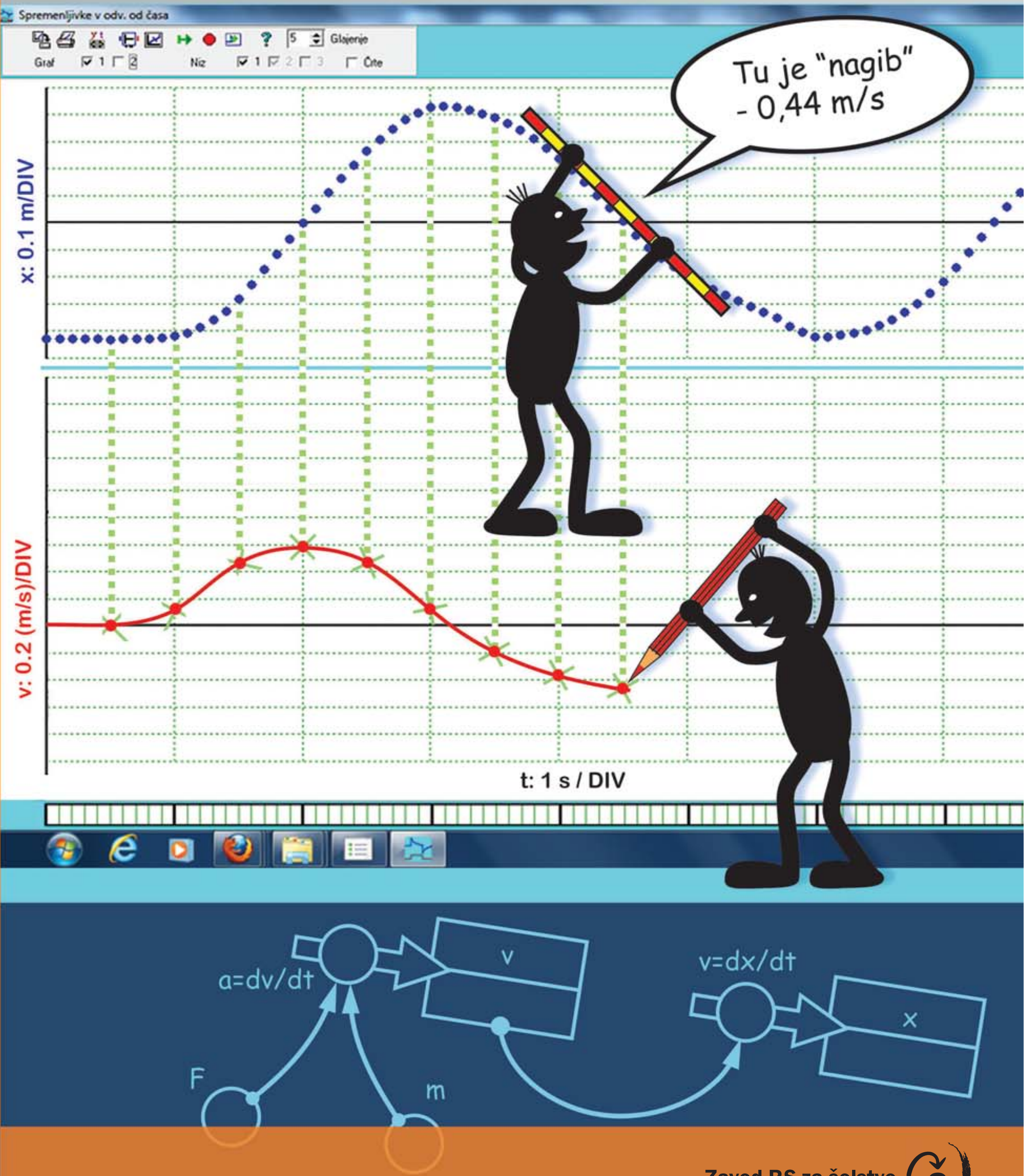
FIZIKA v ŠOLI

www.fizikavsoli.si letnik XIX, št. 2, januar 2014

Poštnina plačana pri pošti 1102 Ljubljana



Zavod RS za šolstvo

FIZIKA V ŠOLI ŠT. 2/2013

VSEBINA

PACS 01.40. –d, 01.50. –i, 01.55. +b

ISSN 1318-6388
FIZIKA V ŠOLI letnik XVIII, številka 2, januar 2014
Izdajatelj in založnik: Zavod RS za šolstvo
Predstavnik: mag. Gregor Mohorčič
Odgovorni urednik: mag. Tine Golež

Jezikovni pregled: mag. Seta Oblak
Urednica založbe: Simona Vozelj
Oblikovanje: dr. Vladimir Grubelnik
Računalniški prelom in tisk: Littera picta d.o.o.
Naklada: 480 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

Ker gimnazijska fizika ne uporablja infinitezimalnega računa, se do cilja nekaterih nalog, ki se nanašajo na dinamične sisteme, odpravimo prek diferenčnih enačb. Vsekakor vsaj nekateri dijaki znajo uporabljati Excel, tako da računalniški del ni prezahteven. Obširna razlaga, ki jo v svojem članku poda Vladimir Grubelnik, pa zgladi pot tudi fizikalnemu delu naloge.

Prepričan sem, da bi lahko še več uporabljali grafe pri pouku fizike. Bralce vabim, da sami presodijo o pravilnosti te trditve in predvsem o tem, ali v članku predstavljeni grafi kažejo tudi nekaj novih možnosti za uporabo grafov.

O metu žoge sta v soavtorskem članku spregovorila Tadej Emeršič in Vladimir Grubelnik. Zaradi cenenosti digitalnih kamer se bo dalo zapisane zglede preveriti na posnetih metih, tako da zares upamo, da bo zapis navdihnil dodatno zanimivost za uro ali krožek.

Prvo poročilo v tej reviji je namenjeno srečanju učiteljev naravoslovnih predmetov, ki je bilo v Laškem. Izvrstni predavatelji na tej konferenci in zanimive teme so pritegnile številne učitelje, je najkrajši povzetek zapisa Milenka Stiplovška. Kdo je predaval in o čem so govorili - vse to izveste v tem poročilu.

Daljši zapis je namenjen maturi. Poročevalec je tokrat Peter Gabrovec, ki je to štafeto prevzel od Vitomirja Babiča. Poleg statistike nas v članku opozori na nekatere naloge, ki so bile lahke ali težke za dijake, pa tudi na tiste, za katere je komisija pričakovala drugačno uspešnost pri reševanju.

Alenka Krejan piše o medpredmetni povezavi; morda bi bila bolj ustrezna beseda projektni povezavi. Na gimnaziji so spregovorili o filmski umetnosti, h kateri so učitelji različnih predmetov dodali stične točke k svojemu predmetu. Nekoliko spremenjen pouk je pritegnil dijake.

O Galileju precej govorimo v šolah. Zgodbe o tem prvem pravem fiziku bomo lahko dopolnili še z omembo njegovega sorodnika. Je namreč živel prav v naših krajih in nekoliko vplival na uveljavitev idej znamenitega sorodnika tudi pri nas. Te podrobnosti, ki jih pozna le malo ljudi, nam predstavlja Stanislav Južnič.

Kako se lotiti mladostnih nagajivosti in jih speljati na pot ustvarjalnosti? Zares posrečeno je to storil Damjan Štrus, ki je organiziral tekmovanje v izdelavi in seveda tudi letenju papirnatih letal. Prireditev ima lepe možnosti, da postane še bolj množična in da prav po tej poti vrne nekaj tehnike v gimnazije. Seveda se ob tem poraja kar nekaj možnosti za fizikalne meritve.

Raznolikost tokratnih prispevkov naj spodbudi še koga, da bo reviji poslal zapis o svoji učni metodi ali ustvarjalnosti, ki bi jo veljalo posnemati. Vsekakor bralci radi prebirajo prispevke, ki so zares pisani iz prakse za prakso.

mag. Tine Golež

OBRAVNAVA DINAMIČNIH SISTEMOV NA PODROČJU IZOBRAŽEVANJA

Vladimir Grubelnik

Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Univerza v Mariboru

Povzetek: *V prispevku pokažemo možnost obravnave dinamičnih sistemov na različnih stopnjah izobraževanja. Poudarimo pomen ponazoritve spreminjajočih se količin s pretakanjem tekočin, prikažemo vlogo računalnika v smislu izgradnje in simulacije dinamike sistemov ter navedemo nekaj primerov obravnave dinamičnih sistemov na različnih stopnjah izobraževanja.*

Abstract: *In the paper, the possibility of dynamical systems discussion on different levels of education is presented. The meaning of visualization of variables like flowing fluids is emphasized, the role of computer in building and simulation of dynamical systems is shown, and some examples of the discussed systems are indicated.*

1. UVOD

V vsakdanjem življenju imamo velikokrat opravka z dinamičnimi sistemi, ki jih opišemo s časovno spreminjajočimi se količinami [1]. Proučevanje relacij med količinami zahteva od nas reševanje sistema diferencialnih enačb. To je običajna praksa na znanstveno-raziskovalnem področju, medtem ko na področju izobraževanja običajno presega matematično znanje učencev in dijakov. Posledica tega je, da zaradi kompleksnosti naravnih sistemov in želje po analitični rešitvi prevečkrat obravnavamo poenostavljene sisteme, katerih rešitve se učenci učijo na pamet [2]. Pogosto se rezultati, ki jih dajo matematični modeli, ne ujemajo zadovoljivo z rezultati eksperimentov, kar lahko še poslabša razumevanje obravnavanih pojavov [3].

Pojavlja se vprašanje, kako matematično obravnavo dinamičnih sistemov prenesti na področje srednješolskega kot tudi osnovnošolskega izobraževanja. Kot prvo je pomembna vizualizacija kompleksnega sistema, kjer moramo učence v tesni navezavi z eksperimentalnim delom naučiti razgradnje problema in smiselne sestave posameznih členov v ustrezno celoto, ki jo imenujemo matematični model. Učenec mora znati proučiti matematične relacije med posameznimi količinami, ki so v primeru dinamičnih sistemov izražene v obliki diferencialnih enačb. Reševanje diferencialnih enačb v smislu simulacije modela na področju izobraževanja predstavlja eno izmed ključnih težav, vendar se je omenjeni problem z vse pogostejšo uporabo računalnikov v izobraževanju nekoliko omilil [4, 5]. Velik preskok pri tem so naredili tako imenovani grafično orientirani računalniški programi, kot so: Berkeley Madonna [6], Daynasys [7] in Stella [8]. Omenjeni programi omogočajo, da s povezovanjem grafičnih elementov za parametre, spremenljivke in tokove spremenljivk na enostaven in pregleden način sestavimo matematični model (glej sliko 3), katerega simulacijo prevzame računalnik [9].

V nadaljevanju bomo predstavili nekaj možnosti matematičnega modeliranja v srednji kot tudi osnovni šoli. Poudarili bomo pomen ponazoritve spreminjajočih se količin s pretakanjem tekočin, prikazali vlogo računalnika v smislu izgradnje in simulacije dinamike sistemov ter navedli nekaj primerov obravnave dinamičnih sistemov na različnih stopnjah izobraževanja.

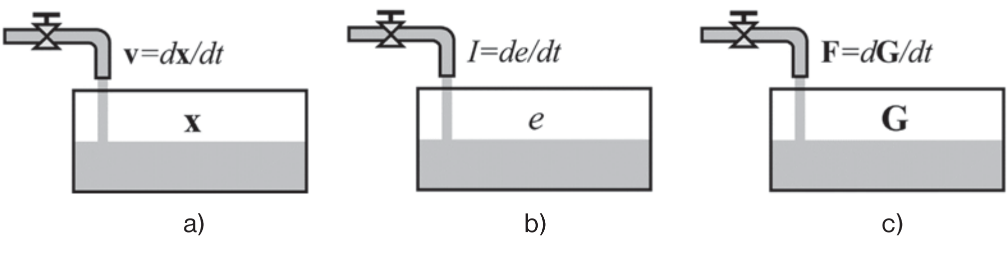
2. PONAZORITEV SPREMINJAJOČIH SE KOLIČIN S PRETAKANJEM TEKOČIN

Za lažje razumevanje dinamičnih sistemov oziroma odnosov med spremenljivkami in njihovimi tokovi predlagamo, da učenci najprej obravnavajo nekaj enostavnih primerov pretakanja tekočin, pri čemer spoznavajo vpliv tokov na spreminjanje količine tekočine v posodi. Pridobljene izkušnje na osnovi teh preprostih primerov uporabijo nato za opis drugih pojavov. Obstaja vrsta fizikalnih količin, ki jih lahko obravnavamo kot »snovem podobne količine« [10, 11], za katere velja kontinuitetna enačba:

$$dX/dt = \Sigma I_i + \Sigma i_i \, .$$

Pri tem je X ustrezna »snovi podobna« ekstenzivna količina (masa, električni naboj, gibalna količina, entropija …), ΣI_i vsota vseh tokov, ki prehajajo skozi stene opazovanega sistema, in Σi_i vsota vseh izvirov in ponorov znotraj opazovanega sistema.

Na sliki 1 je z analogijo pretakanja tekočin ponazorjena hitrost kot tok lege, električni tok kot tok naboja in sila kot tok gibalne količine.



Slika 1: Prikaz časovno spreminjajočih se količin z analogijo pretakanja tekočin.
a) Hitrost kot tok lege $\mathbf{v} = d\mathbf{x} / dt$.
b) Električni tok je tok naboja $I = de / dt$.
c) Sila kot tok gibalne količine $\mathbf{F} = d\mathbf{G} / dt$.

Tokovi ekstenzivnih količin ne tečejo sami od sebe. Odvisni so od razlike pripadajočih intenzivnih količin [11]. V tabeli 1 je podanih nekaj primerov tokov ($I = \mathrm{d}X/\mathrm{d}t$) in pripadajočih intenzivnih količin (y) za različna področja fizike. Razlika tlakov Δp poganja tok tekočine $\Phi_v = dV/dt$, napetost kot razlika električnih potencialov $U = \Delta\varphi$ poganja električni tok $I = de/dt$, sprememba hitrosti Δv poganja tok gibalne količine $\mathbf{F} = \mathrm{d}\mathbf{G}/\mathrm{d}t$, razlika temperatur ΔT poganja entropijski tok $I_S = dS/dt$ itd.

Sprememba ekstenzivne količine je povezana tudi s spremembo energije. Pri vsaki spremembi energije se spremeni vsaj še ena ekstenzivna količina. Za koliko se energija spremeni zaradi spremembe ekstenzivne količine, določa pripadajoča intenzivna količina ($dW = ydX$). Ekstenzivno količino X in intenzivno količino y v takšnem paru imenujemo energijsko konjugirani količini [10, 11]. V tabeli 1 je podanih nekaj primerov takšnih parov, pri čemer lahko spremembo energije v splošnem zapišemo:

$$dW = \textstyle\sum_i y_i\, dX_i = -pdV + Ude + vdG + TdS + \ldots .$$

Ker si vsako spremembo energije $\sum_i y_i\, dX_i$ lahko predstavljamo kot posledico toka količine X, lahko tudi energijski tok P zapišemo kot vsoto posameznih tokov:

$$P = \frac{dW}{dt} = \textstyle\sum_i y_i I_i = p\Phi_v + UI + vF + TI_s + \ldots .$$

Omenimo še količino, ki določa spremembo ekstenzivne količine zaradi spremembe pripadajoče intenzivne količine. Poimenovali bi jo lahko »posplošena kapaciteta« [10, 11], saj imajo vsi kvocienti v tabeli 1 enako strukturo, kot jo ima električna kapaciteta. Tako lahko maso razumemo kot kapaciteto telesa za gibalno količino, izraz $\mathrm{d}S/\mathrm{d}T$ pa kot »entropijsko kapaciteto« [11] oziroma mero za toploto, ki jo je telo zmožno absorbirati. Povežemo jo lahko s toplotno kapaciteto pri konstantnem volumnu: $\mathrm{d}S/\mathrm{d}T = \mathrm{d}Q/T\mathrm{d}T = C_v/T$.

Tabela 1: Primeri tokov I ekstenzivnih količin X za posamezna področja fizike. Sprememba energije dW zaradi spremembe ekstenzivne količine dX je določena s pripadajočo intenzivno količino y.

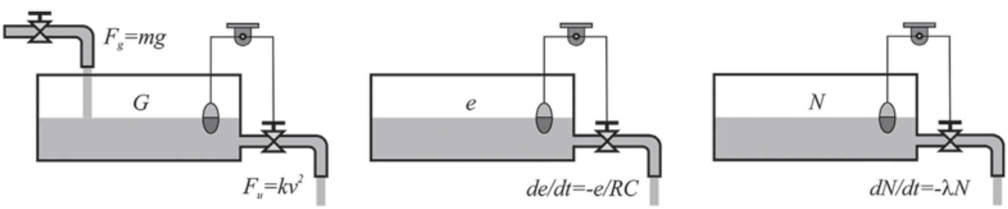
področje	X	$I = dX/dt$	y	$dA\ (dW) = ydX$	$P = dW/dt = yI$	kapaciteta
Mehanika tekočin	V	volumski pretok $\Phi_v = dV/dt$	p	$dA = -pdV$	$P = p\Phi_v$	$\frac{dV}{dp} = -\chi V$
Elektrika	e	električni tok $I = de/dt$	U	$dA = Ude$	$P = UI$	$\frac{de}{dU} = C$
Dinamika	$\mathbf{G}$	sila $\mathbf{F} = d\mathbf{G}/dt$	$\mathbf{v}$	$dA = \mathbf{v}d\mathbf{G}$	$P = \mathbf{F}\cdot\mathbf{v}$	$\frac{dG}{dv} = m$
	Γ	navor $\mathbf{M} = d\mathbf{\Gamma}/dt$	ω	$dA = \omega d\mathbf{\Gamma}$	$P = \mathbf{M}\cdot\omega$	$\frac{d\Gamma}{d\omega} = J$
Toplota	S	entropijski tok $I_S = dS/dt$	T	$dQ = TdS$	$P = I_S T$	$\frac{dS}{dT}$

2.1 POVRATNE VEZAVE

Pri obravnavi časovno spreminjajočih se količin omenimo tudi pomen povratnih povezav, saj te odločilno vplivajo na regulacijo sistemov. Pozitivne povratne vezave procese pospešujejo, medtem ko negativne povratne vezave procese zavirajo oziroma omogočajo vzpostavitev ravnovesnega stanja, kar je še posebej pomembno v bioloških procesih.

