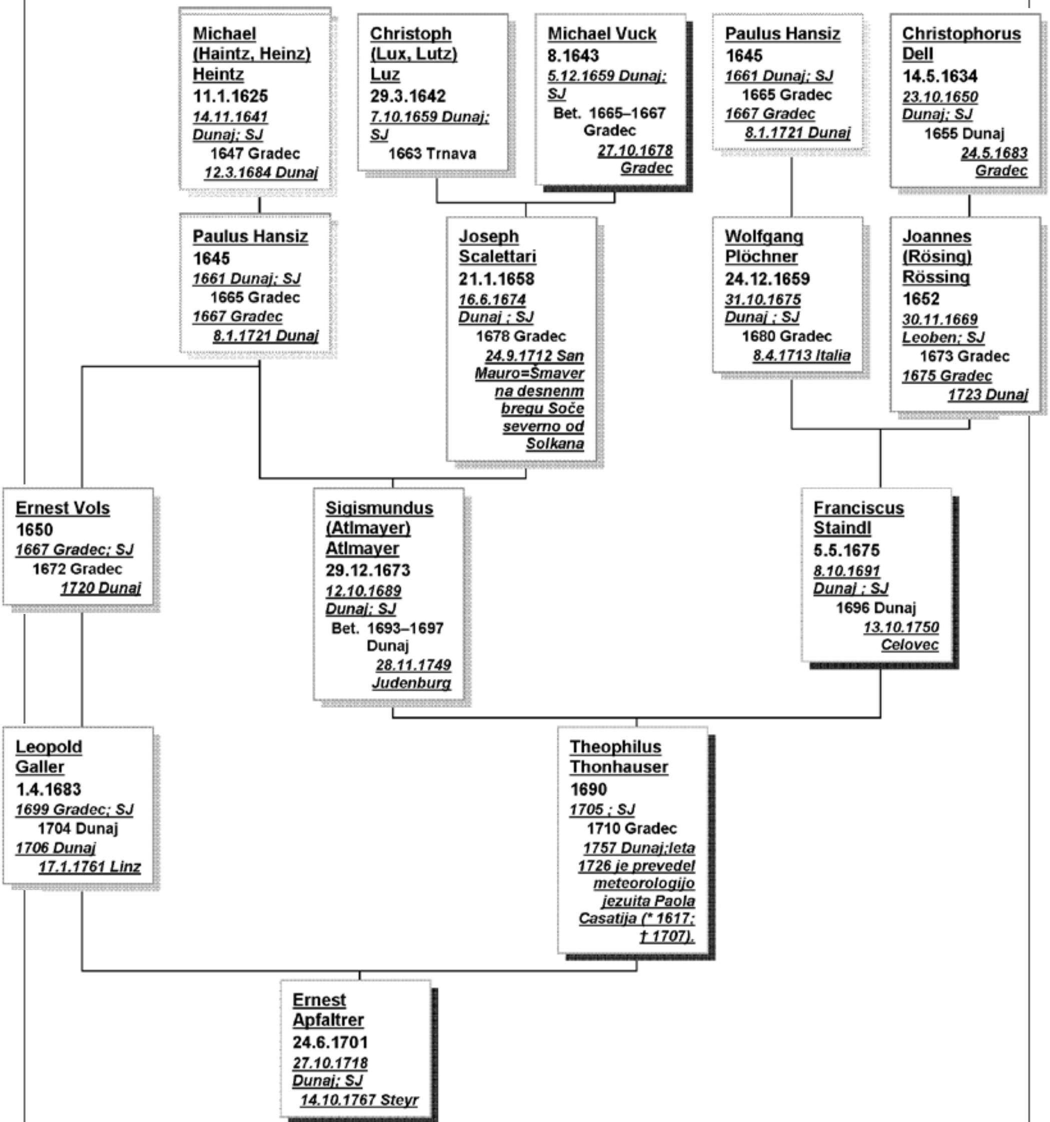
Matematični genealoški projekt oddelka za matematiko državne univerze Severna Dakota že dolgo ponuja razmeroma pregledne povezave med učitelji sodobnih in nekdanjih učenjakov. Seveda vsebuje tudi nekaj zanimivih ljubljanskih fizikov, denimo Gabrijela Gruberja. Za profesorje fizike podobno učinkovit pripomoček žal še ni na voljo kljub številnim poskusom [1] in medsebojnim povezavam med podobnimi projekti matematikov, kemikov, fizikov in sorodnih učenjakov. Pomanjkljivost skušamo omiliti s pričujočim prispevkom. S tem se navezujemo na danes priljubljeno področje fizike, usmerjene v dinamiko sistemov.

METODOLOGIJA

Načeloma lahko vsakemu fiziku določimo učitelja, najraje mentorja pri zagovoru doktorske disertacije. Če tega ni ali ni znan, na njegovo mesto postavimo predstojnika njegove specializacije. V nekaterih primerih tudi ta ni na voljo, zato prednika poiščemo v obeh profesorjih, ki sta ga učila visokošolsko fiziko ali matematiko. Zlasti za 17. in 18. stoletje so podatki za vnos zlahka na voljo, saj so bili domala vsi profesorji fizike in matematike v katoliških deželah jezuiti, o katerih so na voljo natančni katalogi [2].



Slika 1: Učitelji in sošolci ljubljanskega fizika Bernardina Ferdinanda barona Erberga s podatki o rojstvu, vstopu med jezuite, študiju fizike, morebitni specializaciji iz matematičnih ved in smrti. Profesorji z danes slovenskega ozemlja so posebej označeni.



Slika 2 : Učitelji Ernesta barona Apfaltrerja z gradu Grmače v kraju Zavrstnik pri Šmartnem pri Litiji, ki je bil predstojnik postojanke s šolo v Mariboru, nato pa še v Ljubljani. Temne sence imajo pravokotniki z vpisanimi fiziki, svetlejše pa matematiki.

S takšnim razmeroma enostavnim postopkom zlahka zgradimo povezave vidnejših slovenskih fizikov. Pri tem nas predvsem zanimajo njihove mednarodne povezave. Za posameznika ob imenu, priimku, kraju in času rojstva/smrti vnašamo predvsem kraj/čas študija fizike, kraj/leto specializacije/doktorata, kraj/leto morebitnega vstopa v jezuitsko družbo, čas/področje morebitnega delovanja v Ljubljani ter kraj/čas/področje predavanja matematično-fizikalnih predmetov zunaj Ljubljane. Seveda gre za projekt v razvoju. V tem prispevku na ta način obravnavamo fizikalne učitelje najvidnejših slovenskih fizikov: Erberga, Apfalterja, Mühlbacherja, Ambschella in končno še Jožefa Stefana in Antona Peterlina.

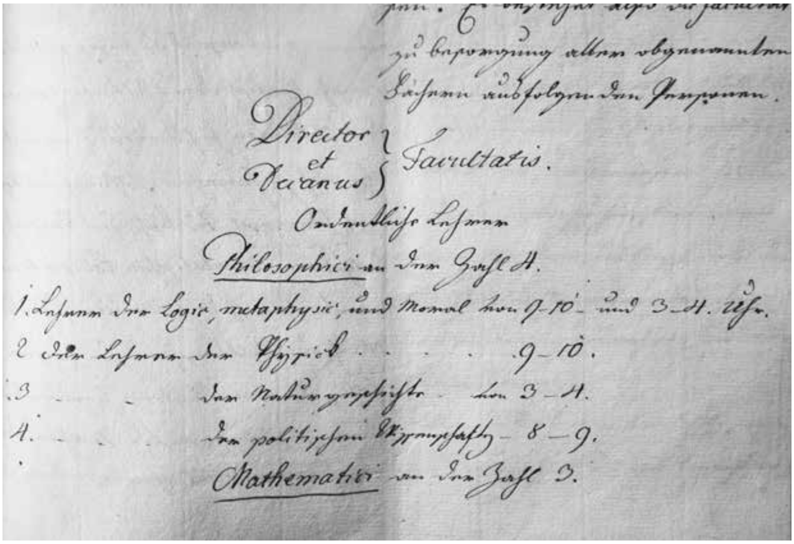
REZULTATI

V šolskem letu 1705/1706 so v Ljubljani prvič dobili uradno nastavljenega profesorja fizike, Petra Buzzija iz Julijske Krajine. Do prepovedi jezuitov leta 1773 se je v Ljubljani zvrstilo 59 profesorjev fizike, profesor mehanike pa je bil samo Gabrijel Gruber. Menjavali so jih očitno dokaj hitro, kar ni bilo vedno slabo; v Ljubljano so tako redno prihajali profesorji fizike, ki so si izkušenj nabirali na najbolj elitnih dunajskih šolah.

Razen J. Krausa (1717, 1718), J. Mayra (1722, 1727) in T. Mayerna (1747, 1749) pred letom 1765 nobeden izmed ljubljanskih profesorjev ni predaval fizike več kot eno leto. Šele Janez Pogrietschnig (1765–1768) in Gregor Schöttl (1769–1773) sta bila v desetletju pred prepovedjo jezuitskega reda več let zaporedoma profesorja fizike v Ljubljani, saj je poklic fizika postopoma pridobival na ugledu. Prihodi profesorjev iz Gradca ali Dunaja so vsekakor ugodno vplivali na kvaliteto študija v Mariboru, Gorici in Ljubljani.

Večina ljubljanskih profesorjev fizike se je usposobila na graški univerzi, pol manj pa jih je študiralo na Dunaju. Številni ljubljanski profesorji tehniških ved so poučevali na elitnem dunajskem Terezijanišču, ki ga je cesarica Marija Terezija ustanovila leta 1746 za izobraževanje plemiških sinov s poudarkom na sodobni fiziki. Med njimi so bili Bernardin Ferdinand baron Erberg, Janez Schöttl, I. Rosenberger, K. Rieger in Jožef Kauffmann.

V Ljubljani je v obdobju 1704–1774 delalo 489 jezuitskih patrov in magistrov, med njimi pa jih je le 12 % v Ljubljani predavalo fiziko. To pa nikakor ne pomeni, da ostali fizike niso poznali. 177 ljubljanskih jezuitov je namreč predavalo fiziko na drugih kolegijih, 99 pa matematiko vključno s 84 repetitorji. 39 ljubljanskih jezuitov je na drugih šolah predavalo tako fiziko kot matematiko oziroma vodilo repetitorij iz matematičnih predmetov. Po začetku pouka fizike v Ljubljani je tako domala polovica vseh ljubljanskih jezuitskih patrov in magistrov (237 od skupno 489) predavala fiziko ali matematiko oziroma vodila matematični repetitorij. Tako se je ljubljanski profesor fizike pogosto lahko obrnil po nasvet k svojim ljubljanskim sodelavcem, ki so se kot profesorji fizike ali matematike kalili na drugih šolah.



Director et Decanus Facultatis.