Z raziskavo, ki je temeljila na ponazoritvi spreminjajočih se količin s pretakanjem tekočin [12], smo pokazali, da imajo učenci ob koncu osnovne šole probleme pri razumevanju časovnih potekov nelinearno spreminjajočih se količin kot posledice pozitivnih in negativnih povratnih vezav, medtem ko so zelo uspešni pri ločevanju med časovno linearno in nelinearno spreminjajočimi se količinami. Časovno linearno spreminjajoče se količine prepoznajo kot posledico konstantnega toka, nelinearne zveze pa kot posledico povratnih vezav.

Omenimo še nekaj primerov povratnih vezav, primernih za obravnavo v srednji šoli. V naravi so dokaj pogoste negativne povratne vezave. Na sliki 2 je prikazanih nekaj primerov. Sila upora ustali hitrost padanja dežnih kapljic ($dG / dt = mg - kv^2$, slika 2a), naboj na kondenzatorju vpliva na njegovo odtekanje ($de / dt = -e / RC$, slika 2b) in število radioaktivnih izotopov vpliva na število razpadov ($dN / dt = -\lambda N$, slika 2c). Seveda v naravi obstajajo tudi pozitivne povratne vezave, ki procese pospešujejo. Kot primer omenimo približevanje dveh teles pod vplivom gravitacijske sile, kjer se hitrost in lega telesa zaradi povečevanja pospeška vse hitreje spreminjata. Omenimo še debeljenje snežne kepe med kotaljenjem po snegu in debeljenje dežnih kapljic med padanjem v oblaku. V obeh primerih se s povečanjem volumna ta še hitreje povečuje.



a) b) c)

Slika 2: Vpliv povratne vezave na različnih področjih fizike, kjer na tok količine vpliva njena velikost.
a) Padanje teles pod vplivom zaviralnih sil.
b) Praznjenje kondenzatorja.
c) Radioaktivni razpad.

3. VLOGA RAČUNALNIKA PRI MATEMATIČNEM MODELIRANJU DINAMIČNIH SISTEMOV

Proučevanje relacij med količinami, ki določajo stanje sistema, običajno zahteva od nas reševanje sistema diferencialnih enačb. Reševanje diferencialnih enačb v smislu simulacije modela pa predstavlja eno ključnih težav pri obravnavi dinamičnih sistemov v osnovni in srednji šoli. Velikokrat imamo opravka tudi s sistemi diferencialnih enačb, ki so analitično nerešljivi in zahtevajo obravnavo z ustreznimi numeričnimi metodami. Pri tem si običajno pomagamo z različnimi programskimi jeziki, kot je C++, Pascal ali Basic. V zadnjem času se vse bolj pojavljajo tudi programi, ki imajo že vgrajene različne numerične metode, kot je na primer na področju tehnike dobro poznan program Matlab (http://www.mathworks.com). Seveda je takšen način dela primeren na znanstvenem področju oziroma za študente, medtem ko je na nižjih stopnjah izobraževanja, zaradi pomanjkanja znanja matematike, programskih jezikov in numeričnih metod, običajno nesprejemljiv.

Z razvojem računalniških programov in z metodami dela, ki vse pogosteje vključujejo računalnik v pouk, so danes dani pogoji, ki že omogočajo obravnavo ustrezno izbranih sistemov tudi na področju osnovnošolskega in srednješolskega izobraževanja. Pri tem omenimo tabelarično in grafično orientirane računalniške programe.

Primer tabelarično orientiranega računalniškega programa je Origin (http://www.originlab.com/), ki ga v zadnjem času vse pogosteje zasledimo pri prikazu numeričnih preračunov. V šoli dokaj razširjen in poznan program pa je Microsoftov Excel (http://office.microsoft.com). Ti programi omogočajo tabelarično reševanje diferenčnih enačb po časovnem koraku, kjer diferenčne enačbe zapišemo na osnovi diferencialnih enačb, ki določajo dinamiko sistema [13].

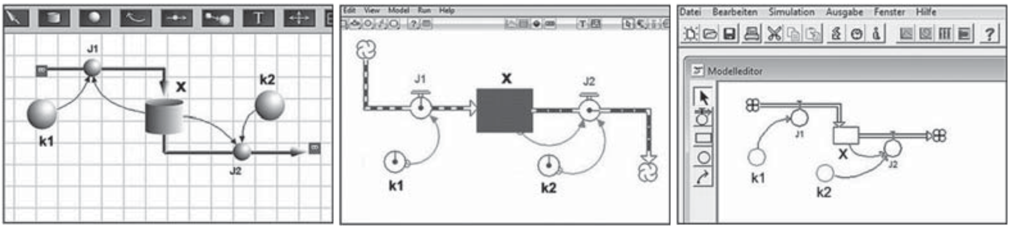
Pri kompleksnejših sistemih oziroma hkratni obravnavi več časovno spreminjajočih se količin pa so nam lahko v veliko pomoč tako imenovani grafično orientirani računalniški programi, kot so: Madonna, Stella, Daynasys in Powersim. Ti programi s svojo grafično podlago omogočajo, da lahko s posebnimi grafičnimi objekti (slika 3) neposredno izdelamo matematični model obravnavanega sistema. Pri tem je še posebej poudarjen pretok količin, kjer spreminjajoče se količine ponazorimo z rezervoarji, dotoke oziroma odtoke pa reguliramo z ustreznimi ventili.

Poleg izgradnje matematičnih modelov nam omenjeni programi v smislu numerične simulacije omogočajo tudi prikaz časovno spreminjajočih se količin. S tem je omogočen prenos modeliranja tudi na nižje stopnje izobraževanja, kjer dajemo predvsem pomen tako imenovanemu sistemskemu mišljenju [14], ne pa reševanju enačb, ki se jih učenci običajno učijo na pamet.

4. PRIMERI UPORABE MATEMATIČNEGA MODELIRANJA V IZOBRAŽEVANJU

Predstavili bomo nekaj primerov obravnave dinamičnih sistemov na področju izobraževanja. Naš namen ni podrobneje obravnavati posamezne primere, ampak želimo nakazati nekaj primerov, ki so primerni za obravnavo v osnovni in srednji šoli in smo jih podrobneje opisali v drugih prispevkih.

Najprej omenimo primere, pri katerih zaradi kompleksnosti sistemov velja izpostaviti kvalitativni modelni pristop. Takšen pristop je temeljnega pomena za razvijanje sistemskega mišljenja [14] in omogoča obravnavo nekaterih ključnih primerov naravnih sistemov že



a) b) c)

Slika 3: Grafične podlage računalniških programov. Posoda ponazarja spreminjajočo se količino $x(t)$, katere časovno odvisnost določata tokova J_1 in J_2. Na tokove lahko vplivamo s posameznimi konstantami (k_1 in k_2) in spreminjajočimi se količinami (x).

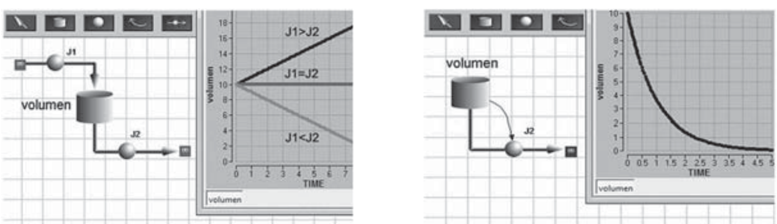
a) Berkely Madonna [6].

b) Stella [8].

c) Dynasys [7].

v osnovni šoli. Kot primer takšne obravnave izpostavimo kroženje vode v naravi, ki daje odlične možnosti postopne izgradnje modela preko cikličnih faz, znotraj katerih učenec dopolnjuje model. Gre za iskanje pozitivnih in negativnih vplivov med količinami, ki jih prikažemo v obliki vzročno-posledičnih diagramov [15]. Podobno velja tudi za razne populacijske modele, ki dajejo dobre možnosti proučevanja odzivov sistema pod vplivom zunanjih dejavnikov [16].

Pri kvantitativni obravnavi spreminjajočih se količin predlagamo, da učenci najprej obravnavajo nekaj enostavnih primerov pretakanja tekočin, saj ti omogočajo lažje razumevanje odnosov med spremenljivkami in njihovimi tokovi [9]. Na sliki 4 vidimo primer konstantnega pritoka in iztoka vode iz posode (slika 4a) ter primer vpliva negativne povratne vezave, kjer je iztok odvisen od količine vode v posodi (slika 4b).



a) b)

Slika 4: Proučevanje pretakanja tekočin z grafično orientiranim računalniškim programom Berkeley Madonna.

a) Konstanten dotok J_1 in iztok J_2 iz posode.

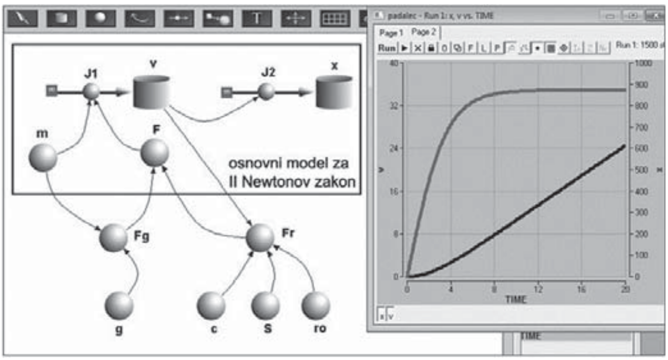
b) Iztok iz posode je odvisen od količine vode v posodi.

Na podoben način bi lahko obravnavali tudi druge časovno spreminjajoče se količine, kot je na primer gibanje teles pod vplivom zunanjih sil. Primer takšnega matematičnega modela je padanje padalca ob upoštevanju zračnega upora [9]. Omenjena tematika se pri pouku fizike pojavlja že v osnovni šoli in sicer običajno brez upoštevanja zračnega upora, ki se zaradi kompleksne analitične rešitve zanemari. To lahko učence zavede in jih privede do nesmiselnih zaključkov, kot je na primer naraščanje hitrosti proti neskončnosti.

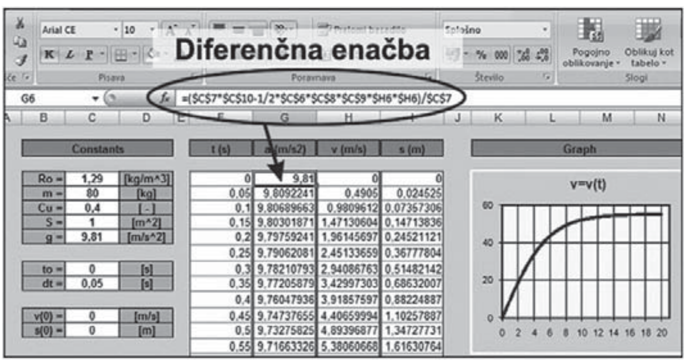
Na sliki 5a vidimo izdelan model z računalniškim programom Berkeley Madonna. Ob vnosu matematičnih relacij ter določitvi začetnih vrednosti spreminjajočih se količin računalniški program simulira ter prikaže časovni potek količin, ki določajo stanje sistema. Omenjeni primer lahko obravnavamo tudi s pomočjo tabelaričnih programov (Microsoft Excel), kjer diferencialne enačbe zapišemo v diferenčni obliki (slika 5b, [13]):

$$x(t + \Delta t) = x(t) + \Delta t \cdot v, \; v(t + \Delta t) = v(t) + \Delta t \cdot a, \; a = g(1 - v(t)^2 / v_0^2),$$

kjer je v_0 končna hitrost padajočega telesa pri danih pogojih.



a)



b)

Slika 5: Prosti pad padalca z upoštevanjem zračnega upora.

a) Izgradnja in simulacija matematičnega modela z računalniškim programom Berkely Madonna.

b) Reševanje diferenčnih enačb in prikaz rezultatov z Excelom.

Obravnavo dinamičnih sistemov v smislu pretakanja tekočin bi lahko v srednji šoli aplicirali še na številne druge primere, kot je praznjenje in polnjenje kondenzatorja, razpad radioaktivnih elementov, prevajanje toplote in drugo.

5. ZAKLJUČEK

Iz prispevka lahko razberemo, da je z razvojem računalniških programov in z ustreznimi metodami dela omogočen prenos matematičnega modeliranja tudi na področje izobraževanja v srednji in osnovni šoli. Pri tem je poleg poglobljenega razumevanja naravnih procesov dana tudi možnost razvoja generičnih kompetenc, ki so vezane tako na eksperimentalno delo kot na matematično modeliranje dinamičnih sistemov. Izpostaviti velja sposobnost zbiranja informacij, sposobnost analize in organizacije informacij, sposobnost učenja in reševanja problemov ter sposobnost sinteze zaključkov, kar je tudi glavno vodilo procesnega pristopa poučevanja, katerega pomen se vse bolj izpostavlja. Zaradi kompleksne obravnave naravnih procesov, katerih posamezni segmenti segajo na različna področja, velja tukaj omeniti še nekatere druge generične kompetence, kot so organiziranje in načrtovanje dela, sposobnost timskega dela ter medsebojna interakcija.

S takšnim načinom dela lahko torej pripomoremo k učenčevemu razumevanju številnih problemov in pojavov tako naravoslovja kot tudi družboslovja, hkrati pa razvijamo nekatere naravoslovne kompetence, ki so še posebej pomembne v smislu trajnostnega razvoja učencev.

VIRI

[1] B. Hannon in M. Ruth, *Dynamic Modeling*, Springer, New York 2001.

[2] M. Hribar, *Računske naloge pri pouku fizike*, Obzornik mat. 39, (1992) 113–116.

[3] M. Stöckler, *Modell, Idealizirung und Realität*, Praxis der Naturwissenschaften Physik **1/44,** (1995) 16–21.

[4] H.P. Schecker, *Entwicklung physikalischer Kompetenz bei unterrichtlicher Nutzung von Modellbildungssoftware,* Zur Didaktik der Physik und Chemie-Probleme und Prespektiven, Alsbach (1998) 289–291.

[5] M. Wells, D. Hestenes in G. Swackhamer, *A modeling method, for high school physics instruction*, Am. J. Phys. **63** (7), (1995) 606–619.

[6] Berkely Madonna, R. Macea in G. Oster, University of California at Berkeley *http://www.berkeleymadonna.com/*

[7] DYNASYS: W. Hupfeld, Bankerheide 2, 59065 Hamm (grafično orodje za izgradnjo modelov) *http://www.hupfeld-software.de*

[8] STELLA: High Performace Systems Inc. Hanover NH USA (grafično orodje za izgradnjo modelov) *http://www.hps-inc.com/*

[9] V. Grubelnik and R. Repnik, *Graphic Oriented Computer Programmes Aided Introduction of Mathematical Modelling in Primary School*, 33rd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics – MIPRO, Opatija (2010) 24–28.

[10] T. Borer, P. Frommenwiler, H. Fuchs, H. Knoll, G. Kopacsy, W. Maurer, E. Schutz in K. Studer, *Physik, Ein systemdynamischer Zugang fur die Sekunderstufe II.* h.e.p. verlag ag, Bern 2005.

[11] F. Hermann, Karlsrujski tečaj fizike, metodično gradivo za učitelje. Pedagoška fakulteta, Univerza v Mariboru, Maribor 2001.

[12] V. Grubelnik in L. Grubelnik, *Uporaba grafičnih računalniških programov za matematično modeliranje dinamičnih sistemov v osnovni šoli*, Mednarodna konferenca Splet izobraževanja in raziskovanja z IKT - SIRIKT 2011, Kranjska Gora (13. –16. april 2011) 1059–1065.

[13] V. Grubelnik in R. Repnik, *Table oriented computer software as a tool for studying dynamical systems in high school. 21th Central European Conference on Information and Intelligent Systems*, Varaždin, Croatia (22–24 September 2010) 95–99.

[14] G. Ossimitz, *Entwicklung systemischen Denkens, Theoretische Konzepte und empirische Untersuchungen*, University of Klagenfurt, Klagenfurt 2000.

[15] V. Grubelnik, S. Fošnarič and M. Marhl, *Concepts of system thinking and modelling*, V: Plenković, Juraj (ur.), The 10th International Scientific Conference, Društvo i tehnologija, Rijeka (2003) 36–40.

[16] V. Grubelnik, S. Fošnarič and M. Marhl, *Razvijanje sistemskega mišljenja*, Pedagoška obzorja 20 (3–4), (2006) 51–57.

GRAFI, GRAFI IN ŠE ENKRAT GRAFI

Tine Golež

Škofijska klasična gimnazija, Ljubljana

Povzetek *– Grafi niso le odlične in zgoščene predstavitve medsebojne odvisnosti fizikalnih količin nekega pojava, pač pa tudi izziv za razmislek. Avtor tako pokaže, kako se nekaterim računom ognemo prav z razmislekom ob grafu, pa tudi primere, ko graf postane osrednji vir podatkov za reševanje fizikalne naloge.*

Abstract *- Charts are not only an excellent and concise presentation of the interdependence of physical quantities of a given phenomenon, but also a challenge for reflection. The author shows how certain calculations can be replaced with the help of graphs, plus some examples in which the graphs are the central source of information for solving physics tasks.*

UVOD

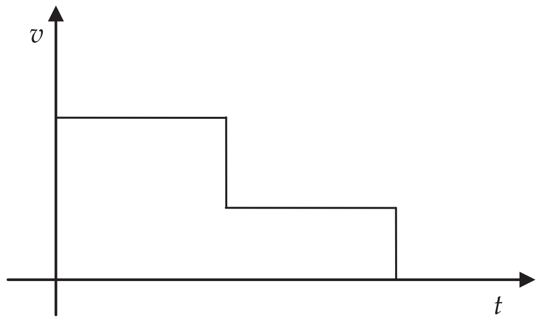
Preprosti, predvsem tortni in stolpični grafi so dobili domovinsko pravico že v nižjih razredih osnovne šole. To je prav, saj je razmislek ob grafični predstavitvi svojevrstna telovadba za možgane. Prav zato se mi zdi, da v gimnazijah še niso dobili toliko prostora, kot si ga zaslužijo. Nekaj primerov grafov, ki so nastali med mojimi pripravami na pouk in so bili večkrat v razredu tudi uporabljeni, ponujam bralcem v ogled in uporabo.

NA BLED

Precej standardna naloga je vožnja dveh avtov na Bled (iz Ljubljane, tako da vzamemo za dolžino poti okroglih 60 km). Prvi avto vozi pol časa s hitrostjo 90 km/h, pol časa pa s hitrostjo 40 km/h. Drugi avto pa pol poti vozi s hitrostjo 90 km/h in pol poti s 40 km/h. Bosta sočasno prispela?