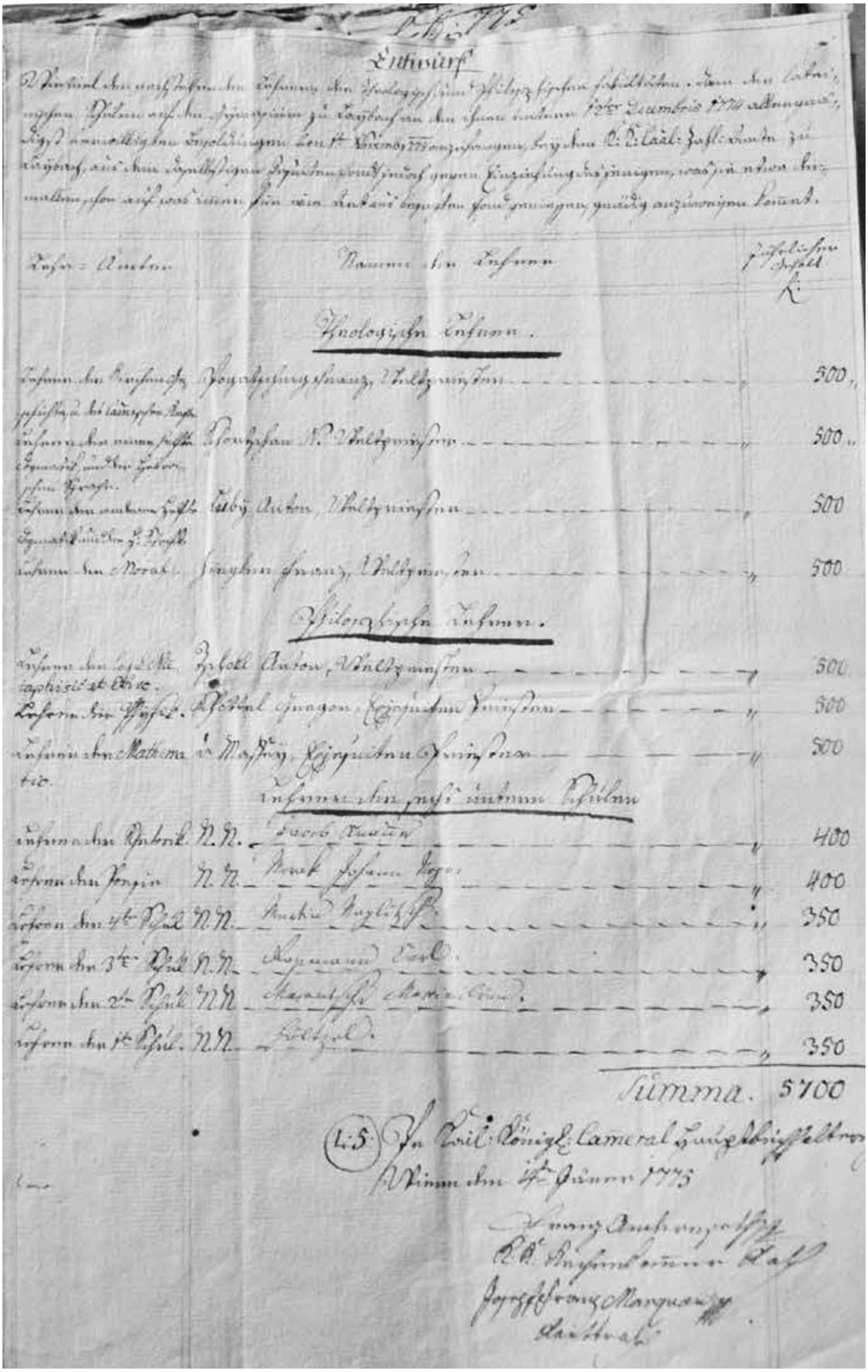
Philosophici

Mathematici

Slika 3: Razporeditev predavanj Vegovih profesorjev logike, fizike (Gregor Schöttl), naravoslovja in političnih znanosti v predavalnici (sali) 4 v času požara, ki je 28. 6. 1774 upepelil večji del visoke šole pri sv. Jakobu in okoliških stavb, tako da je bilo pouk treba preseliti na prostore sedanje ljubljanske tržnice (Vir: Arhiv Republike Slovenije, AS 7 Deželno glavarstvo za Kranjsko, Publico-Politica, š. 70, Lit S, No 19, Vol 2, Schul- und Studien Sachen Anno 1774).

IV	Physica	Gregorius Schöttl	Sacerdos Exjesu.	[illegible]	500 f	Camera:	47.
V	Logica et Metaphysica	Antonius Tschokl	Sacerdos Secularis	Makko	500 f	Camera:	44.
VI	Matheseos	Josephus Maffei	Sacerdos Exjesu:	Makko	500 f	Camera:	50.
VII	Mechanica	Gabriel Gruber	Sacerdos Exjesu:	Propria Scripta	1000 f	Camera:	[illegible]
VIII	[illegible]	[illegible]	Sacerdos Exjesu:		400 f	Camera:	
IX	Rhetorica	Joannes Hormayer	Sacerdos Exjesu:	[illegible]	550 f	Camera	57.

Slika 4: Plače, učbeniki in nekdanja pripadnost jezuitom Vegovih profesorjev nižjih in višjih študijev (Tschokl, Schöttl, Maffei, in dvakrat višje plačani Gruber) leta 1774 (Vir: Arhiv Republike Slovenije, AS 7 Deželno glavarstvo za Kranjsko, Publico-Politica, š. 70, Lit S, No 19, Vol 2, Schul- und Studien Sachen Anno 1774).



Slika 5: Nespremenjene plače Vegovih profesorjev nižjih (Jakob Knauer) in višjih študijev (logik Tschokl,fizik Schöttl, matematik Maffei) ob koncu Vegovih študijev 4. 1. 1775 (Vir: AS 7, š.70, lit S, num 19, vol 3).

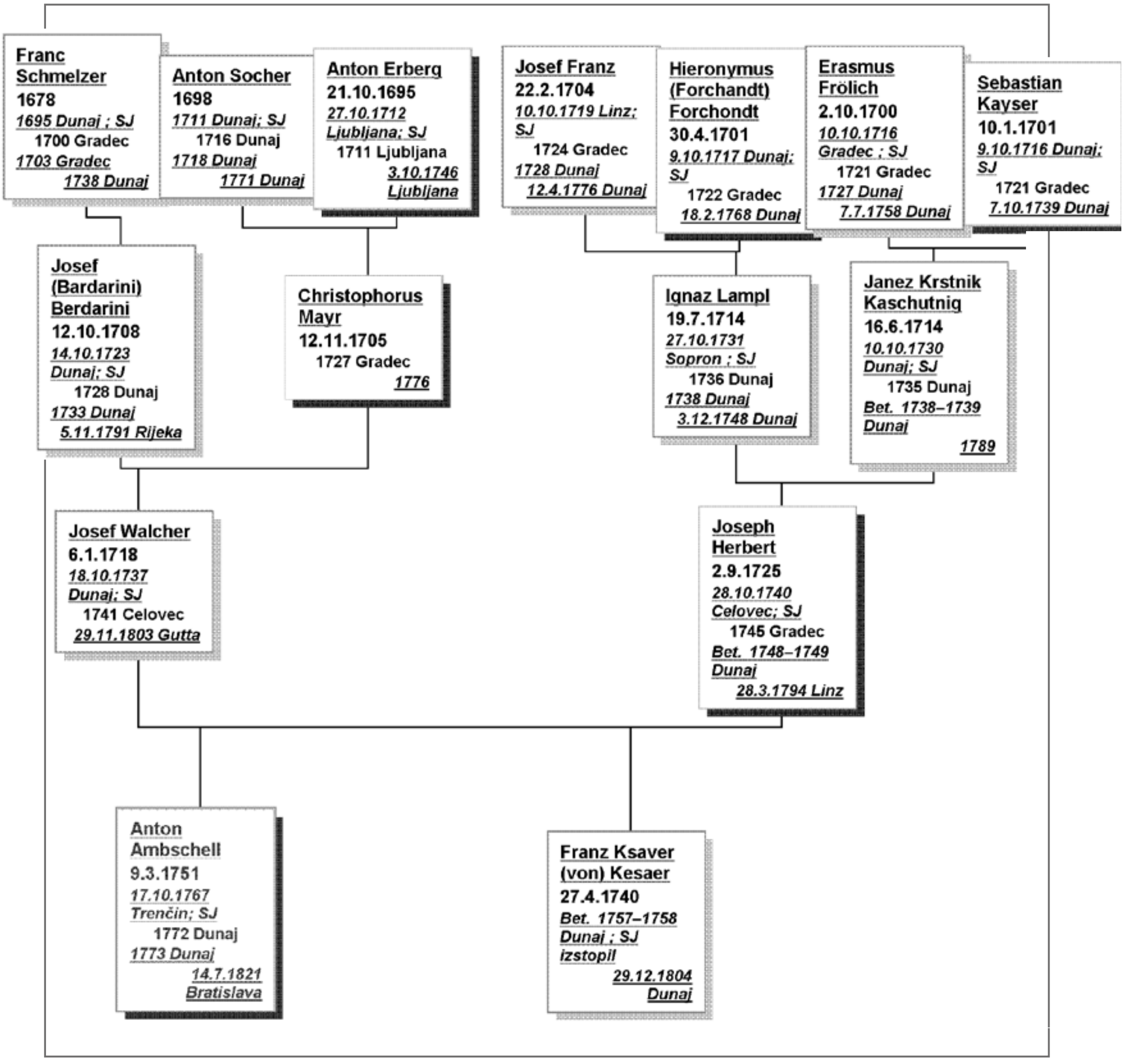
Nekateri ljubljanski jezuiti so na drugih šolah predavali fiziko več kot enkrat. Ljubljanski jezuiti so skupno 251-krat predavali trienium filozofije s fiziko v drugem letniku zunaj Ljubljane, večinoma na Dunaju (34), v Celovcu (33), Passauu (33), Gradcu (31), Gorici (31), na Hrvaškem (Zagreb, Reka, Požega, 27), v Linzu (27), na Slovaškem (Trnava, Košice, 13) in Ogrskem (Buda, Györ, 11).

Skupno so ljubljanski jezuiti opravili 398 let predavanj in repeticij iz fizike in matematike. V času uvajanja pouka eksperimentalne fizike v 1750-ih letih sta univerzi v Trnavi in Gradcu zaposlili največ ljubljanskih jezuitov kot profesorjev fizike ali matematike oziroma repetitorjev. Običajno so ljubljanski matematiki ali fiziki enako snov kot v Ljubljani predavali tudi drugod, nekateri pa so predavali matematiko ali fiziko, ne da bi ta predmet prakticirali v Ljubljani.

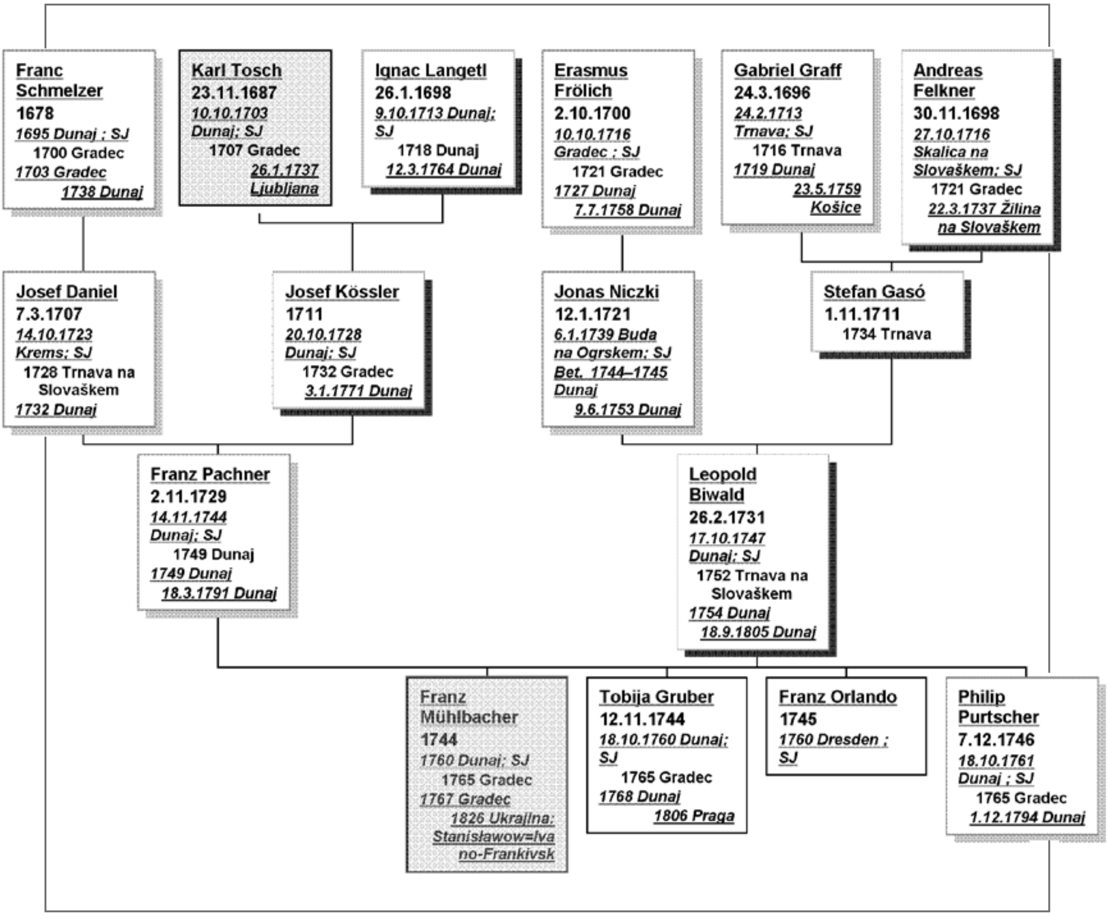
POGLAVITNI LJUBLJANSKI JEZUITSKI STROKOVNJAKI KOT DEDIČI THULLNERJA IN SCHMELZERJA

V Ljubljani sta kratek čas matematične vede predavala dva ključna strokovnjaka v habsburški monarhiji, Janez Krstnik Thullner leta 1708/09 ter Franz Schmelzer leta 1710/11 in 1711/12. Oba sta pozneje na Dunaju vodila fizikalni kabinet, imenovan matematični muzej, leta 1721/22 oziroma med letoma 1725/26–1737/38. Thullner je bil pri tem še dunajski rektor (4. 12. 1718–21. 12. 1721, 4. 1. 1725–) in nato provincial (20. 3. 1727–1731). Schmelzer je bil profesor Avguština Hallersteina in drugih magistrov, ki so se kot repetitorji urili na Dunaju med utrjevanjem matematičnih ved s študenti. Schmelzerjevim podobne pedagoške naloge sta opravljala Hallersteinov sošolec Erazem Frölich in Schmelzerjev profesor Ernest Vols iz Radgone, ki je bil tudi vodja fizikalnega kabineta med letoma 1715–1720. Vols je vzgojil ljubljanskega astronoma Franca Breckerfelda, Hallersteinovega strica Antona Erberga in graškega profesorja repetitorjev Belgijca Petra Halloya, poznejšega mariborskega rektorja. Halloy je v Gradcu vzgojil G. Gruberjevega učitelja Franza Weissa, ljubljanskega fizika Gregorja Schöttla in ljubljanskega matematika Michaela Schmidta.