Kar nekaj dijakov trdi, da bosta. Ne prav zahtevni računi jim kmalu pokažejo, da to ni res. A ti računi niso nič posebnega, zato se lotimo naloge le s poznavanjem grafov kinematike.

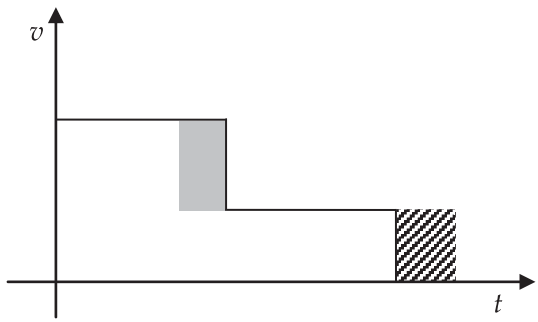
Narišemo graf $v(t)$ za prvi avto. Ne vemo, kolikšna je vrednost na časovni osi, vemo pa, da je pol časa vozil z eno hitrostjo in pol z drugo.



Slika 1. Avto je pol časa vozil z večjo in pol časa z manjšo konstantno hitrostjo.

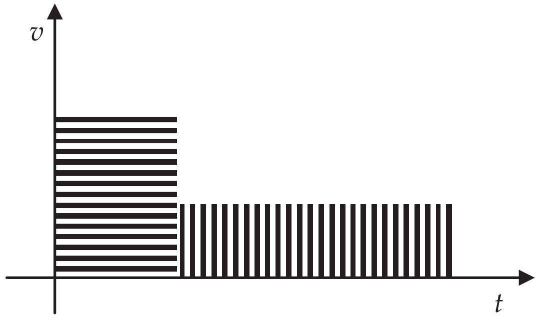
Iz grafa $v(t)$ dobimo premik v izbranem časovnem intervalu tako, da pogledamo, kolikšna je ploščina med krivuljo in časovno osjo. Če gre za ploščino pod osjo, gre za premik nazaj. Pogled na graf na sliki 1 izda, da je bil znatno večji del poti prevožen z večjo hitrostjo.

Za grafični prikaz $v(t)$ za drugi avtomobil je potrebno, da nekaj prvega pravokotnika odrežemo (odrežemo del, ki je sivi pravokotnik na sliki 2) in ga prestavimo k drugemu; sivi pravokotnik postane črtasti pravokotnik z enako ploščino, kot jo ima sivi. Odvzeti ga moramo toliko, da bosta ploščini novonastalih pravokotnikov pod grafoma obeh hitrosti enaki (slika 2), saj drugi avtomobil prevozi vsako polovico celotne poti z drugačno hitrostjo.



Slika 2. Hitri del vožnje skrajšamo in za isti premik (»ploščino«) počasno vožnjo podaljšamo. Seveda pa se počasna vožnja podaljša »na obeh straneh«, še za del pod sivim pravokotnikom.

Celotna ploščina (celotna pot) je še vedno enaka, po tej spremembi pa sta enaki tudi ploščini obeh pravokotnikov na sliki 3, seveda pa segata bolj daleč v desno. To pa pomeni, da je ta avto vozil daljši čas kot avto, ki je pol časa vozil z eno in pol z drugo hitrostjo. Tako smo le z analizo grafa ugotovili, da je prva vožnja (pol časa ena hitrost, pol časa druga) časovno krajša.



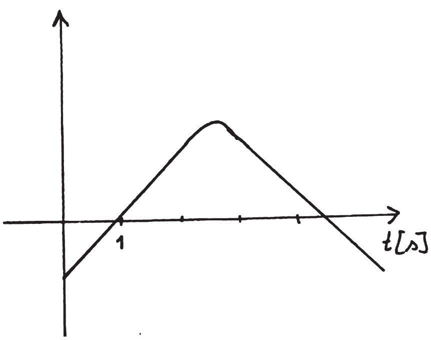
Slika 3. Prikaz vožnje avta, ki je pol poti vozil z eno in pol z drugo hitrostjo. Ploščini obeh pravokotnikov sta enaki.

Na koncu ni odveč vprašanje, kako bi se spremenil rezultat, če bi bila najprej na vrsti manjša hitrost in v drugem delu večja. V glavnem vsi dijaki zlahka odgovorijo, a vselej je dobro, da obravnavani pojav premislimo tudi ob malce spremenjenih okoliščinah in se vprašamo, kako to vpliva na rezultat.

GRAFI KINEMATIKE

Bralci že vedo, da moje dijake čaka v prvi kontrolni nalogi ena naloga, pri kateri je glavni del graf. Potem iz tega grafa odčitajo in izračunajo več fizikalnih količin [1, 2]. Že pred leti pa sem – najbrž pod vplivom tekmovalnih nalog iz logike – sestavil še nekaj nalog z grafi za ustno spraševanje. Graf in vprašanja projiciram na belo tablo, tako da vsi vidijo, za kaj gre. Naloge, ki jih predstavljam, zastavim dijakom takrat, ko že vedo, kako iz grafov $x(t)$ in $v(t)$ kvalitativno preberemo hitrost in pospešek. Opozorim jih še na poljubno izbiro izhodišča opazovalnega sistema. Ob predpostavki, da je gibanje premo, se torej lotimo reševanja naslednjih nalog.

Kateri graf – $x(t)$, $v(t)$ ali $a(t)$ – je na sliki, če veš, da velja:



a) hitrost je bila vsaj v enem trenutku enaka 0;
b) pospešek je bil vsaj v dveh trenutkih enak 0;
c) pospešek ni bil nikoli več kot 1,2 sekunde enak 0.

Naloge se lotimo najprej ob predpostavki, da je na sliki graf $x(t)$, potem predpostavimo, da gre za graf $v(t)$, in nazadnje še tako, kot da imamo graf $a(t)$.

1.) izjava ↓ predpostavka →	$x(t)$	$v(t)$	$a(t)$
hitrost je bila vsaj v enem trenutku enaka 0	+ (1)	+ (4)	? (7)
pospešek je bil vsaj v dveh trenutkih enak 0	+ (2)	– (5)	+ (8)
pospešek ni bil nikoli več kot 1,2 sekunde enak 0	– (3)	+ (6)	+ (9)

(1) Če je to graf $x(t)$, je vsekakor hitrost bila vsaj v enem trenutku enaka 0, saj je strmina tangente na krivuljo v eni točki vodoravna.

(2) Če je to graf $x(t)$, je bil pospešek prve in zadnje sekunde enak nič. Strmina tangente, ki ustreza hitrosti, se ne spreminja. Če pa se hitrost ne spreminja, je pospešek enak 0.

(3) Če je to graf $x(t)$, je bil pospešek več kot 1,2 s enak 0 (glej utemeljitev izjave 2), zato ta izjava ne more biti resnična. Na sliki torej ni graf $x(t)$.

(4) Če je to graf $v(t)$, je bila hitrost kar v dveh trenutkih enaka 0; prva izjava je zato resnična.

(5) Če je to graf $v(t)$, je bil pospešek enak 0 le tedaj, ko je tangenta na graf v(t) vodoravna. To pa velja le v enem trenutku. Zato izjava ne drži. Graf na sliki ne more biti $v(t)$. Kljub temu preverimo še tretjo izjavo.

(6) Če je to graf $v(t)$, potem resnično ni bil pospešek več kot 1,2 s enak 0.

(7) Pri utemeljitvi ugotavljanja pravilnosti te predpostavke je dobro dijake spomniti na navpični met navzgor. Če vrženo telo opazujemo le kratek čas, hitrost ne bo enaka nič. Če je čas opazovanja daljši od dvižnega časa, pa bo hitrost enaka 0. Ker pri nalogi ne vemo ničesar o velikosti začetne hitrosti, je pospešek, ki ga kaže graf, lahko povzročil, da je bila hitrost v nekem trenutku enaka 0. Ker pa to ni nujno, našo nezmožnost določitve pravilnosti izjave označimo z vprašajem.

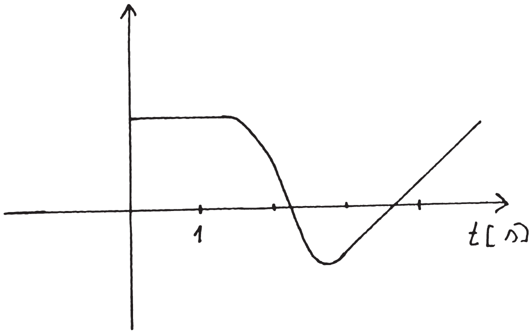
(8) Če je to graf $a(t)$, je vsekakor bil pospešek v dveh trenutkih enak 0.

(9) Če je to graf $a(t)$, je tudi zadnja izjava resnična.

Odgovor: graf na sliki zagotovo ni $x(t)$ in tudi ni $v(t)$, lahko pa bi bil $a(t)$.

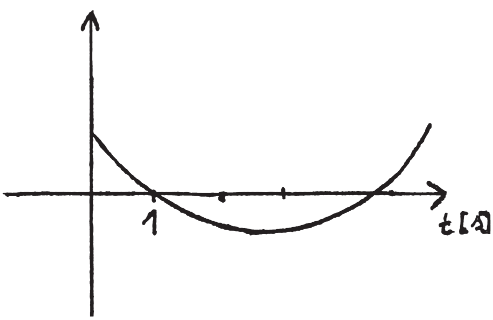
Pri naslednjih grafih je podana le rešitev brez razlage.

2. primer

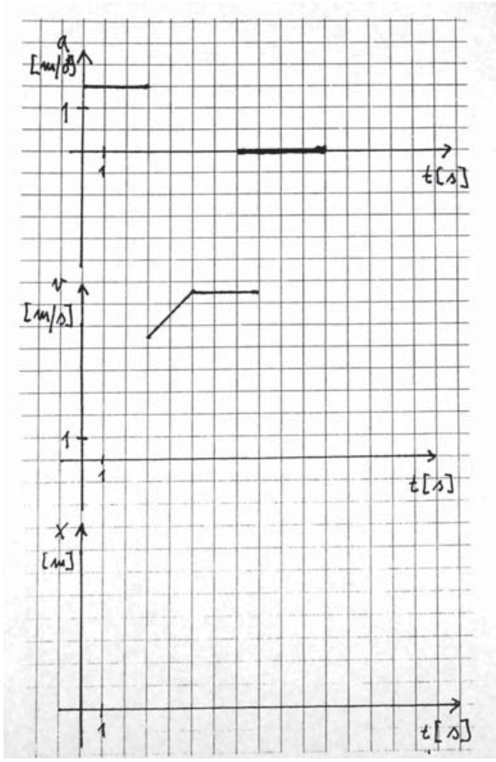


2. Kateri graf – $x(t)$, $v(t)$ ali $a(t)$ – je na sliki? Vemo:	$x(t)$	$v(t)$	$a(t)$
a) vsaj v enem trenutku je bil pospešek enak 0;	+	+	+
b) več kot 1 sekundo se je telo gibalo premo in enakomerno;	+	+	–
c) hitrost ni bila nikoli več kot 1 sekundo enaka 0.	–	+	+

3. primer:



3. Kateri graf – $x(t)$, $v(t)$ ali $a(t)$ – je na sliki? Vemo:	x(t)	v(t)	a(t)
a) ob času t = 0 telo ni bilo v izhodišču opazovalnega sistema;	+	?	?
b) ob času t = 0 hitrost ni bila enaka 0;	+	+	?
c) pospešek ni bil nikoli enak 0.	+	-	-



ZA MATURANTE

Poglejmo še primer strukturirane naloge, ki sem jo pripravil za maturante. Tudi tokrat je osrednji vir podatkov graf. Slika iz tega testa je zgoraj.

Naloga:

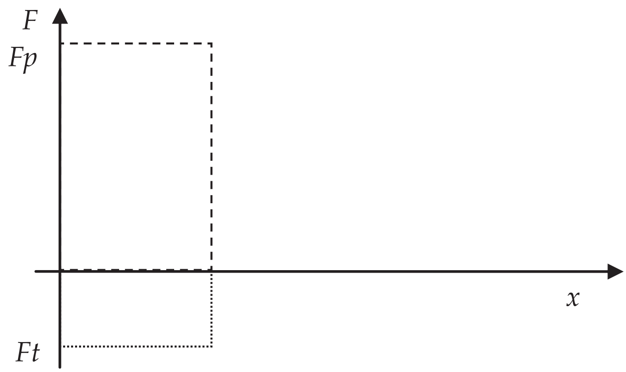
1. Avto se je gibal, kot kažeta grafa. Vendar grafa (vsak zase) ne opisujeta celotnega gibanja. Oba skupaj pa nam dasta dovolj informacij o tem premem gibanju, za katero vemo še: $x(0) = 0$.

a) Kolikšna je bila hitrost ob času t = 0?
b) Dopolni grafe (na sliki, tu si lahko pomagaš s pomožnimi računi).
c) Kolikšno pot je avto prevozil v prvih treh sekundah?
č) Kolikšno pot je prevozil v tretji sekundi?
d) S kolikšnim konstantnim pojemkom se je začel ob času t = 11 s ustavljati, če vemo, da se je ustavil v treh sekundah?
e) Kolikšna je celotna prevožena pot?
f) Dopolni graf $a(t)$ za ustavljanje.
g) Dopolni graf $v(t)$ za ustavljanje.
h) Dopolni graf $x(t)$ za ustavljanje.

(Precej dijakov je premalo pozornih pri risanju grafa $x(t)$. Nagib, ki ga doseže parabola v trenutku t = 5 s, je enak nagibu ravnega (in poševnega) dela grafa $x(t)$, ki sedaj sledi. Dijaki radi narišejo parabolo prestrmo, potem pa se graf nadaljuje s položno daljico. Podobno napako naredijo pri zadnjem delu grafa $x(t)$.)

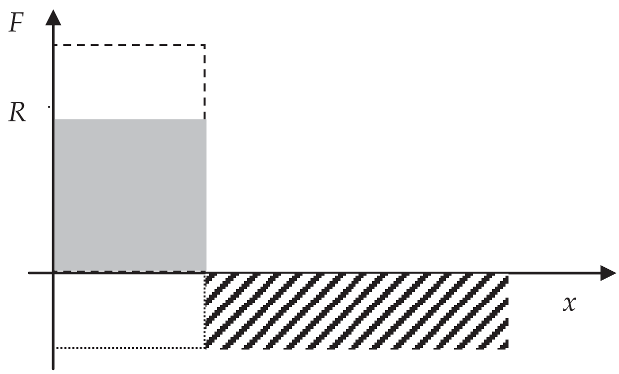
ODRINEMO STOL

Predpostavimo, da je med stolom in tlemi konstanten koeficient trenja. Stol odrinemo tako, da nekaj časa nanj delujemo s stalno silo. Pri tem se stol premakne. Narišimo graf.



Slika 4. Sila potiskanja (F_p) je znatno večja od sile trenja (F_t). Med potiskanjem se stol premakne za x.

Vprašajmo se, koliko se bo stol še premaknil, ko ga bomo nehali odrivati. Zanima nas primerjava tega premika s premikom, ko smo stol še potiskali. Naloge se lotimo brez enačb, le z razumevanjem grafov. Najprej dorišemo, kolikšna je rezultanta vseh zunanjih sil. Prav ta rezultanta odloča o tem, koliko kinetične energije bo imel stol. In natančno toliko bo lahko po odrivanju še opravil dela.

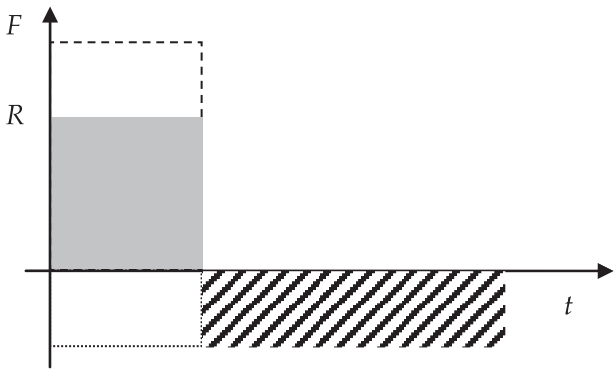


Slika 5. Sivi lik predstavlja delo, ki ga je opravila rezultanta zunanjih sil. (Velikost te rezultante je zgornji rob sivega pravokotnika, označena je z R.) Toliko dela, kot je ploščina tega pravokotnika, bo potem stol lahko še opravil, kar je prikazano s pravokotnikom z vzorcem.

Z merjenjem stranic (in s tem likov) smo tako ugotovili, da je premik pri prostem drsenju še enkrat tolikšen, kot je bila sprememba lege pri potiskanju.

Nalogo lahko nadaljujemo z vprašanjem o času. Ker gre za zaustavljanje, kjer je premik sorazmeren s kvadratom časa (enakomerno pospešeno gibanje), bi kdo pričakoval, da časa odriva in drsenja ne bosta v razmerju 1 : 2, kot sta bila pri obeh premikih. Tudi tokrat se podajmo na pot le z grafi in razumevanjem količin, ki se skrivajo v grafih.

Ploščina med krivuljo, ki ponazarja rezultanto sil, in vodoravno osjo bo sedaj sunek rezultante zunanjih sil in zato sprememba gibalne količine. Po koncu odrivanja pa je ploščina pod osjo. Gre za zaustavljanje stola, ki se mu zato zmanjšuje gibalna količina. Tudi tokrat morata biti obe ploščini enaki, saj sprva mirujoči stol na koncu spet miruje. Zato je tudi sedaj razmerje 1 : 2. Čas zaustavljanja je še enkrat daljši od časa potiskanja.



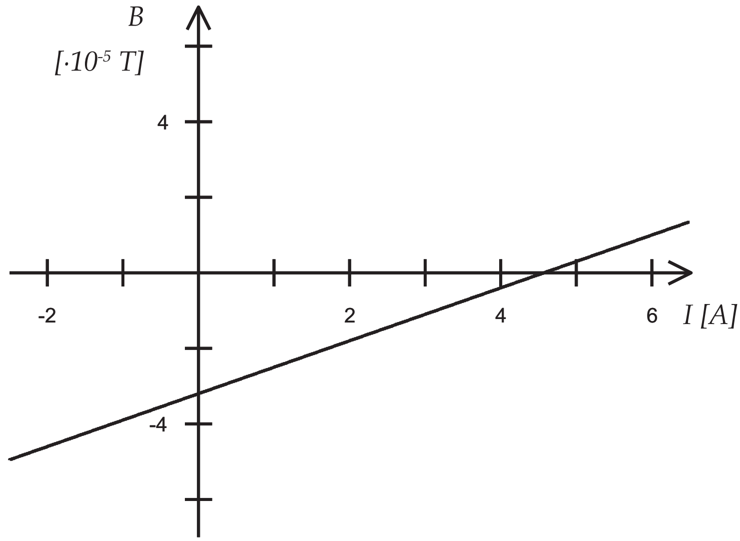
Slika 6. Količina na vodoravni osi ni več x, pač pa t. Sama oblika grafa se ne spremeni, vsebina pa bistveno. Tokrat sta siva in črtkana ploščina sunek rezultante zunanjih sil oziroma sprememba gibalne količine stola.