Dubrovniški fizik Bošković je imel odločilen vpliv na zaključno desetletje jezuitskega pouka fizikalnih ved v naših krajih. Med Frölichovimi repetitorji v Gradcu in na Dunaju sta bila Boškovićeva prijatelja Karl Scherffer in Josef Liesganig, slednji skupaj z Bernardinom Ferdinandom Erbergom, bratrancem matere Av. Hallersteina in ustanoviteljem matematično-fizikalnega kabineta v Ljubljani. Pri Frölichu so se zaporedoma udinjali kot repetitorji matematike tudi poznejši ljubljanski rektor fizik Karl Dillherr, ljubljanski profesor fizike Janez Schotter (1737), štajersko-koroški strokovnjak Janez Kaschutnig, ljubljanski matematik Leopold Pfeiffer (1738) in ljubljanski astronom Janez Schöttl (1746). Scherfferjevi dunajski študenti so bili reški-tržaški fizik Franjo Orlando, hidrotehnik Tobija Gruber in prvi ljubljanski profesor eksperimentalne fizike Franz Mühlbacher. Orlando je repetiral matematiko pri Lamplu skupaj z G. Gruberjevim in Maffeijevim profesorjem Nikolausom Podo



Slika 6: Učitelji ljubljanskega fizika Ambschella.

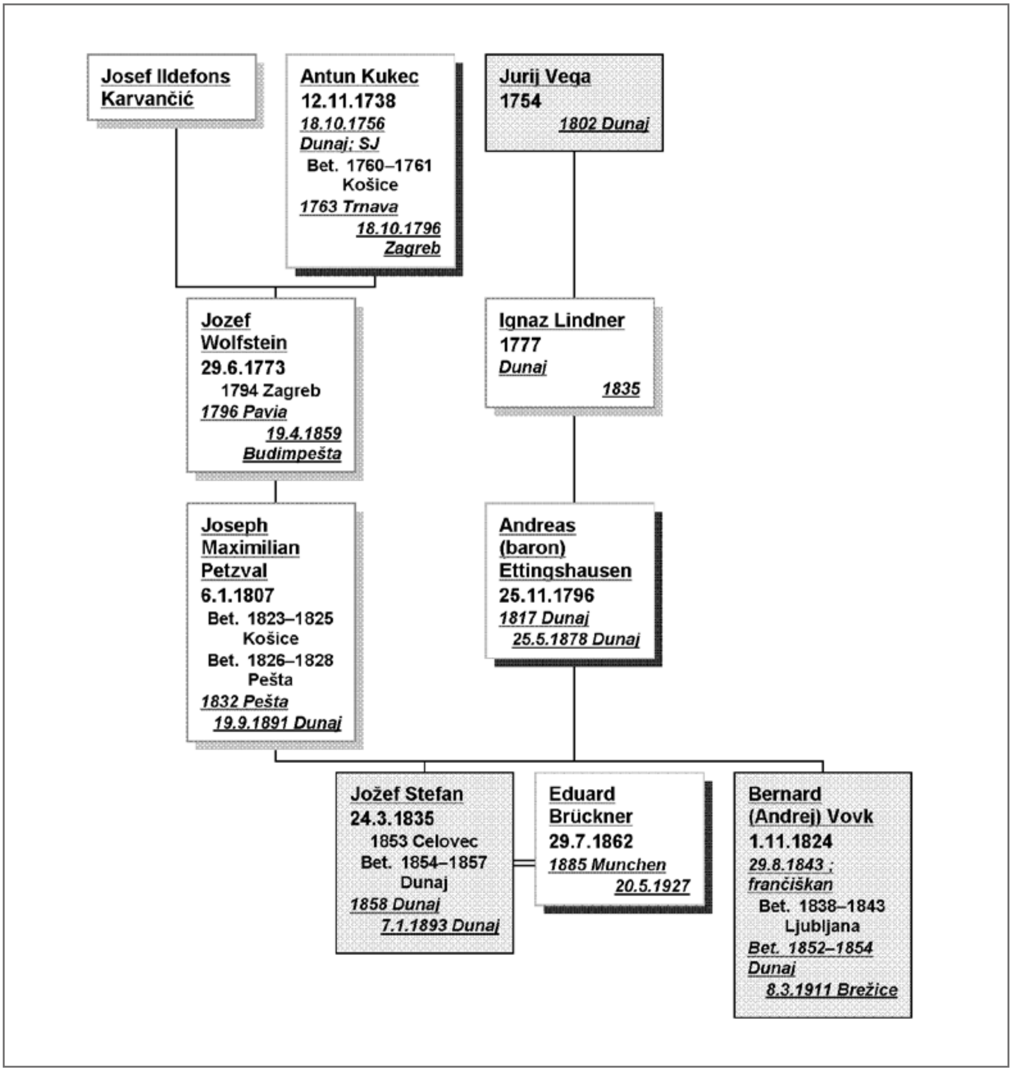


Slika 7: Učitelji prvega ljubljanskega profesorja eksperimentalne fizike Franca Mühlbacherja.

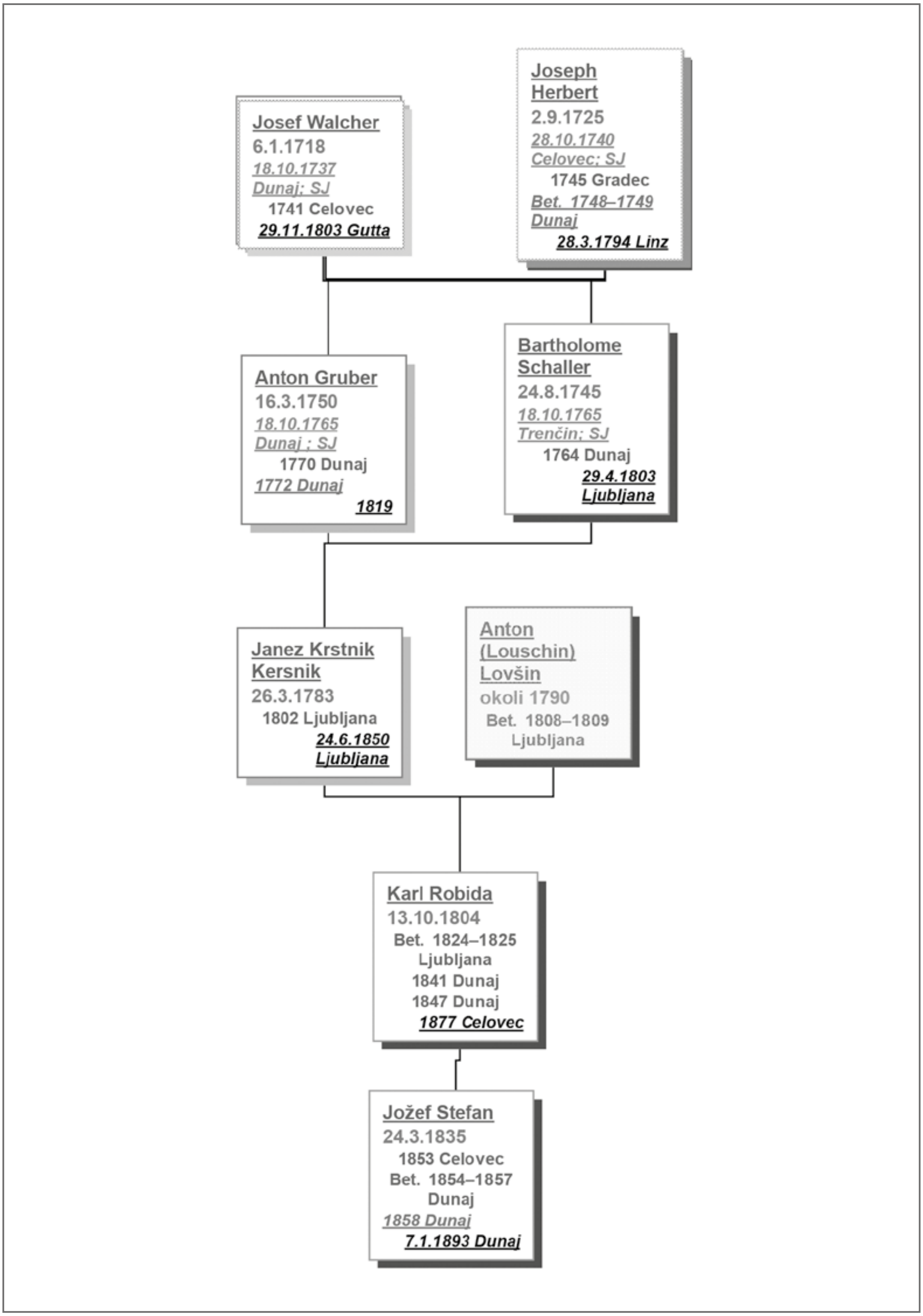
in A. Ambschellovim učiteljem Korošcem Josefom Herbertom; po Lamplovi prezgodnji smrti je njegove repetitorje leta 1749 usmerjal Kaschutnig, ki je v naslednjo skupino repetitorjev leta 1750–1751 vključil ljubljanskega matematika Jožefa Kauffmanna. Pouk visokošolske fizike v Ljubljani nikakor ni zaostajal za drugimi kraji habsburške monarhije, saj je bil z njimi tesno prepleten.

Vzgoja novih kadrov je potekala nadvse sistematično in centralizirano. Jezuitske novice so sprejemali le na Dunaju in v Trenčinu, repetitorje pa so vzgajali sprva le na Dunaju in v Gradcu, po letu 1756 pa tudi v Trnavi na Slovaškem. Obvezna predavateljska dve- ali večletna praksa magistrov s končanimi filozofskimi študijami na manjših kolegijih vključno z Ljubljano je omogočala hiter pretok novih idej in njihovo poenotenje. Medtem ko je prodor fizike francoskega učenjaka R. Descartesa v času Thullnerjevega drugega dunajskega rektorata še povzročal iskriva nesoglasja predvsem v Zagrebu, pa je uvajanje Boškovićeve fizike po koncu Thullnerjevega vodenja province steklo nadvse gladko po zaslugi provinciala (10. 4. 1747–9. 11. 1750) in graškega rektorja (1758–1760) ljubljanskega plemiča Avguština Hingerleja. Bistveni delež poenotenja so doprinesli dunajski profesorji, še posebno po ustanovitvi Terezijanišča leta 1746. Vols, Thullner, Stainer, Volsova učenca F. Breckerfeld in Schmelzer so predavali še v antični Aristotelovi tradiciji s poudarkom na A. Kircherjevi in A. Tacquetovi (* 1612; † 1660) posodobljeni geometriji sončne ure. Breckerfeldov učenec, ljubljanski fizik Dolenjec Jurij Žnidaršič je leta 1741 v Ljubljani še nasprotoval Descartesovim prvinam, Gassendijevim atomom in Koperniku. Hrvat Ivan Galjuf je v Ljubljani tri leta pozneje še vedno predaval fiziko po navodilih jezuita H. Fabrija proti Leibnizu, Newtonu, Descartesu in Gassendiju; upošteval je Boylove vakuumske poskuse predvsem kot dokaz proti Descartesovemu zavračanju vakuuma. Descartesovo nasprotovanje obstoju vakuuma je njegovo fiziko kmalu prestavilo na stranski tir, ko je postajalo očitno, kako pomemben je prazen prostor za delovanje barometrov, termometrov in sprva še igrivih poskusov z Boylovo črpalko. Posodabljanje jezuitskega pouka je nato steklo razmeroma urno tudi zavoljo popuščanja vatikanskih pritiskov proti Koperniku, Galileju in protestantskim učenjakom. Prevladalo je mnenje, da matematično-tehniške vede niso zgolj razumske vaje ob uporabi sončne ure, temveč so gospodarsko učinkovit državni interes. Schmelzerjevi učenci ljubljanski rektor Anton Erberg, numizmatik-fizik E. Frölich, astronom Hallerstein, J. Daniel in Halloy so v okviru terezijanskih reform eksperimentalnega pouka omogočili dosežke Frölichovih učencev M. Hella, K. Dillherra, J. Schotterja, Kaschutniga in B. F. Erberga. Njihovi sošolci so bili vodilni zagovorniki Boškovićeve fizike, med njimi predvsem J. Danielov učenec Biwald in Kaschutnigov študent J. Herbert ter Frölichova učenca Liesganig in Scherffer.