MAGNETIZEM

Nič novega ni naloga, pri kateri je na tleh v smeri vzhod-zahod dolga ravna tuljava, v kateri je kompas. Ko po tuljavi teče tok, se seveda kompas odkloni in iz podatkov o toku, tuljavi ter zasuku izračunamo, kolikšna je vodoravna komponenta zemeljskega magnetnega polja na mestu meritve. Ker pa je to članek o grafih, pokažimo, kako se da nalogo, ki vključuje te pripomočke, zastaviti z grafom.

(Gre za nalogo iz testa za tretji letnik.)

Dolga, ravna tuljava je na vodoravnih tleh. Celotno magnetno polje v vodoravni smeri v tej tuljavi se spreminja, ko spreminjamo tok po tuljavi, tako kot kaže graf. Seveda je prisotno tudi zemeljsko magnetno polje. Dve stvari lahko iz grafa ugotovimo o zemeljskem magnetnem polju. Zapiši ju! (2 točki)



Vsekakor bo tedaj, ko po tuljavi ne bo tekel tok, magnetno polje kar enako vodoravni komponenti magnetnega polja Zemlje, ki je sodeč po grafu $3{,}2 \cdot 10^{-5}$ T.

Celotno polje je vektorska vsota dveh polj. Vsota celotnega polja v vodoravni smeri linearno narašča s tokom samo tedaj, ko je geometrijska os tuljave v smeri sever-jug. Očitno geometrijska os te tuljave sovpada z vodoravno komponento magnetnega polja Zemlje.

Pravzaprav bi lahko nekaj povedali še o tuljavi, a tega naloga ne zahteva. Ta podatek bi bil količnik N/l. Vidimo namreč, da tok 5,0 A ustvarja v tej tuljavi tolikšno polje, da »kompenzira« vodoravno komponento zemeljskega magnetnega polja, ki pa jo že poznamo, tako da nas enačba za magnetno polje dolge, ravne tuljave privede do iskanega količnika.

SKLEP

Ker sem imel ultrazvočni slednik na voljo že pred letom 1995, sem že od začetka svojega poučevanja kinematiko uvajal z grafi gibanja in šele potem z enačbami kinematike [3]. Seveda sem takemu načinu dela prilagodil tudi preverjanje znanja, ki je vselej zajemalo razumevanje grafov. Ta pristop postaja vse bolj razširjen in tudi sedanji maturitetni katalog zahteva, da znajo dijaki kaj več prebrati z grafa kot le posamezne pare točk (kot je na primer trivialno vprašanje: pri katerem t je bil x enak 0,2 m). Vsekakor se mi zdi prav, da bi se še več grafov pojavljalo pri pouku. Najbrž ima tak pristop še kdo od bralcev, zato ste vabljeni, da kaj o tem napišete.

Na koncu pa bi povabil tudi sestavljalce nalog za tekmovanja, da bi še oni vpletli kak graf kot glavni del naloge. (Morda za prvo tekmovalno skupino nekaj takega, kot je tu predstavljena naloga za maturante.) Saj so sicer tekmovalne naloge zelo raznolike, a prehod na graf kot osrednji del še ni bil narejen. Ali pač le preslabo spremljam tekmovalne naloge?

VIRI:

[1] T. Golež, *Nova rubrika: pisno preverjanje znaja*, Fizika v šoli 17 (2011) 2, str. 106–114.

[2] T. Golež, *Priloge in naloge*, samozal., 2007, Ljubljana.

[3] T. Golež, *Infinitezimalni račun med matematiko in fiziko – nove povezave, ki jih omogoča sodobni merilni sistem*, Obzornik za matematiko in fiziko 54, št. 6 (2007), str. 194–201

VPLIV VELIKOSTI IN SMERI ZAČETNE HITROSTI NA NATANČNOST DOMETA

Tadej Emeršič[1] *in Vladimir Grubelnik*[2]

[1] Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Univerza v Mariboru
[2] Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Univerza v Mariboru

Povzetek *– V prispevku obravnavamo vpliv začetne hitrosti različnih tipov žog na natančnost dometa. Primer je aktualen pri različnih igrah z žogo, kjer želimo zadeti določeno območje v igrišču. Ob upoštevanju zračnega upora pokažemo, da določena relativna sprememba velikosti začetne hitrosti pri večjih začetnih kotih meta povzroči manjšo spremembo želenega dometa. Za določeno območje dometa predstavimo tudi možne relativne spremembe smeri začetne hitrosti v odvisnosti od velikosti začetne hitrosti.*

Abstract *– In the paper, we are considering how the initial velocity of different balls affects the precision of the range. The case is actual for various games with the ball, where the goal is to hit the certain zone. We demonstrate, including the air resistance, that certain relative change in initial speed for bigger angles of elevation causes lesser change of desired range. For certain zone of the range, we show the possible relative changes in the direction of initial velocity with regard to its speed.*

1 UVOD

Poševni met nam je dobro poznan iz vsakdanjega življenja. Z njegovim fizikalno-matematičnim opisom, brez upoštevanja zračnega upora, se srečamo v srednji šoli pri pouku fizike [1]. O poševnem metu najdemo tudi veliko prispevkov. Avtorji so pokazali, da je met brez upoštevanja zračnega upora ter z upoštevanjem linearnega zračnega upora analitično rešljiv [2, 3]. V primeru upoštevanja kvadratnega zakona upora, kjer imamo sistem nelinearnih diferencialnih enačb, pa je sistem analitično rešljiv samo ob določenih predpostavkah [4, 5], kot je na primer kratek čas leta [5]. Narejene so bile različne analize, kot so čas leta, domet, maksimalna višina itd. V praksi je poševni met raziskan predvsem na področju športa, še posebej iger z žogo [6, 7].

V prispevku se osredotočimo na vpliv velikosti in smeri začetne hitrosti leta različnih tipov žog na natančnost dometa. Obravnavamo poševni met s kvadratnim zakonom upora, saj ta najbolje opiše tire gibanj pri različnih igrah z žogo. Vpliv različnih žog obravnavamo tako, da upoštevamo različne koeficiente zračnega upora.

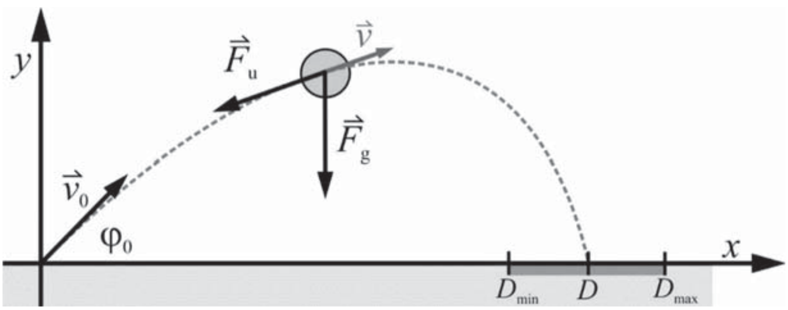
Na začetku predstavimo matematični model in nekaj primerov koeficientov upora za različne žoge. Nato podamo analitične rezultate za primer, ko lahko upor zanemarimo. V nadaljevanju pa se posebej osredotočimo na vpliv zračnega upora. Podamo numerične rezultate vpliva začetne hitrosti meta različnih tipov žog na natančnost dometa. Posebej obravnavamo vpliv velikosti hitrosti in vpliv začetnega kota leta. Primer je aktualen pri različnih igrah z žogo, kjer želimo z žogo zadeti določeno območje v igrišču.

2 MATEMATIČNI MODEL

Obravnavamo tir gibanja žoge, ki je posledica delovanja zunanjih sil na telo, začetne lege (x_0, y_0) in začetne hitrosti $\vec{v}_0$. V našem primeru postavimo začetek leta v koordinatno izhodišče ($x_0 = 0$, $y_0 = 0$) ter obravnavamo gibanje žoge pod vplivom teže $\vec{F}_g$ in sile upora $\vec{F}_u$ (slika 1). Uporabimo kvadratni zakon upora in upoštevamo, da deluje sila upora $\vec{F}_u$ v nasprotni smeri gibanja žoge:

$$\vec{F}_u = -k_u v^2 \hat{v}, \tag{1}$$

kjer je k_u koeficient zračnega upora in $\hat{v}$ enotski vektor v smeri hitrosti. Za različne tipe žog (različne k_u) proučujemo vpliv velikosti začetne hitrosti v_0 in začetnega kota leta φ_0 na domet žoge. Zanima nas, pri katerih pogojih zadenemo določeno območje na vodoravni podlagi ($D_{min} < D < D_{max}$), ki se nahaja na začetni višini leta $y = 0$ (slika 1).



Slika 1: Gibanje žoge pod vplivom zunanjih sil pri poševnem metu z upoštevanjem zračnega upora.

Zapišemo drugi Newtonov zakon gibanja v posamezni smeri:

$$ma_x = -F_{u,x},\ ma_y = -F_g - F_{u,y}, \tag{2a, b}$$

pri čemer je $F_g = mg$, $F_{u,x} = F_u \dfrac{v_x}{v}$, $F_{u,y} = F_u \dfrac{v_y}{v}$ in $v = \sqrt{(v_x^2 + v_y^2)}$. Enačbi 2a in 2b nekoliko preuredimo in zapišemo pospešek v posamezni smeri:

$$a_x = -kv_x v,\ a_y = -kv_y v - g, \tag{3a, b}$$

pri čemer je $k = \dfrac{k_u}{m}$ [5]. V tabeli 1 so podane vrednosti konstante k za nekaj tipov žog, ki jih uporabljamo pri različnih športih. Pri tem upoštevamo, da je $k_u = cS\rho/2$, kjer je gostota zraka ρ = 1,3 kg/m^3, c = 0,5 in S prečni presek posamezne žoge [1].

Tabela 1. Izračunane vrednosti koeficientov k za različne tipe žog.

vrsta žoge	m [g]	S [10^3 mm^2]	k_u [10^{-3} kg m^{-1}]	k [m^{-1}]
namizni tenis	3	1,3	0,4	0,14
golf	46	1,4	0,5	0,01
tenis	58	14	4,6	0,08
košarka	660	46	15,0	0,02
nogomet	410	37	12,0	0,03
rokomet	425	29	9,4	0,02
odbojka	260	34	11,0	0,04

Ob upoštevanju začetnih pogojev ($v_x(0) = v_0 \cos\varphi_0$, $v_y(0) = v_0 \sin\varphi_0$, $x(0) = 0$, $y(0) = 0$) ter enačb 3a in 3b lahko iz pospeškov in hitrosti:

$$a_x = dv_x / dt,\ a_y = dv_y / dt, \tag{4a, b}$$

$$v_x = dx / dt,\ v_y = dy / dt, \tag{5a, b}$$

določimo tir gibanja $x(t)$ in $y(t)$, kar bomo podrobneje predstavili v nadaljevanju.

3 REZULTATI

Predstavljeni so rezultati matematičnega modela (enačbe 4a, b in 5a, b). Proučujemo vpliv velikosti hitrosti v_0 in vpliv kota φ_0 na domet žoge pri različnih vrednostih konstante k (tabela 1).

Najprej obravnavajmo primer, ko lahko vpliv zračnega upora zanemarimo. V enačbah 3a in 3b predpostavimo, da je $k = 0$. Iz poenostavljenega modela lahko s pomočjo enačb 4a, b in 5a, b zapišemo tir gibanja, ki je v tem primeru parabola:

$$y = (\tan\varphi_0)x - \frac{1}{2}\frac{gx^2}{v_0^2\cos^2\varphi_0}. \tag{6}$$

Ob upoštevanju, da iščemo domet D na višini $y = 0$, enačbo 6 izenačimo z nič in izrazimo $x = D$:

$$D = \frac{v_0^2 \sin 2\varphi_0}{g}. \tag{7}$$

Iz enačbe 7 vidimo, da je domet odvisen od velikosti hitrosti v_0 in kota φ_0. Na sliki 2a je prikazano, kako je pri določenem dometu velikost hitrosti pogojena s kotom φ_0:

$$v_0 = \left(\frac{Dg}{\sin 2\varphi_0}\right)^{1/2}. \tag{8}$$

Iz enačbe 8 in slike 2a (črtkana črta) vidimo, da je pri kotu $\varphi_0 = 45°$ potrebna najmanjša hitrost v_0, da dosežemo določen domet.

V nadaljevanju si poglejmo primer, ko zračni upor ni več zanemarljiv. Primer rešimo numerično s preprosto Eulerjevo metodo [8], kjer ob upoštevanju enačb 3a, b zapišemo enačbe 4a, b in 5a, b v diferenčni obliki:

$$x_{i+1} = x_i + v_x\Delta t,\ y_{i+1} = y_i + v_y\Delta t, \tag{9a, b}$$

$$v_{x,i+1} = v_{x,i} - kv_x v\Delta t,\ v_{y,i+1} = v_{y,i} - (kv_y v + g)\Delta t. \tag{10a, b}$$

Za simulacijo enačb (9a, b in 10a, b) lahko uporabimo tabelarično orientirane računalniške programe, kot je Microsoft Excel, ki z vnosom enačb omogoča izračun posameznih vrednosti po časovnih korakih Δt v obliki tabele.

Za različne vrednosti konstante k so rezultati prikazani na slikah 2a–d. Iz slik je razvidno, da z večanjem vpliva upora potrebujemo večje hitrosti, da dosežemo določeno razdaljo. Kot, pri katerem lahko z najmanjšo hitrostjo v_0^* dosežemo želeno razdaljo, se z večanjem vpliva upora in z velikostjo dometa manjša ($\varphi_0 < 45°$, slika 2b–d, črtkana črta).

V kolikor je velikost hitrosti večja od minimalne ($v_0 > v_0^*$), lahko željeni domet dosežemo pri dveh različnih kotih ($\varphi_{0,\mathrm{I}}$ in $\varphi_{0,\mathrm{II}}$). V primeru, ko smo upor zanemarili (slika 2a), gre za popolnoma simetričen problem. Domet je namreč enak, ko je $sin(2\varphi_{0,\mathrm{I}}) = sin(2\varphi_{0,\mathrm{II}})$ (glej enačbo 7).

Oglejmo si še, v katerih mejah mora biti velikost hitrosti v_0 in kota φ_0, da dosežemo želeno območje dometa $D_{min} < D < D_{max}$. Kot primer je na sliki 2 sivo obarvano območje, ki določa velikost hitrosti in kota, da dosežemo območje dometa $10\ m < D < 15\ m$. Razberemo lahko, da je pri določeni velikosti hitrosti v_0 mogoče precejšnje odstopanje v kotu φ_0. Z večanjem vpliva upora opazimo tudi (slika 2d), da je pri večjih kotih $\varphi_{0,\mathrm{II}}$ v primerjavi z manjšimi koti $\varphi_{0,\mathrm{I}}$ možno večje odstopanje v velikosti začetne hitrosti v_0. Natančneje si bomo to ogledali v nadaljevanju, ko bomo ločeno obravnavali vpliv spremembe velikosti in smeri začetne hitrosti na domet.

Proučili bomo vpliv spremembe velikosti hitrosti v_0 in kota φ_0 na spremembo dometa. Zanima nas relativno povečanje velikosti hitrosti:

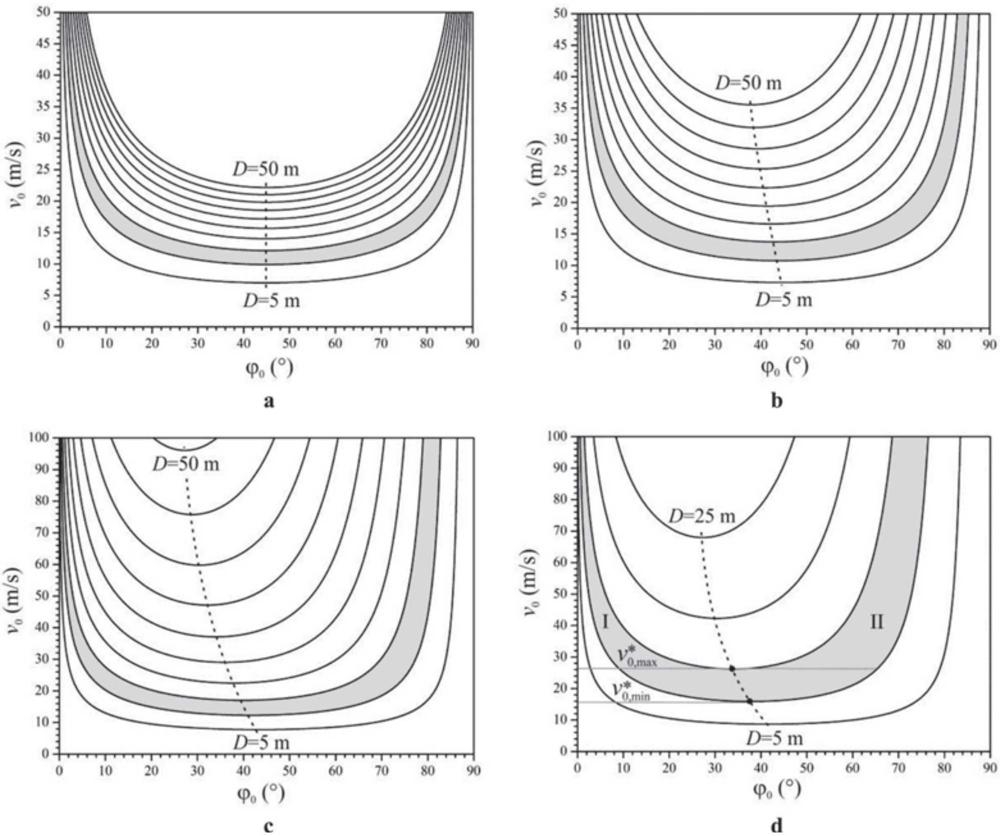
$$r_v = (v_{\mathrm{o,max}} - v_{\mathrm{o,min}}) / v_{0,\mathrm{min}} \tag{11}$$

in relativno povečanje kota $\varphi_{0,}$:

$$r_\varphi = (\varphi_{\mathrm{o,max}} - \varphi_{\mathrm{o,min}}) / \varphi_{0,\mathrm{min}}\ , \tag{12}$$

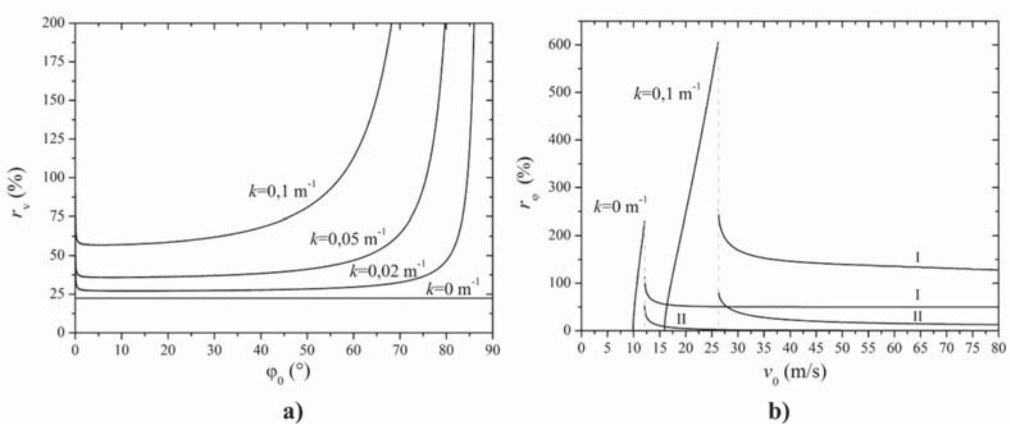
ki povzroči povečanje dometa iz D_{min} na D_{max}. Rezultate bomo prikazali za sivo obarvano območje na sliki 2 ($10\ m < D < 15\ m$). Pri tem hitrost $v_{0,\mathrm{min}}$ pri določenem kotu φ_0 določa domet D_{min}, hitrost $v_{0,\mathrm{max}}$ pa domet D_{max}. Podobno $\varphi_{0,\mathrm{min}}$ pri določeni velikosti hitrosti določa domet D_{min} in $\varphi_{0,\mathrm{max}}$ domet D_{max}.