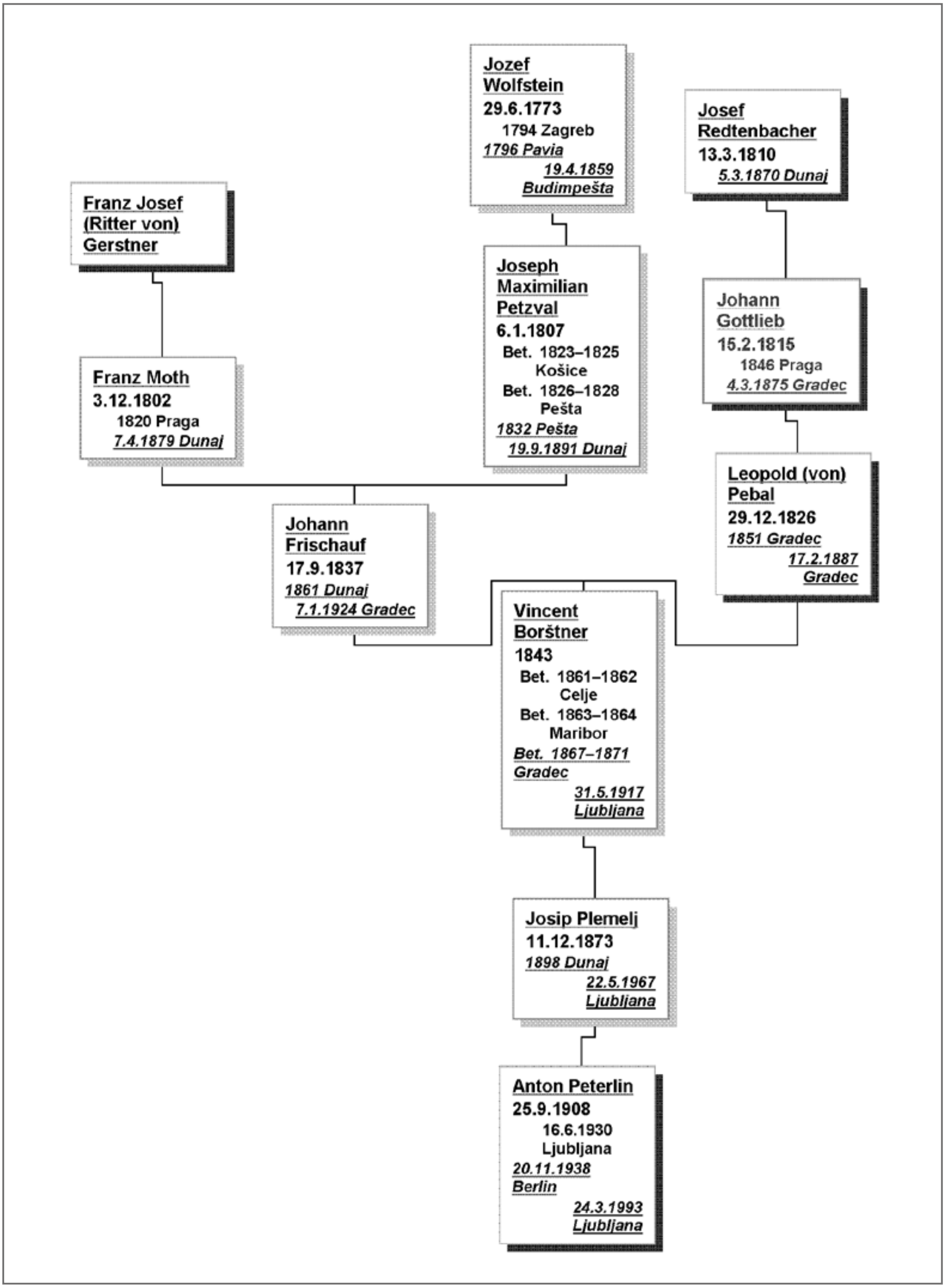
Ljubljana je igrala pomembno vlogo pri širjenju Boškovićevega znanja po njegovih treh obiskih v mestu. Herbertov poglavitni učenec Anton Ambschell je postal ljubljanski rektor, nekdanji ljubljanski magister Biwald (1756–1757) pa je tesno sodeloval s svojimi ljubljanskimi nasledniki. Biwaldov sodelavec, ljubljanski magister (1757) Sigmund Anton grof Hohenwart s Kolovca je kot škof Trsta (1791) in St. Pöltena (1794) ter nadškof Dunaja (1803) prijateljeval s Hellom in J. Liesganigom. Posebno blizu mu je bil florentinski dvorni fizik od leta 1765 Fontana v času, ko je bil Hohenwart vzgojitelj bodočega cesarja Franca in njegovih bratov v Firencah (1777–1791). Felice Fontana (* 1730; † 1805) je malo pred prihodom svojega vrstnika Hohenwarta leta 1772 odkril adsorpcijo plinov na vročem lesnem oglju, kar je odprlo pot novemu načinu vakuumskega črpanja.



Slika 8: Učitelji dunajskega fizika Slovenca Jožefa Stefana po vejah njegovih dunajskih univerzitetnih profesorjev.



Slika 9: Učitelji dunajskega fizika Slovenca Jožefa Stefana po vejah njegovega celovškega gimnazijskega profesorja Robide.



Slika 10: Učitelji ljubljanskega fizika Peterlina glede na njegovo diplomo v Ljubljani.

ZAKLJUČEK

Računalnik je zanimivo orodje tudi za preučevanje zgodovine fizike. Srednješolski ali osnovnošolski dijak (dijakinja) lahko za vajo z njim še sam zlahka sestavi svoje lastno drevo učiteljev fizike tako, da v rodovniški ali kakšen drug primeren program za risanje dreves najprej vnese sebe, nato svoja profesorja fizike in matematike (ali fizike in kemije). Pri svojih profesorjih se lahko nato pozanima, pri katerih profesorjih so opravili diplomsko delo. Z malo volje dijak (dijakinja) nato s pomočjo dosegljive literature [3] dožene, kdo so bili mentorji njegovih profesorjev. Brez prevelikega truda tako kmalu dobi nekaj deset profesorjev, ki si jih sme predstavljati za svoje intelektualne prednike na področju fizikalnih ved. Ob izmenjavi podatkov s šolarji v drugih krajih tako dijakinja (dijak) lahko kmalu sestavi zavidanja vredno zbirko slovenskih fizikov, gotovo pa marsikje poseže tudi prek slovenskih meja. Igraje tako ustvari bazo slovenskih fizikov, podobno matematičnemu genealoškemu projektu oddelka za matematiko državne univerze Severna Dakota. Iz malega pač raste veliko.

Veje učiteljev vodilnih slovenskih profesorjev fizike preteklih dveh stoletij bodo v pomoč učencem in učenkam pri sestavljanju dreves njihovih lastnih akademskih prednikov. Za primer podajamo dva prikaza izobraževanja Jožefa Stefana in drevo akademskih prednikov Antona Peterlina. Stefanov gimnazijski profesor fizike in razrednik Karel Robida se zdi tu še posebno zanimiv, saj je bil slovenskih gora sin in pisec prvega slovenskega učbenika fizike.