Slika 3 prikazuje rezultate za različne vplive upora. V primeru zanemarljivega upora ($k = 0$) je relativno povečanje začetne hitrosti neodvisno od njene smeri. V primeru vpliva zračnega upora ($k > 0$) pa se relativno povečanje hitrosti povečuje z večanjem kota φ_0 (slika 3a). Določena relativna sprememba velikosti začetne hitrosti v_0 ima torej pri večjih kotih φ_0 manjši vpliv na spremembo dometa. Učinek je izrazitejši pri večji vrednosti koeficienta k.



Slika 2. Velikosti hitrosti v_0 v odvisnosti od kota φ_0 za različne vrednosti dometa D. Krivulje označujejo določen domet, ki se veča po koraku 5 m. Sivo območje označuje pogoje, pri katerih je domet $10\ m < D < 15\ m$. Črtkana črta označuje kot φ_0, pri katerem je potrebna najmanjša hitrost v_0^*, da dosežemo določen domet.
a) $k = 0\ m^{-1}$, b) $k = 0{,}02\ m^{-1}$, c) $k = 0{,}05\ m^{-1}$, d) $k = 0{,}1\ m^{-1}$.

Iz rezultatov relativne spremembe kota (r_φ) v odvisnosti od velikosti hitrosti v_0 vidimo (slika 3b), da obstaja optimalna hitrost, pri kateri je možna največja relativna sprememba kota. Gre za najmanjšo hitrost pri dometu $D_{\max}$ ($v^*_{0,\max}$). Relativna sprememba kota torej narašča z večanjem hitrosti od $v^*_{0,\min}$ do $v^*_{0,\max}$. Z nadaljnjim večanjem hitrosti nastaneta dve območji kotov (I in II), ki omogočata željen domet (slika 2d). Iz slike 3b vidimo, da območje I zaradi manjših kotov omogoča večjo relativno spremembo r_φ kot območje II, čeprav so pri določeni hitrosti v območju II možne večje absolutne spremembe kotov (glej sliko 2d). Ob možni natančni določitvi velikosti začetne hitrosti je torej najbolje izbrati $v^*_{0,\max}$, saj ta omogoča največja odstopanja v kotih tako v relativnem kot absolutnem smislu.



Slika 3. Relativne spremembe velikosti hitrosti v_0 (r_v) in kota φ_0 (r_φ) za sivo obarvano območje na sliki 2 ($10\ m < D < 15\ m$).

a) Relativna sprememba velikosti hitrosti v_0 v odvisnosti od kota φ_0.

b) Relativna sprememba kota φ_0 v odvisnosti od velikosti hitrosti v_0.

4 ZAKLJUČEK

V prispevku smo proučili vpliv spremembe velikosti in smeri začetne hitrosti leta različnih tipov žog na natančnost dometa. Rezultate smo prikazali za različne vplive upora, kar je aktualno pri različnih igrah z žogo, kjer želimo zadeti določeno območje v igrišču. Ugotovili smo, da relativno povečanje začetne hitrosti neodvisno od njene smeri povzroči enake spremembe v dometu, če je zračni upor med letom zanemarljiv. Ob upoštevanju zračnega upora pa smo pokazali, da določena relativna sprememba velikosti začetne hitrosti pri večjih začetnih kotih leta povzroči manjšo spremembo dometa. Pokazali smo tudi, da obstaja optimalna hitrost, pri kateri je možno največje odstopanje v smeri začetne hitrosti. V primeru, ko lahko natančno določimo začetno hitrost, je najbolje izbrati najmanjšo hitrost, ki je potrebna, da dosežemo oddaljen del želenega območja dometa, saj so v tem primeru lahko odstopanja v smeri začetne hitrosti največja. Predstavljeni rezultati dokaj realno opisujejo razmere pri letu žoge in jih lahko s pridom uporabimo pri različnih igrah z žogo.

VIRI:

[1] R. Kladnik, *Fizika za srednješolce. 1, Gibanje, sila, snov*. Ljubljana: DZS, 2008.

[2] P. J. Brancazio, „Trajectory of a fly ball,“ *The Physics Teacher,* vol. 23, pp. 20–23, 1985.

[3] R. Borghi, „Trajectory of a body in a resistant medium: an elementary derivation,“ *European Journal of Physics,* vol. 34, p. 359, 2013.

[4] P. S. Chudinov, „The motion of a point mass in a medium with a square law of drag,“ *Journal of Applied Mathematics and Mechanics,* vol. 65, pp. 421–426, // 2001.

[5] G. W. Parker, „Projectile motion with air resistance quadratic in the speed,“ *American Journal of Physics,* vol. 45, pp. 606–610, 07/00/ 1977.

[6] J. Gablonsky and A. Lang, „Modeling Basketball Free Throws,“ *SIAM Review,* vol. 47, pp. 775–798, 2005.

[7] A. Tan and G. Miller, „Kinematics of the free throw in basketball,“ *American Journal of Physics,* vol. 49, pp. 542–544, 1981.

[8] Z. Bohte, *Numerične metode*. Ljubljana: DZS, 1976.

KONFERENCA UČITELJEV NARAVOSLOVNIH PREDMETOV 2013 Z NASLOVOM: OD OPAZOVANJA IN RAZISKOVANJA DO ZNANJA

Milenko Stiplovšek

Zavod RS za šolstvo

Povzetek *– Zavod RS za šolstvo je v kongresnem centru Wellnes Park Laško organiziral 19. novembra 2013 konferenco učiteljev naravoslovnih predmetov 2013 z naslovom Od opazovanja in raziskovanja do znanja. Vodilo pri sestavi programa je bilo povezovanje med učitelji po izobraževalni vertikali in razvoj treh komponent naravoslovne kompetence – znanja, spretnosti in odnosov. Število udeležencev je bilo več kot 400, plenarna in sekcijska predavanja pa je predstavilo 13 povabljenih predavateljev. Popoldanski del konference je potekal predvsem v znamenju devetih sklopov predstavitev in delavnic. Pri njihovi pripravi in izvedbi je sodelovalo 13 povabljenih pedagogov, ki pri svojem delu poučujejo učence, dijake in študente, ter 11 svetovalcev Zavoda RS za šolstvo. Prva tovrstna konferenca je bila prav tako v Laškem leta 2011. Organizatorji upamo, da bo postala tradicionalna in da se bomo na njej vsaki dve leti lahko srečali vsi, ki smo povezani s poučevanjem naravoslovja.*

NAMEN IN KONCEPT LETOŠNJE KONFERENCE

Namen konference je bil:

- seznanitev z aktualnimi novostmi in posodobitvami na področju naravoslovnih strok in na področju poučevanja naravoslovnih predmetov ter predmetov z naravoslovnimi vsebinami;
- spodbujanje vertikalnega in horizontalnega povezovanja pri poučevanju naravoslovnih predmetov v vzgojno-izobraževalnih ustanovah;
- priložnost za strokovno druženje, izmenjavo izkušenj in predstavitev preizkušenih primerov prakse.

Vsebinski in izvedbeni koncept je zajemal tri dokaj splošne in široke sklope, ki dobro ustrezajo trem komponentam naravoslovne kompetence:

1. Naravoslovno znanje – razvijanje pojmov in konceptov
2. Naravoslovni, tehnični in tehnološki postopki – razvijanje spretnosti
3. Odnos do naravoslovja in odgovornost do okolja in zdravja

S tem smo želeli doseči povezovanje udeležencev in njihovo prijavo na dogodke, ki ne bodo izključevali nikogar – ne glede na stopnjo izobraževanja in ne glede na vsebino, s katero se ukvarja. Naslov Od opazovanja in raziskovanja do znanja je spodbujal pogled na pridobivanje naravoslovnega znanja v najširšem pomenu besede, in to od najzgodnejšega obdobja v OŠ pa do zaključka gimnazije. Verjamem, da je ta pristop pripomogel k dejstvu, da je bilo na spletni strani konference do zaključka prijav, teden pred pričetkom, prijavljenih 413 udeležencev in da smo organizatorji nato še ves čas do začetka konference dobivali prošnje za možnost naknadne prijave.

VSEBINA IN IZVEDBA

Konferenco je z nagovorom prisotnih odprl vodja programskega odbora in »lepilo« celotne ekipe za njeno pripravo **Samo Božič**, vodja predmetne skupine za fiziko na Zavodu RS za šolstvo.

Slika 1: Samo Božič z Zavoda RS za šolstvo – otvoritev konference in uvodni pozdrav ter nagovor prisotnih. (foto Igor Lipovšek)

Prisotne sta nato pozdravila in nagovorila **mag. Gregor Mohorčič**, direktor Zavoda RS za šolstvo, in **mag. Vlasta Poličnik**, v. d. generalne direktorice Direktorata za predšolsko vzgojo in osnovno šolstvo na Ministrstvu za znanost, izobraževanje in šport.

Prvo plenarno predavanje z naslovom **Science for all – engaging children and young people in math, science and technology,** je predstavila **dr. Maija Aksela**, direktorica Finland's Science education Centre LUMA. V njem je predstavila, kako v več izobraževalnih centrih v različnih krajih na Finskem, ki so združeni pod okriljem LUMA, spodbujajo in razvijajo naravoslovno znanje mladih na vseh stopnjah izobraževanja.

Slika 2: Dr. Maija Aksela, direktorica Finland's Science education Centre LUMA, med svojim predavanjem. (foto Igor Lipovšek)

Nadaljeval je **dr. Sašo Dolenc** s Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani, ki je predstavil predavanje z naslovom **Kaj je znanost?** Predaval je o razvoju znanosti in izmenjave idej v znanosti ter možnostih, ki jih v novejšem času na tem področju ponuja svetovni splet. Opozoril je tudi na vlogo znanosti v družbi in na pritiske ter skušnjave, ki so jim znanstveniki izpostavljeni.

Slika 3: Dr. Sašo Dolenc med predavanjem z naslovom Kaj je znanost? (foto Igor Lipovšek)

Uvodnima plenarnima predavanjema je sledil sočasen program v treh prostorih – sekcijska predavanja.

V sekciji z naslovom **Naravoslovno znanje – razvijanje pojmov in konceptov** so udeleženci lahko poslušali naslednja predavanja**:**

- Nimaš pojma, kaj je to?

  dr. Dušan Krnel, Pedagoška fakulteta, Univerza v Ljubljani
- Kako ustvariti znanstveni duh v razredu?

  dr. Gorazd Planinšič, Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani
- Nepopolne in napačne predstave v naravoslovju

  mag. Claudio Battelli, Zavod RS za šolstvo

V naslednji sekciji z naslovom **Naravoslovni, tehnični in tehnološki postopki – razvijanje spretnosti** so udeleženci lahko slišali prispevke**:**

- Zakaj se (spet) delimo?

  Vladimir Milekšič, Zavod RS za šolstvo
- Projektno sodelovalno delo za razvoj naravoslovnih znanj in spretnosti

  dr. Vesna Ferk Savec, Naravoslovno-tehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani
- Učinkovito vključevanje računalniško podprtega realnega laboratorijskega dela v pouk naravoslovnih predmetov

  dr. Andrej Šorgo, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Univerza v Mariboru

V tretji sekciji **z naslovom Odnos do naravoslovja in odgovornost do okolja in zdravja** so se predstavili predavatelji s prispevki:

- Pomen etike za znanost

  dr. Miro Cerar ml., Pravna fakulteta, Univerza v Ljubljani
- Odnos osnovnošolcev do zdravega prehranjevanja

  dr. Verena Koch in dr. Stojan Kostanjevec, Pedagoška fakulteta, Univerza v Ljubljani
- Vzgoja in izobraževanje za trajnostni razvoj – možnosti in odgovornost učiteljev naravoslovnih predmetov

  dr. Barica Marentič Požarnik

V popoldanskem delu programa so prevladovali prispevki pedagogov, ki pri svojem delu poučujejo učence, dijake in študente, ter svetovalcev Zavoda RS za šolstvo. Najprej so se uro in pol v devetih prostorih hkrati odvijale delavnice in predstavitve. Njihovo vsebino in imena izvajalcev si lahko podrobneje ogledate na spletnem naslovu: http://www.zrss.si/naravoslovje2013/ v zavihku PROGRAM. Nato smo v dveh prostorih nadaljevali z bolj neformalnimi in kratkimi petminutnimi predstavitvami primerov iz prakse v obliki, imenovani TeachMeet. Gre za način kratkih predstavitev, ki smo ga prvič videli na Škotskem in nato prilagojenega preizkusili na konferenci SIRIKT v Kranjski Gori. Bilo je zabavno in poučno.

Zaključno plenarno predavanje je pripravil **dr. Miha Kos,** direktor Hiše eksperimentov. Naslovil ga je **Manj učenja, več navduševanja ter zlasti spodbujanja dvomov.** Vsi, ki predavatelja poznamo, smo seveda pričakovali zanimivo in zabavno predavanje, in res je bilo takšno. Velika dvorana kongresnega centra je bila napolnjena kot na začetku konference. Ko je predavatelj prekoračil predvideni čas in vprašal, ali naj zaključi, se je iz publike slišal jasen NE. Mislim, da lahko »ta pojav« mirno štejemo kot eksperimentalni dokaz, da je konferenca uspela.

Slika 4: Dr. Miha Kos med zaključnim plenarnim predavanjem – takšen, kot ga poznamo. (foto Igor Lipovšek)

Konferenco je zaključila **mag. Andreja Bačnik,** vodja področne skupine NAMA na Zavodu RS za šolstvo, v katero smo vključeni svetovalci iz naravoslovnih področij, ki smo konferenco organizirali. Predstavila je projekt SCIENTIX, ki nudi mednarodno podporo učiteljem s področja naravoslovja, tehnologije in tehnike ter matematike. Zanimivo ponudbo in možnosti, ki so na voljo, si lahko pogledate na spletni strani http://www.scientix.eu .

ZAKLJUČEK

Mislim, da lahko mirno rečemo, da je srečanje strokovnjakov za izobraževanje na področju naravoslovnih znanosti, kot sta ga omogočili konferenci leta 2011 in letos, zelo pomembno. Upamo, da bo podobno konferenco res mogoče organizirati vsaki dve leti in da bo postala tradicionalna, saj so takšna srečanja na dolgi rok gotovo strateškega pomena.

SPLOŠNA MATURA IZ FIZIKE 2013
Poročilo DPKSM za fiziko

Peter Gabrovec[1]

1 SPLOŠNI PODATKI

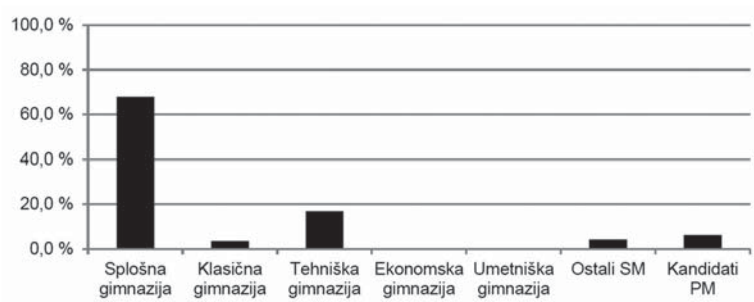
1.1 ŠTEVILO KANDIDATOV PO IZOBRAŽEVALNEM PROGRAMU IN STATUSU.

Pisni izpit splošne mature iz fizike je v šolskem letu 2012/13 potekal v spomladanskem roku 11. junija 2013, zunanji ocenjevalci so izdelke kandidatov ocenili v soboto, 15. junija 2013.

V junijskem roku je izpit splošne mature iz fizike opravljalo 1374 kandidatov. Struktura kandidatov glede na izobraževalni program je podobna kot prejšnja leta.

Preglednica 1: Število kandidatov na spomladanskem roku splošne mature iz fizike 2013

Skupina kandidatov	Referenčna skupina - dijaki, ki opravljajo maturo prvič			Poklicna matura	vsi ostali (popravljajo negativno oceno, izboljšujejo, opravljajo SM ponovno, odrasli ...)
	Skupaj gimnazije	Splošne gimnazije	Strokovne gimnazije		
Št. kandidatov	1.226	984	242	87	61



Slika 1: Podrobnejša struktura kandidatov pri izpitu SM iz fizike 2013.

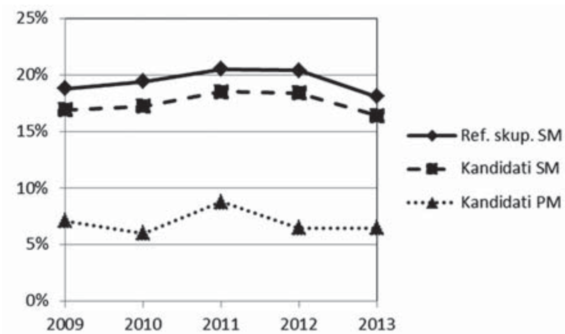
Število kandidatov, ki izberejo na maturi fiziko, se v zadnjih letih zmanjšuje. Ta trend se je v letošnjem letu nadaljeval. V zadnjih letih je sicer upadalo tudi število vseh kandidatov splošne mature, tako da se je delež kandidatov, ki so izbrali fiziko, celo povečeval. Letos se je ta delež zmanjšal.

1 Peter Gabrovec je glavni ocenjevalec DPK SM za fiziko

Preglednica 2: Število kandidatov na maturi iz fizike v obdobju 2009 do 2013.

Leto	Število kandidatov
2009	1720
2010	1682
2011	1685
2012	1531
2013	1374

Vir: Državni izpitni center, 2012

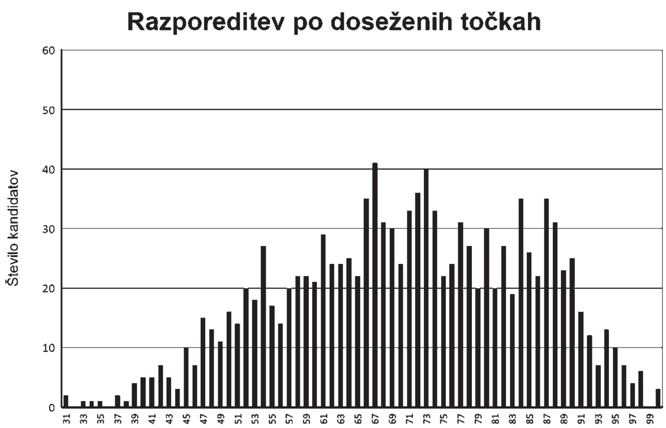


Slika 2: Delež kandidatov SM, ki so opravljali maturo iz fizike v obdobju 2009 do 2013.

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 89% kandidatov, ki so v junijskem roku 2013 opravljali izpit splošne mature iz fizike.



Slika 3: Porazdelitev kandidatov referenčne skupine po doseženih točkah.

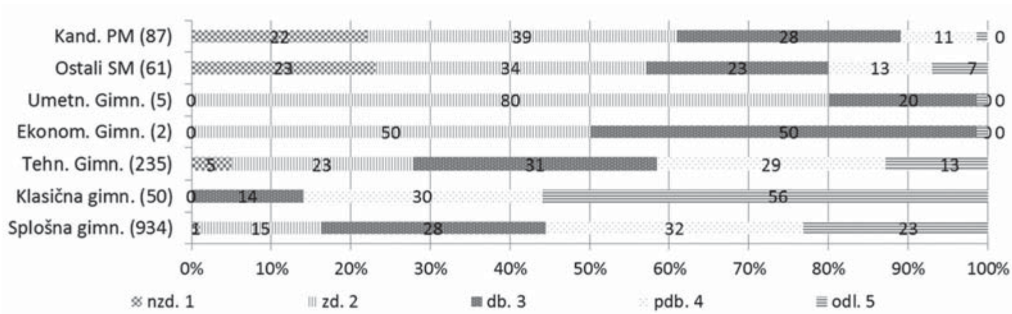
2.2 MEJE ZA IZPITNE OCENE

Meje za izpitne ocene določi komisija na osnovi dosežkov kandidatov referenčne skupine. Letošnje mejne točke in primerjavo s preteklimi leti kaže spodnja preglednica. Meja za oceno 5 je bila enaka kot zadnji dve leti, meja za pozitivno oceno pa za eno točko nižja kot lani.

Preglednica3 : Meje med ocenami za zadnjih pet let.

Ocene	5	4	3	2
2013	84	70	57	45
2012	84	71	59	46
2011	84	71	58	45
2010	82	68	56	43
2009	84	71	58	45

Razporeditev kandidatov po ocenah je v najštevilčnejših skupinah kandidatov (splošna gimnazija 68 % in tehnična gimnazija 17 % vseh kandidatov) podobna preteklim letom. Kandidati klasične gimnazije so dosegli nekoliko boljši uspeh kot lani, še večji dvig uspeha glede na lani so dosegli kandidati 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

3.1 ANALIZA USPEHA PRI PRVI IZPITNI POLI

Prva izpitna pola je od prenove leta 2012 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 24,14 točke, indeks težavnosti[2]

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

(IT) je bil 0,69. Uspeh je nekoliko nižji kot lansko leto, ko je bilo povprečje 26,26 točke (IT = 0,75), in nekoliko boljši kot leta 2011, ko je bil indeks težavnosti 0,66.

Slika 5: Razporeditev kandidatov po točkah[3].

Preglednica 4: Porazdelitev referenčne skupine kandidatov po doseženih točkah na Izpitni poli 1.

Število točk (od – do)	Število kandidatov
8 – 11	8
12 – 15	79
16 – 19	181
20 – 23	277
24 – 27	300
28 – 31	270
32 – 35	111

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 9.

3 Številke pod stolpci predstavljajo spodnji rob intervala. Prvi stolpec tako prikazuje kandidate z 8 do 11 točkami, zadnji pa kandidate z 32 do 35 točkami

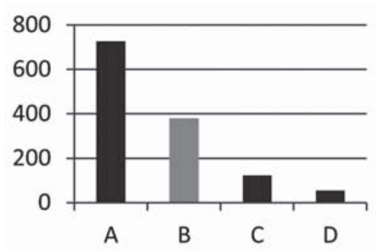
3.1.1. NALOGE Z NIZKIM INDEKSOM TEŽAVNOSTI

Naloga 13 *(IT = 0,30, ID = 0,21)*

13. Opazujemo bombo, ki pred eksplozijo miruje, in primerjamo njeno stanje pred eksplozijo in tik po njej (takrat je bomba kopica drobcev, ki letijo v različne smeri). Katera od spodnjih izjav je pravilna?

A Pri eksploziji sta se povečali kinetična energija in gibalna količina bombe.
B Pri eksploziji se je povečala kinetična energija, ne pa gibalna količina bombe.
C Eksplozija ni spremenila niti kinetične energije niti gibalne količine bombe.
D Pri eksploziji se je povelača gibalna količina, ne pa kinetična energija bombe.

Komentar: Glede na uspešnost reševanja se je naloga uvrstila na predzadnje mesto. Naloga sodi v poglavje gibalne količine. Naloga zahteva od kandidatov, da uporabijo zakon o ohranitvi gibalne količine v realnem primeru. Najpogosteje izbran odgovor je bil napačen. Kandidati najverjetneje niso prepoznali, kaj je izbrani opazovani sistem in kako na tem splošnem primeru uporabiti zakon o ohranitvi gibalne količine.



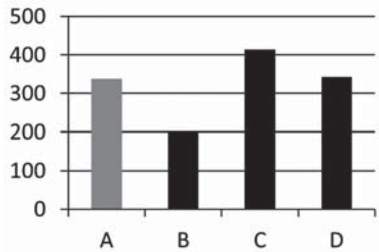
Slika 6: Število kandidatov, ki so izbrali posamezen odgovor v nalogi 13. Pravilen je odgovor B.

Naloga 31 *(IT = 0,27, ID = 0,26)*

31. Najmanjša površina, na katero lahko na magnetnem disku zapišemo posamezno informacijo (en bit), je $5{,}0 \cdot 10^{-15}$ m^2. Kateri od odgovorov navaja najboljšo oceno število atomov, ki prekrivajo to površino?

A 250000
B 250
C $250 \cdot 10^6$
D $250 \cdot 10^9$

Komentar: Slab uspeh pri tej nalogi ne preseneča. Dijaki so morali vedeti, kolikšna je približna velikost atomov, in od tod izračunati površino njegovega preseka. Pri tem so morali računati s števili, zapisanimi z desetiško potenco, s čimer imajo pogosto težave. Verjetno je bila težava tudi v tem, da velikost atomov, ki bi ustrezala napačnemu odgovoru C, ne odstopa zelo od pravih velikosti.



Slika 7: Število kandidatov, ki so izbrali posamezen odgovor v nalogi 31. Pravilen je odgovor A.

***Naloga 35** (IT = 0,44, ID = 0,21)*

35. Kateri podatek najbolje opiše razdaljo med Zemljo in Soncem?

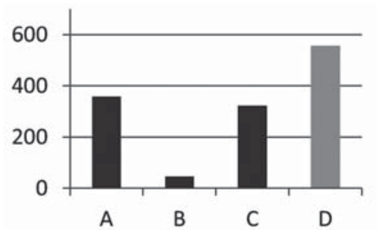
A Eno svetlobno leto.

B 40000 km

C 8,0 svetlobnih sekund

D $1{,}5\cdot10^{11}$ m

Komentar: Naloga je iz poglavja o astronomiji in zahteva preprosto faktografsko znanje. Slab uspeh pri reševanju te naloge verjetno kaže na to, da mnogi to poglavje pri pripravi na maturo izpustijo oziroma da ga niso niti obravnavali pri pouku. Iz porazdelitve izbranih odgovorov je možno sklepati, da je precejšen delež dijakov preprosto izbiral odgovore, ki so se jim zdeli približno domači, ne da bi o njih kritično razmislili.



Slika 8: Število kandidatov, ki so izbrali posamezen odgovor v nalogi 35. Pravilen je odgovor D.

3.1.2 NALOGE Z DOBRIM USPEHOM (VISOK IT) IN NALOGE, KI LOČUJEJO »BOLJŠE« IN »SLABŠE« KANDIDATE (VISOK ID[4])

***Naloga 20** (IT = 0,93, ID = 0,28)*

20. Koliko naboja se nabere na kondenzatorju s kapaciteto 2,5 μF, če ga priključimo na vir enosmerne napetosti 250 V?

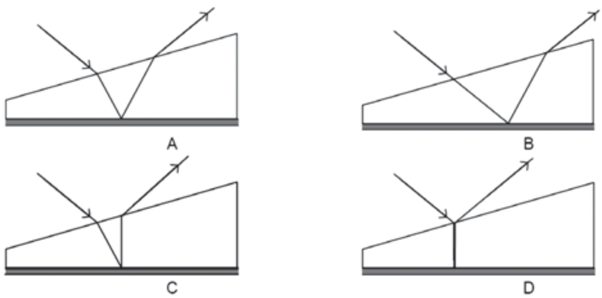
4 ID naloge – statistični parameter, s katerim skušamo meriti, ali so nalogo bolje reševali dijaki, ki so imeli v celoti boljši uspeh na maturi. Naloge z visokim ID so uspešno reševali večinoma le dijaki, ki so tudi sicer dosegli zelo dober rezultat na maturi – »dobri« dijaki. Nizek ID pomeni, da so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

A 1,0·10^{-8} As
B 1,0·10^{8} As
C 6,3·10^{-4} As
D 630 As

Komentar: To nalogo so kandidati reševali najbolje, ima najvišji indeks težavnosti. Za pravilen odgovor je zadostovalo, da so kandidati vstavili podatke v enačbo, ki je zapisana v zbirki na začetku pole. Morali so tudi ustrezno uporabiti predpone v podatkih, na kar pa so očitno dobro pripravljeni. Tudi lansko leto so bili kandidati najbolj uspešni pri nalogi podobnega tipa iz elektrike.

Naloga 30 *(IT = 0,90, ID = 0,14)*

30. Na klinasto stekleno ploščo z lomnim kvocientom 1,4 je na spodnji strani naparjena plast aluminija, ki odbija svetlobo. Katera slika pravilno kaže prehod svetlobnega curka?

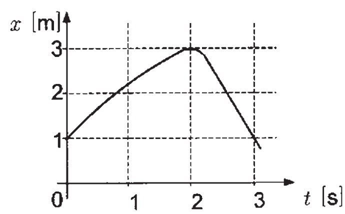


Komentar: Nalogo so kandidati reševali relativno zelo dobro (tretji najvišji indeks težavnosti). Rezultat morda nekoliko preseneti, saj je naloga zahtevala kvalitativno presojo, pri kateri je moral dijak pravilno razumeti dva pojava: lom in odboj. Očitno pa je ta snov pri pouku dovolj podrobno obravnavana.

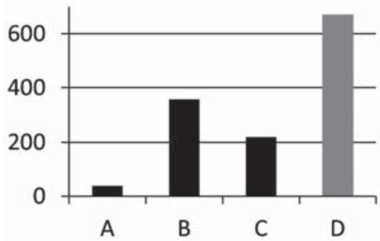
Naloga 6 *(IT = 0,53, ID = 0,45)*

6. Graf prikazuje lego telesa med premim gibanjem. V katerem od navedenih trenutkov je velikost hitrosti telesa največja?

A 0 s
B 1 s
C 2 s
D 3 s



Komentar: Gre za nalogo z najvišjim ID-jem v poli. To pomeni, da je naloga najbolje ločevala kandidate, ki so dosegli pri splošni maturi v celoti dober uspeh, in kandidate s slabim uspehom. Najpogostejši napačen odgovor je bil odgovor B. To je možno pojasniti z nenatančnim odčitavanjem strmine grafa ali pa z nenatančnim branjem besedila: morda so spregledali, da naloga sprašuje po največji velikosti hitrosti in ne po največji hitrosti. Ob tem velja opozoriti, da je uspešno reševanje nalog izbirnega tipa pogosto pogojeno z natančnim branjem in analizo vprašanj ter ponujenih odgovorov.

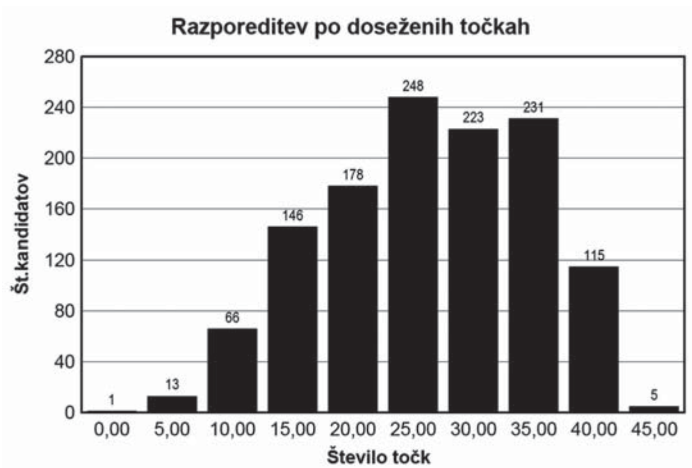


Slika 9: Število kandidatov, ki so izbrali posamezni odgovor v nalogi 6. Pravilen je odgovor D.

3.2 ANALIZA USPEHA PRI DRUGI IZPITNI POLI (STRUKTURIRANE NALOGE)

V drugi izpitni poli so kandidati izbrali tri naloge strukturiranega tipa izmed ponujenih šestih. Vsaka naloga je bila vredna 15 točk, skupaj so torej lahko dosegli 45 točk. Spodnja preglednica kaže razporeditev kandidatov referenčne skupine po doseženih točkah v 2. poli.

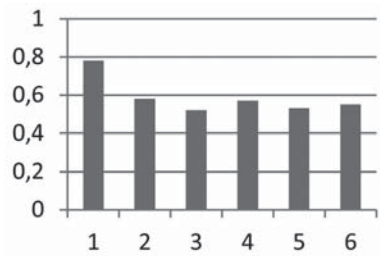
Kandidati referenčne skupine so v povprečju dosegli 28,27 točke, indeks težavnosti te izpitne pole je 0,62. Uspeh je povsem primerljiv z zadnjimi leti (leta 2012 0,60, leta 2011 0,63).



Slika 10: Razporeditev kandidatov po točkah. Upoštevani so kandidati referenčne skupine.5

5 Številke pod stolpci predstavljajo spodnji rob intervala. Prvi stolpec tako prikazuje kandidate z 0 do 4 točkami, predzadnji kandidate z 40 do 44 točkami, zadnji pa kandidate z vsemi (45) točkami.

Med nalogami izstopa 1. naloga (merjenje). Izbralo jo je največ kandidatov, povprečno število točk je bilo pri tej nalogi najvišje. Uspešnost reševanja nalog 2 do 6 je bila precej primerljiva, kar lahko razberemo iz indeksov težavnosti za posamezno nalogo na sliki 11.



Slika 11: Indeks težavnosti po posameznih nalogah pole 2.

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.

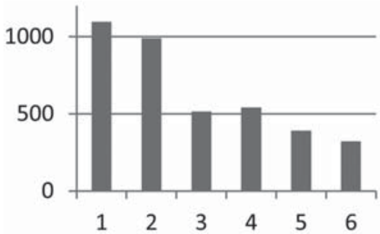
3.2.1 SESTAVA NALOG

Naloge so pokrivale naslednje fizikalne teme:

1. naloga: *Merjenje* – kandidati so obdelali in analizirali neke meritve velikosti in mas kroglic iz plastelina.
2. naloga: *Mehanika* - naloga obravnava vlak pri različnih primerih pospešenega gibanja: na ravnem, po klancu in v ovinku. Zadnje vprašanje vključuje še ohranitev gibalne količine.
3. naloga: *Termodinamika* – obravnava CO_2 v zaprti posodi. Plin segrejemo, da izmenjuje toploto s sevanjem, v zadnjem delu naloga obravnava razširitev plina v dodano prazno posodo.
4. naloga: *Elektrika in magnetizem* – v začetku naloga obravnava naelektren kondenzator. V nadaljevanju kondenzator priključimo na tuljavo in analiziramo nihanje nihajnega kroga.
5. naloga: *Nihanje in valovanje* – naloga analizira nihanje kitarske strune in zvok, ki ga oddaja.
6. naloga: *Moderna fizika* – vprašanja naloge se nanašajo na fotoefekt v fotocelici.