LITERATURA

[1] http://genealogy.math.ndsu.nodak.edu/index.php http://en.wikipedia.org/wiki/Academic_genealogy_of_theoretical_physicists

[2] L. Lukács, *Catalogus generalis seu Nomenclator biographicus personarum Provinciae Austriae Societatis Jesu (1555–1773)*, I. Romae: Institutum Historicum S.I., 1987–1988.

[3] S. Južnič, M. Prosen, *Astronomija na Slovenskem in slovenski astronomi na tujem (12. –21. stoletje). (Sprehod skozi zgodovino slovenske astronomije od srede 12. do začetkov 21. stoletja). Astronomy at the Slovene Lands*. Radovljica: Didakta, 2008; S. Južnič, Razvoj fizike med Slovenci, 2008; S. Južnič, *Razvoj matematičnih ved na ozemlju, poseljenem s Slovenci*, 2009.

JABOLČNIK KOT MEDPREDMETNI UTRINEK

Sorodniki so nam podarili jabolčnik. Nismo ga prekuhali, zato je bilo v pijači precej življenja. Zvečer smo pustili plastenko na kuhinjskem pultu, zjutraj pa nas je čakal na gladini vzorec, ki nikakor ni bil sad naključja.

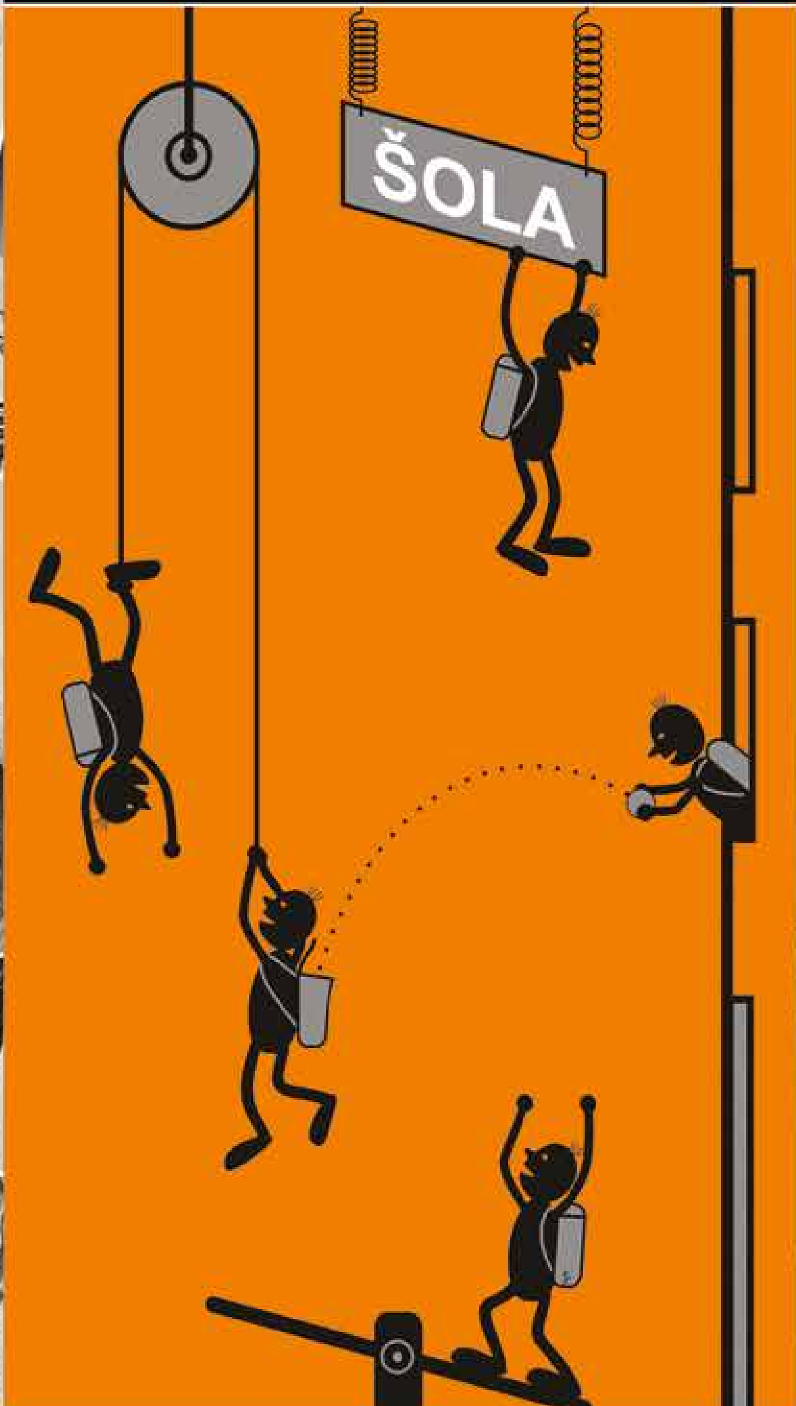
Vzrok za vzorec se skriva kar v plastenki. V igri je sila teže, zaradi katere se je pretežni del usedline zbral na dnih (to je mestnik množine za besedo »dno«) petih vdolbin, ki sestavljajo dno plastenke. V usedlini je nekaj podobnega kot v mestih: velika gostota prebivalstva. In tudi »prebivalci« te usedline proizvajajo CO_2. Tu se v zgodbo vključi sila vzgona. Mehurčki, ki so sicer bistveno manjši kot pri gaziranih pijačah, zaradi vzgona potujejo navzgor. Prav počasi na gladini ustvarjajo večje mehurčke in tako nastane pena. Takoj lahko spregovorimo še o enem fizikalnem pojavu, gre za površinsko napetost, ki je še kako povezana z mehurčki.

Največ mehurčkov in s tem vrh pene je točno nad dni (orodnik množine) vseh petih vdolbin. No, vzorec malo odstopa od tega pravila. Zaradi površinske napetosti in mehurčkov, ki so ob steni plastenke, se nekoliko razpotegne proti steni. Vsekakor pa ni mogoče spregledati povezave med obliko dna plastenke ter temi petimi vzorci. Vsem petim dnom je tudi skupno, da se nad njimi pojavljajo opazno drugačni vzorci kot na preostali površini jabolčnika. Tako kot dna morij ali jezer torej tudi dna posod na neki način odražajo svojo konfiguracijo na površini tekočine, s katero so napolnjena.

Tine Golež

ISSN 1318 - 6388

9 771318 638001



FIZIKA v ŠOLI
www.fizikavsoli.si