3.2.2 KOMENTAR

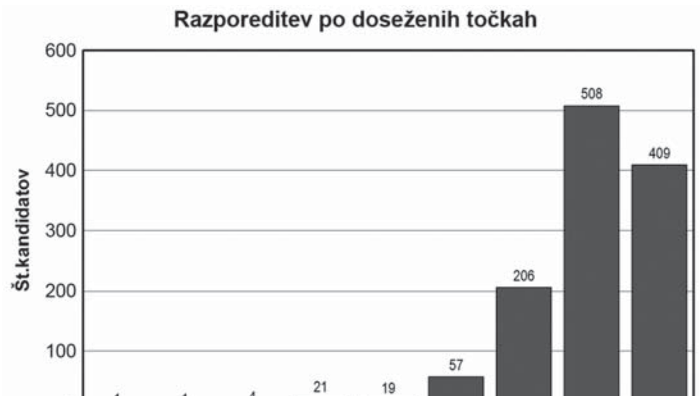
Dijaki so najpogosteje izbirali 1. in 2. nalogo, najmanj pa nalogo 5 in 6. Najpogostejši izbiri nalog sta bili prve tri naloge ali prvi dve in naloga 4. Žal je nalogo iz moderne fizike spet reševalo najmanj dijakov. Tak vzorec izbire nalog je podoben prejšnjim letom. Ponovno je torej na mestu spodbuda učiteljem, da skušajo dijake v večji meri pripravljati oziroma navdušiti za izbiro naloge iz poglavja o moderni fiziki.



Slika 12: Frekvenca izbir nalog pole 2.

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 13: Razporeditev kandidatov po točkah. Upoštevani so kandidati referenčne skupine.[6]

6 Številke pod stolpci predstavljajo spodnji rob intervala. Prvi stolpec tako prikazuje kandidate z 0 do 5 točkami, predzadnji kandidate z 18 in 19 točkami, zadnji pa kandidate z vsemi 20 točkami.

3.4 NAJPOGOSTEJŠI NEPRAVILNI ODGOVORI KANDIDATOV

Kandidati pogosto izpuščajo enote v računih in tudi v rezultatih. Pogosto pozabijo zapisati enoto, ko računajo naklon premice. Težave z enotami imajo še posebej pri uporabi plinske enačbe, kjer pogosto ne pretvorijo pravilno enot podatkov. Rezultatov ne zaokrožijo na smiselno število pravilnih mest.

Kandidati ne preberejo dovolj natančno besedila in ne analizirajo vprašanja. Ne vprašajo se, kaj je opazovano telo ali sistem, za kateri pojav gre in katera enačba opisuje opazovani pojav. Zato uporabijo prvo formulo, ki se zdi primerna, in vstavijo številke, ki se jim ponujajo, a so napačne.

Konkretni primeri iz letošnjega maturitetnega izpita:

- ne vprašajo se, kaj je opazovani sistem pri uporabi 2. Newtonovega zakona,
- povprečno hitrost računajo kot aritmetično sredino začetne in končne hitrosti, čeprav je gibanje sestavljeno iz več delov z različnimi pospeški,
- pri računanju hitrosti in pospeška pri nihanju uporabljajo enačbe za enakomerno pospešeno gibanje,
- frekvenco strune računajo z enačbo za nitno nihalo,
- ne ločijo med enačbama za jakost električnega polja kondenzatorja in plošče,
- uporabijo pogoj za ojačitev pri računanju lege oslabitve.

Večje težave se pojavljajo v nalogah, kjer morajo kandidati narediti več korakov. Konkretni primeri iz letošnje 2. izpitne pole:

- najprej izračunati naklonski kot klanca in nato določiti dinamično komponento teže,
- najprej izračunati maso ene molekule in povprečno kinetično energijo molekul, nato izračunati hitrost molekul.

Kandidati slabo rešujejo naloge, ki zahtevajo utemeljitev z besedilnim odgovorom. Sklepi so pogosto pomanjkljivo ali napačno utemeljeni.

Pogoste težave pri reševanju letošnje 2. izpitne pole so bile še:

- pri izmenjavi toplote s sevanjem dijaki pozabijo na sevanje okolice,
- določanje kilomolske mase na podlagi formule za molekulo in z uporabo periodnega sistema,
- določiti fizikalni pomen naklona premice v grafu volumna v odvisnosti od mase.

3.5 OCENA KAKOVOSTI NALOG IN VPRAŠANJ V IZPITNIH POLAH

DPK SM za fiziko je ugotovila editorsko napako v 2. nalogi 1. izpitne pole (napačno je bil zapisan odgovor C) in zato sprejela sklep, da so pri tej nalogi vsi kandidati ocenjeni z 1 točko.

Zunanji ocenjevalci so sestavo izpitnih polih ocenili kot primerno ali zelo primerno, navodila za ocenjevanje pa kot jasna ali zelo jasna.

Zunanji ocenjevalci so po koncu ocenjevanja z anketo izrazili tudi svoje mnenje o spremembah v sestavi maturitetnega izpita pri fiziki, ki so v veljavi od leta 2012. 83 % ocenjevalcev spremembe podpira ali so do sprememb nevtralni. Na vprašanje, kako primerno se jim zdi, da morajo dijaki poglabljati vsaj tri poglavja, odgovarjajo večinsko (56 %), da je to število poglavij premajhno, ostali so mnenja, da je to število primerno. Zunanji ocenjevalci so podali tudi svoje mnenje o tem, ali se je zahtevnost izpitnih pol ob reformi spremenila. Večina (za polo 1 74 %, za polo 2 62 %) je mnenja, da je zahtevnost enaka kot prej. Med ostalimi mnenji je nekaj več tistih, ki menijo, da so izpitne pole sedaj manj zahtevne, kot tistih, ki menijo, da so bolj zahtevne.

4 UGOVORI NA OCENO IN NAČIN IZRAČUNA IZPITNE OCENE

Od 1.374 kandidatov, ki so v spomladanskem roku pristopili k izpitu splošne mature iz fizike, je 62 kandidatov zaprosilo za vpogled v ocenjevanje njihovega izdelka.. Njihove izpitne pole je še enkrat pregledal izvedenec. Pri enajstih kandidatih je spremenil število doseženih točk, od tega pri dveh navzdol in pri devetih navzgor, kar je pri sedmih kandidatih pomenilo tudi spremenjeno oceno izpita iz fizike. Število ugovorov na oceno je podobno številu ugovorov iz prejšnjih let.

5 ZA ZAKLJUČEK

Komisijo DPKSM za fiziko po skoraj desetletju sodelovanja zapušča dr. Gorazd Planinšič. V dveh mandatih je bil predsednik te komisije. V tem času je komisija pripravila prenovljen maturitetni katalog. Ta je upošteval prenovo učnega načrta za fiziko, pri kateri je pomembno sodeloval tudi dr. Planinšič. V komisijo je imenovan nov član dr. Mitja Slavinec, predsednik nove sestave komisije pa je dr. Aleš Mohorič.

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.

GALILEI V LJUBLJANI
(ob 450-letnici rojstva Galilea Galileja 15. 2. 1564)

Stanislav Južnič

Univerza v Oklahomi, Oklahoma

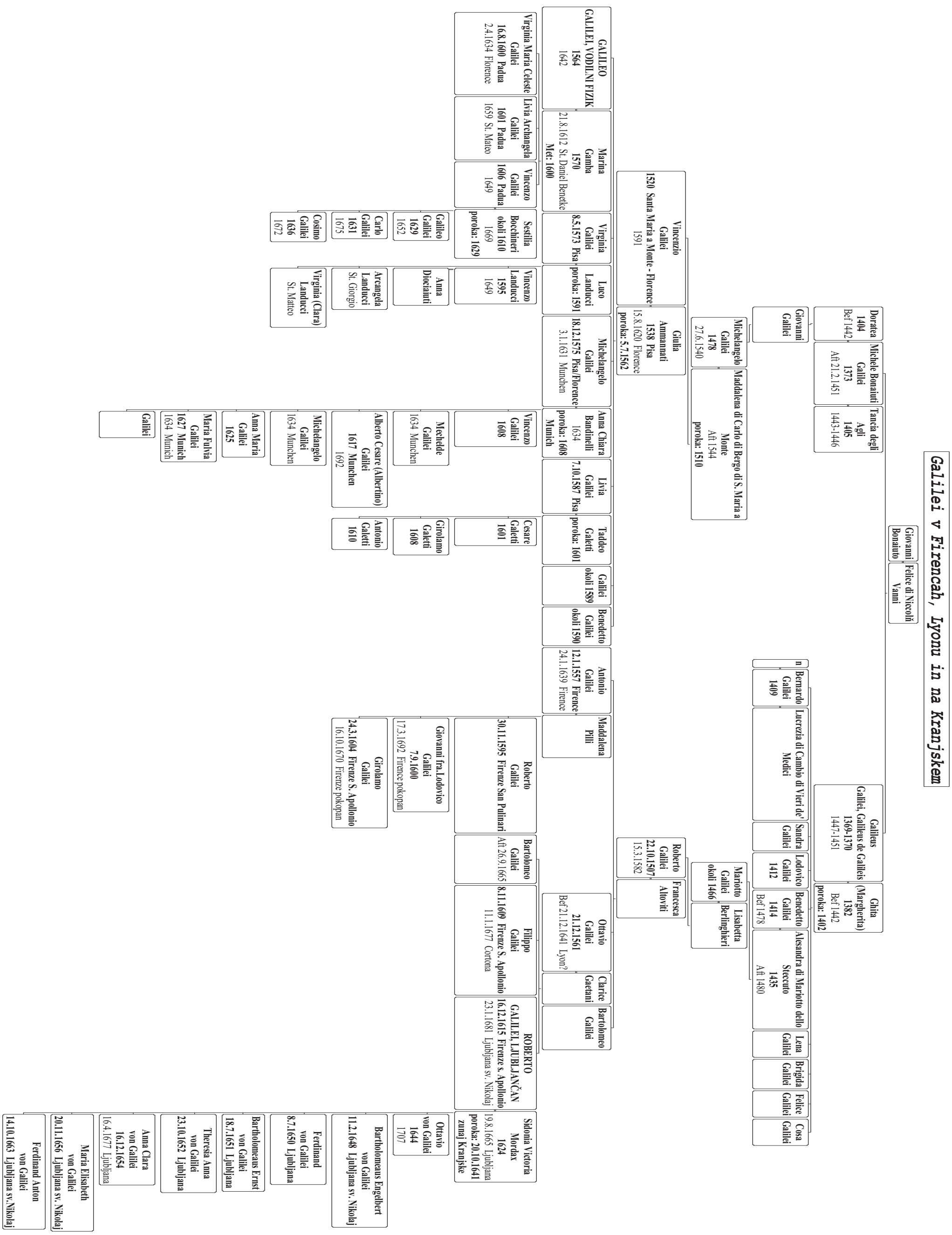
Povzetek – G. Galilejeva prenova pouka fizike se je tudi v Ljubljani odvila na več ravneh, ki so postopoma spremenile šolski način poučevanja v še dandanes merodajno eksperimentalno smer samostojnih poskusov dijakov ob učiteljevih demonstracijah. Vpliv Galilea Galileja na naše prednike se je začel med šolanjem kranjske mladine v Padovi, kjer so univerzo obiskovali tudi grofje Turjaški in Valvasorji; seveda se zavoljo svojih politično naravnanih življenjskih ciljev visoki plemiči zvečine niso vpisovali na medicinsko fakulteto, kjer je Galileo predaval matematične vede z velikim delom fizike vred. Drugi vpliv se zrcali v nabavah Galilejevega analognega računala, izdelanega v njegovi hiši; dražja srebrna različica je bila namenjena vladarjem vključno s Habsburžani, cenejša kovinska izvedba pa manj premožnim. Med drugimi so računalo nabavili grofje Turjaški za svojo palačo v Ljubljani, pozneje imenovano knežjo, Valvasor in ljubljanski stanodajalec Roberta Galileja Janez Adam Petenegg.

Tretji vpliv Galileja na šole se kaže v branju njegovih knjig, tudi tistih prepovedanih. V tej razpravi preučujemo doslej manj znanega G. Galilejevega sorodnika, Ljubljančana Roberta Galileja (1615 Firence–1681 Ljubljana), čigar delovanje v Ljubljani je odločilno pripomoglo k priljubljenosti idej Galilea Galileja na Slovenskem.

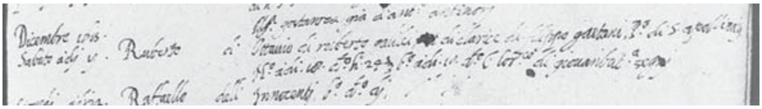
Abstract – Galileo Galilei's renovation of physics teaching performed some stages of development also in Ljubljana. Step by step it changed the school education into still prevailing experimental destination based on autonomous experimenting of students and teacher's demonstrations. The influence of Galileo Galilei on our ancestors began with studies of the youth of Carniola in Padua University including count Auersperg and Valvasor. The high nobility certainly didn't matriculate in the Faculty of Medicine where Galileo Galilei taught mathematical sciences with a lot of physics included. On the other hand, G. Galileo produced in his own house the analogue calculators called geometric and military compasses in silver variant for Habsburg and other rulers, and a cheaper metallic form. Among others the Count Auersperg bought the item for his Ljubljana palace, as did Valvasor and Roberto Galilei's landlord Janez Adam Petenegg.

The third aspect of spreading of Galileo's ideas was the distribution of his books including those on the Index of Prohibited Books. In this research the deeds of G. Galileo's relative up to now little known Roberto Galilei (1615 Florence–1681 Ljubljana) is discussed. Roberto work helped to spread the awareness of the ideas of Galileo Galilei in now Slovenian Lands.

UVOD



SLIKA 1: Rodovno drevo florentinskih in lyonskih Galilejev z ljubljansko vejo, ki ponazarja družinske vezi med fizikom Galileom Galilejem in njegovim ljubljanskim sorodnikom Robertom Galilejem.



SLIKA 2: Zapis o florentinskem krstu poznejšega Ljubljančana Roberta Galileja decembra 1615.

Sorodnik Galilea Galileja, Roberto Galilei (1615–1681), se je preselil v Ljubljano v času, ko jezuiti in drugi ljubljanski šolniki še niso predavali fizike na višji stopnji razen študentom teologije. Pouk fizike znotraj filozofije so v njegovem času na slovenskem narodnostnem ozemlju izvajali le jezuiti v Celovcu od leta 1653 dalje in menihi Somaski v Kopru nekoliko pozneje. Uvajanje G. Galilejevih novosti pri pouku mehanike in predvsem astronomije je bilo namreč po njegovi obsodbi leta 1633 močno oteženo. Takrat je bilo ozemlje sodobne Slovenije v šolskem pogledu močno navezano na italijanske sosede, saj je tridesetletna vojna med letoma 1618–1648 močno zmanjšala vpliv nemških šol. Kdor se je med tedanjimi Ljubljančani in prebivalci sosednjih krajev hotel naučiti fizike, je moral v uk k Italijanom, saj so bili tamkajšnji fiziki na čelu z G. Galilejem njega dni razred zase.

Seveda šolarji niso bili edini prinašalci novic o novih fizikalnih dosežkih. Številni Italijani so prihajali na ozemlje sedanje Slovenije, mnogi med njimi pa so se med Slovenci ustalili in mednje zanesli nove Galilejeve ideje; domala najpomembnejši med njimi je bil Roberto Galilei (* 1615). Za osvetlitev delovanja R. Galileja v Ljubljani so bistvenega pomena njegovi stiki s tedanjo ljubljansko smetano, predvsem z grofi in knezi Turjaškimi. R. Galilejev vrstnik, nekaj tednov starejši knez Janez Vajkard Turjaški (1615–1677), je bil mlajši brat deželnega glavarja grofa Volfa Engelberta Turjaškega (1610–1673). Oba sta bila rojena med prijaznimi dolenjskimi griči v Žužemberku; Volf je gospodaril na Kranjskem, Janez v visoki dunajski politiki tudi kot svetovalec Otta Guerickeja pri poskusih z vakuumom, njun srednji brat Herbard Turjaški (1613–1669) s Šrajbarskega Turna pri Krškem pa v Vojni Krajini.

UČNA DOBA GROFOV TURJAŠKIH IN GALILEJEVE KNJIGE NA KRANJSKEM

Boter otrok Roberta Galileja, kranjski deželni glavar Volf Engelbert Turjaški, je bil najstarejši sin dednega maršala Ditriha Turjaškega (1578–1634). Leta 1625 se je Ditrih skupaj s prvorojencem Volfom Engelbertom med zadnjimi petičnimi Kranjci vrnil iz protestantske v katoliško vero. Istega leta je kupil dve hiši na vogalu Gosposke in Turjaške ulice; predelal ju je leta 1631 in 1632. Roberto Galilei je stanoval nedaleč proč onstran Ljubljanice v največji med tedanjimi hišami na Mestnem trgu ob Šuštarskem mostu.

Zavoljo rušenj med tridesetletno vojno so nemške šole komajda delovale. Ditrihovi sinovi so si zato večinoma nabrali znanja v severni Italiji in tam spoznali G. Galilejevo prenovo fizike. V Münchnu sta Herbard in Janez Vajkard obiskovala le nižje študije, kar bi danes ustrezalo osnovni šoli in prvima srednješolskima razredoma; v matrikah višjih študijev je bilo tam vpisanih bore malo Kranjcev, prav nobeden pa ni bil Ljubljančan ali Turjaškega rodu.

Preglednica 1: Šolanje Ditriha Turjaškega, njegovih bratov in sinov

Ime	Kraj in čas študija	Profesorji matematično-fizikalnih panog
Ditrihova brata Herbard in Vajkard	Strasbourg 1587	
Ditrih	Strasbourg 1591	
Herbard, Vajkard in Ditrih	Tübingen 26. 8. 1592: Ditrih kot 469. avstrijski študent	Keplerjev učitelj Michael Maestlin, astronom
Ditrih	Strasbourg 1593	
Herbard, Vajkard	Padova 1593	
Ditrih	Padova 1595–1596–	Galileo Galilei matematik 1592–1610
Volf	Ljubljana 1625–	Poljak Albert Ocicky rektor 1622–1630
Volf	Gradec 1627 poezija	Jacob Honoratus Durand poučuje filozofijo s fiziko 1628–1630; Andrej Kobav iz Cerknice kot repetitor utrjuje snov s študenti matematike 1627–1633
Volf	Benetke, Padova, Bologna	
Volf	Dunaj 1629	Paul Guldin matematik 1623–1637
Volf	Siena 15. 6. 1630– ; višji študiji, univerza	Teofilo Gallaccini (Gallacini, 1564–1641) matematik, od leta 1623 nosilec katedre za filozofijo in logiko, malo pred smrtjo predaval tudi arhitekturo
Volf	Cleve(s) 1631	
Herbard	München 1630–23. 1. 1632	Nižje študije na jezuitskem kolegiju, nato na dvoru
Herbard	Strasbourg 1631–21. 1. 1632	Nižje šole
Herbard	Gradec pomlad 1633 – jesen 1633	Durand matematik 1632–1654; Kobav repetitor matematike
Janez	München 1630–15. 1. 1632-	Nižji študiji na jezuitskem kolegiju, nato na dvoru. Doktor obojega prava profesor Franz Schildt mu predava v Münchnu ali Würzburgu maja 1659
Janez	Strasbourg	Nižje šole
Janez	Bologna pomlad 1633–jesen 1633	Giovanni Battista Riccioli in Francesco Maria Grimaldi
Janez	Siena junij/julij 1635–1636	Gallaccini; vodja sienskega dvora je bil Malteški vitez Bartolomeo Galilei, brat Ljubljančana Roberta Galileja (* 1615)

Preglednica 2: Turjaške in Valvasorjeve knjige članov Galilejeve Academia dei Lincei in Keplerja

Pisec turjaške knjige	Leto	Naslov	Valvasorjeve knjige istega avtorja
Markiz Guidobaldo Monte	1577	Mecanicorum liber	Nemški prevod 1629
Ferrante Imperato	1599	Dell'historia naturale	/
Kepler	1604	Ad Vitellionem	Ad Vitellionem; Dioptrica 1611
Galilei	1612; 1655–56	Le operazioni del compasso; Opere	Pisma v Keplerjevi knjigi
Porta, Giovanni Batista	1650	Magiae naturalis	Nemški prevod 1612, italijanski prevod 1650, latinski ponatis 1680
Porta, Giovanni Batista	1650, 1652	Physiognomoniae coelestis libri sex	Italijanska izdaja 1616
Hernández, Francisco; Cesi, Federico	1651	Nova plantarum, animalium	/
Redi, Francesco	1670	Miscellanea curiosa medico--physica	Štiri knjige polemik s Kircherjem, med njimi dve latinski o kačjem kamnu

Turjaški so spoznali nove fizikalne ideje Galilea Galileja v šolskih klopeh še pred priselitvijo Roberta Galileja (* 1615) v Ljubljano; sicer pa so bili vsi štirje zgodnji kranjski lastniki Galilejevih knjig povezani z Galilejevim ljubljanskim sorodnikom Robertom Galilejem: Turjaški, Valvasor, Thurn-Valsassina in Wintershofen-Oršić. Volf Engelbert Turjaški je bil boter Robertovima otrokoma v ljubljanski stolnici. Roberto je bil boter otroku Valvasorjevega polbrata. Janez Ambrož Thurn-Valsassina († 1654) je bil sošolec Janeza Vajkarda Turjaškega na univerzi v Sieni. Junija/julija 1635 je Janez Vajkard Turjaški kot 6541. dijak moral odšteti 3 *scude* za vpis na univerzo v Sieni, kar je tehtalo svojih 10 g zlata; za marsikaterega sodobnega šolarja bi bilo kaj takega že kar pravo premoženje. Nekaj tednov za Janezom Vajkardom Turjaškim se je v Sieni vpisal še Janez Ambrož grof Thurn-Valsassina (*Joannes Ambrosius Turrianus et Valsassina Comes*) pod številko 6553.

Ivan Franjo Oršić, tast baronice Marije Terezije Wintershofen, poročene Oršić (Wintershoffen, okoli 1665–1700), soproge polkovnika Antuna Oršića (1670–1706), je po babičini oporoki, podpisani dne 28. 3. 1673, podedoval imetje svoje babice Barbare baronice Kacijanar (1589/90–1673); Barbara je bila med najbolj priljubljenimi botrami tedanjih petičnih Ljubljančanov. Bila je hči Gabrijela Križaniča († 1619) iz Pustega Gradca, mačeha Janeza Herbarta Kacijanarja († 1681), lastnica Preddvora, gospostva Trebnje in hiše na Starem trgu v Ljubljani. Pri krstu v ljubljanski stolnici je bila botra R. Galilejevi hčeri Ani Klari, ki je edina od Robertovih otrok umrla v Ljubljani. Žal testament Barbare Kacijanar ni ohranjen; tako ni mogoče vedeti, ali je njene knjige podedovala snaha njenega vnuka, Marija Terezija Wintershofen, poročena Oršić. Barbarin tretji mož Jurij Boltežar baron Kacijanar je na Begunjah zapustil zavidanja vredno knjižnico z nad sto knjigami.

Thurn-Valsassina [1] in Oršić [2] sta imela vsak svoj izvod Galilejevih *Discorsi* iz leta 1638, ki so bili natisnjeni na Nizozemskem tudi s posredovanjem bratranca-soimenjaka Ljubljančana Roberta Galileja.

Sinovi Ditriha Turjaškega so imeli prvo izdajo zbirke Galilejevih zbranih del v dveh zvezkih; sin ljubljanskega župana Janez Ludvik Schönleben ju je zanje katalogiziral vsakega posebej z domnevno različnima letoma izdaje. Seveda so postale Galilejeve knjige močno sumljive nekaterim oblastnikom; bile pa so vredne branja tako v fizikalnem kot v literarnem oziru. Volf je kupil ali podedoval Galilejev prvenec o pripomočku za računanje, imenovanem kompas, in Francisco Travaginijeva (* 1613) razmišljanja o potresu, ter ju vezal v skupno knjigo. Deli Galileja in Travaginija si nista preveč podobni po snovi; loči ju domala šest desetletij razlike v času natisa. Zato je Volf s skupno vezavo predvsem – varčeval [3].

Pomembna Turjaška vrata v moderno novo znanost sta postali dve debeli v pergament vezani knjigi Galilejevih zbranih del v prvi bolonjski Manolessijevi izdaji iz leta 1656. Manolessi je spise razvrstil kronološko. Začel je z Galilejevim sorazmernostnim kompasom, ki so ga Turjaški nabavili še v starejši izdaji. Sledila je obramba pred Baldassare Caprom (okoli 1580–1628), ki so jo ljubljanski avguštinci pogumno vezali skupaj z Galilejevim delom o Sorazmernostnem kompasu (1606). Po razpravi o kompasu je Manolessi ponatisnil Galilejevo razpravo o Vodi, skupaj s številnimi obrambami pred kritiki. Prvo knjigo sta zaključili Mehanika in Tehtnica.

Drugo knjigo je začel Zvezdni odposlanec, ki je Galileju prinesel slavo leta 1610. Za njim je urednik dodal Sončeve pege, Komet iz leta 1618, spore z jezuitoma Scheinerjem in Grassijem v različnih pismih, končno pa še zadnjo Galilejevo knjigo *Discorsi*. Spornih kopernikanskih Dialogov iz leta 1632 niso vključili, čeprav je minilo že ducat let od smrti Galilejevega nasprotnika papeža Urbana VIII.; Manolessi se je leta 1656 očitno še vedno bal izzivati oblasti. Težave so ostale še dolga desetletja, saj knjigarnar Janez Krstnik Mayr leta 1678 v Ljubljani ni ponujal Galilejevih del. Tako imamo danes v NUKu le nekoč jezuitski Galilejev Sorazmernostni »kompas« v prvi prevedeni izdaji (1612); Caprovo knjigo (1606) v privezu z Galilejevim *Le operazioni del compasso* iz leta 1606 so hranili ljubljanski avguštinci, ob njej pa še Caprov opis Tychovega sistema (1606) in druga Caprova dela. V Mariborski Univerzitetni knjižnici hranijo Galilejev *Il Saggiatore*, napisan proti jezuitu Grassiju v prvi rimski izdaji iz leta 1623. Vsekakor je imel Volf Engelbert Turjaški priložnost brati Galileja v celoti, saj si gotovo ni pozabil kje na skrivaj ogledati tudi spornih Dialogov. Nenazadnje je bil v tesnih stikih z G. Galilejevim ljubljanskim sorodnikom Robertom Galilejem in boter dvema njegovima otrokoma.

R. GALILEI IN ŠKOF RABATTA SEZNANITA KRANJCE Z GALILEJEVO FIZIKO

Sinova nekdanjega Galilejevega študenta Ditriha Turjaškega grof Volf in knez Janez nista Galilejevih knjig le brala, temveč sta imela z Galilejevim krogom neposredne stike. Njun sosed Ljubljančan Roberto Galilei (16. 12. 1615 Firence, krščen 19. 12. 1615 v florentinski cerkvi sv. Apolonija pri S. Maria del Fiore–1681) je bil soprog Viktorije Sidonie baronice Mordax (1624–19. 8. 1665 Ljubljana), s katero sta imela v Ljubljani vsaj sedem otrok. Po G. Galilejevi obsodbi leta 1633 je starejši bratranec ljubljanskega Roberta Galileja, Roberto Galilei (30. 11. 1595 krščen v cerkvi San Pulinari v Firencah), zavoljo grozeče cenzure naskrivaj odpošiljal večji del G. Galilejevega dopisovanja. Roberto Galilei (* 1595) se je že mlad preselil v Lyon k svojemu stricu Ottaviju Galileju (1561[4] –1641), očetu ljubljanskega Roberta (* 1615) [5]. Tako sta bratranca z enakima imenoma Roberto Galilei dolgo delovala v Lyonu z ramo ob rami; poznejši Ljubljančan Roberto Galilei je pomagal pri skrivnem prenašanju korespondence v Arcetriju pri Firencah konfiniranega Galilea Galileja, sprva pa ni posegal v razprave o fizikalnih vsebinah, kot je to počel starejši Roberto Galilei (* 1595).

Brat Ljubljančana Roberta Galileja, malteški vitez Bartolomeo Galilei, je kot vrhovni učitelj vodil dvor sienskega guvernerja kardinala Leopolda de' Medici (1617–1675), brata velikega vojvode Toskane Ferdinanda II. de' Medici (1610–1670). Na sienskem guvernerskem stolčku je Leopoldo nadomeščal svojega starejšega brata Mattea de'Medici (1613–1667), medtem ko se je le-ta vojskoval v Nemčiji med tridesetletno vojno, in zaman poskušal najti tiskarja za G. Galilejevo zadnjo knjigo s pomočjo dunajskih fizikov. Leopoldovi učitelji fizikalnih ved so bili Galilejev zagovornik pesnik Jacopo Soldano (1579–1641), drugi Galilejev učenec redovnik piarist Flaviano Michelini (Famiano, Francesco di San Giuseppe, 1604–1665) in iznajditelj barometra Evangelista Torricelli (1608–1647) kot Galilejev naslednik v Firencah. Leopoldo je leta 1638, takoj po koncu sienskih študijev Janeza Vajkarda Turjaškega, ustanovil *Accademio Platonico*.

Leopoldo Medičejski je svojemu bratu velikemu vojvodi svetoval glede manufaktur, poljedelstva in trgovine. Brata Medičejca je družila predvsem ljubezen do fizike, zato sta leta 1657 družno ustanovila florentinsko Akademijo *Del Cimento*, vodilno znanstveno društvo tistih dni; Leopoldo je podpisoval akademijska pisma, spremljal delovanje Evangelista Torricellija in si dolgo dopisoval s pariškim akademikom Christiaanom Huygensom. Preizkušal je teleskopske leče in urejeval zbrane termometre, astrolabe, kalorimetre, kvadrante, higrometre in podobno v palači Pitti. 12. 12. 1667 ga je papež Klement IX. imenoval za kardinala sv. Kozme in Damjana, kar je seveda zahtevalo pogosta potovanja v Rim in omejilo čas za fizikalne poskuse. Leopoldova dejanja in nehanja so se tesno prepletala z vodjo njegovega dvora, malteškim vitezom Bartolomejem Galilejem, bratom Ljubljančana Roberta Galileja. Vodja medičejskega dvora Bartolomeo je bil formalno nadrejen dvornemu matematiku G. Galileju, čeravno bržkone ni dobival večje letne plače od G. Galilejevih 1000 scudov. Bil je to že kar lep kupček dobrih treh kilogramov zlata.

Bartolomeo Galilei seveda ni bil edini malteški vitez, povezan z Ljubljano. Nekaj let po Robertovemu prihodu v Ljubljano je malteški vitez furlanskega rodu, dunajski dvorjan Jožef Rabatta (1620–1683), postal dvanajsti ljubljanski škof. Razmeroma razdrobljeno ozemlje je odlično upravljal z izbornim baročnim okusom. Rabatta je po graškem študiju filozofije z uporabno matematiko poglobil svoja fizikalna spoznanja med šolanjem na Malti.

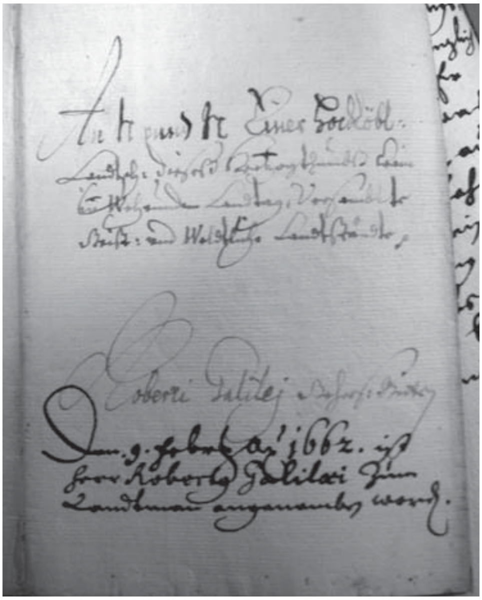
Cesar Ferdinand III. je Rabatto leta 1654 postavil za poveljnika telesne straže svojega sina, pravkar ustoličenega kralja Ferdinanda IV. Domači učitelj Ferdinanda IV. je bil Janez Vajkard Turjaški. Po smrti Ferdinanda IV. je Rabatta postal vrhovni učitelj Ferdinandovega brata nadvojvode Karla Jožefa. Na tem položaju je Rabatta preučeval izume pokojnega Galilea Galileja, ki jih je rimski jezuit Athanasius Kircher priredil v svojevrstno računalo, imenovano »matematične orgle-*Organum*«, za svoj rimski muzej. Kircher je uporabil deset Neperjevih palic vzdolž devetih valjev; Kircherjev *Organum* danes hranijo v Tehniškem muzeju oziroma v *Bayerisches Nationalmuseum* München, v Muzeju zgodovine znanosti (*Museo di Storia della Scienza*) v Firencah, v Wolfenbüttlu in drugih nemških muzejih, kjer si domiselne naprave pogosto ogledujejo šolarji. Kircherjevo priredbo Galilejevega izuma je objavil Kircherjev učenec Gašper Schott; prvi zvezek je posvetil tudi avstrijskemu nadvojvodi Karlu Josefu, (pol)bratu cesarja Leopolda I., ki je kot dvanajstletnik leta 1661 dobil Kircherjev *Organum* za učni pripomoček na Dunaj. Uporabljal ga je le slaba tri leta ob pomoči svojega glavnega vzgojitelja Rabatte in učitelja matematike Gottfrieda Aloisa (Aloys) Kinnerja iz Šlezije. Schott je v uvodu knjige nekoliko preveč optimistično napovedal čase, v katerih bodo kar vsi habsburški vladarji, knezi in plemiči poznali fizikalno-matematične discipline.

Glavni učitelj pokojnega nadvojvode, bodoči ljubljanski škof Rabatta, je prvo, tri strani dolgo žalostinko za Karlom Josefom sestavil na domačem vipavskem gradu Dornberk. V zadnjem nagrobnem zapisu je Rabatta slavil pokojnikove vrline. Nadvojvoda je poznal aritmetiko, Zemljo kot točko v vesolju, geografijo vse do tropov in ekvatorja; znal si je dobro predstavljati fiziko vesolja. Zanimal se je za tedaj priljubljeno umetnost tajnopisa in za vojaške vede [6], povezane s fiziko.

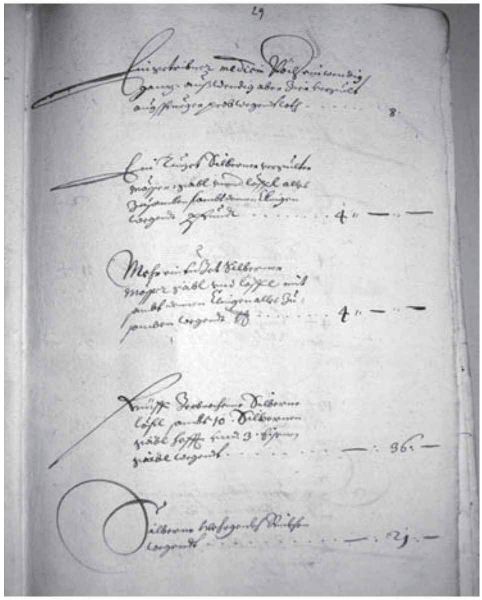
Rabattov prispevek v Schottovi fizikalni knjigi je bil seveda dodaten vzrok, da je ljubljanski knjigarnar Mayr knjigo prodajal, Janez Vajkard Valvasor pa kupil. Rabatta je bil posvečen v duhovnika takoj po smrti Karla Josefa; poltretji mesec pozneje je bil dne 9. 4. 1664 imenovan in 23. 6. potrjen za ljubljanskega škofa. Skupaj z Ljubljančanom Robertom Galilejem sta na Kranjsko prinesla znanje malteških vitezov, med katerimi so bili številni sorodniki fizika G. Galileja.

GALILEJEVA DEDIŠČINA V LJUBLJANI

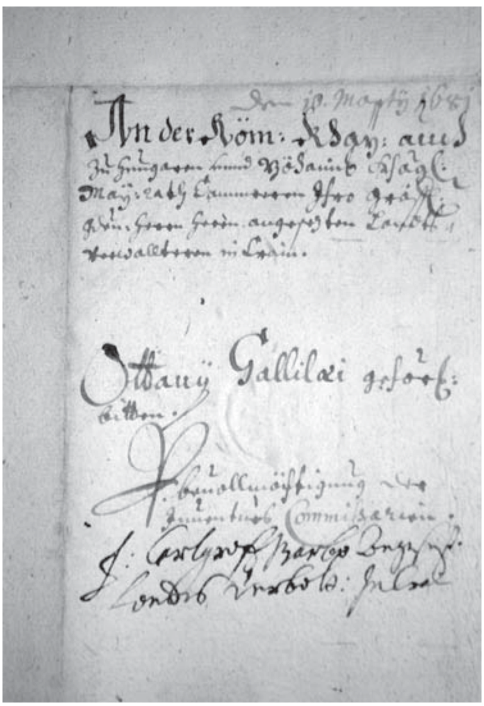
Ostareli bogati kranjski visoki uradnik florentinskega rodu Roberto Galilei je umrl zgodaj leta 1681 v Ljubljani, nakar je komisija deželne oblasti popisala njegovo imetje. Popis R. Galilejevih dragotin so začeli z zlatimi prstani in drugo zlatnino. Zapuščinski inventar so datirali 31. 3. 1681 v Ljubljani, podenj pa se je podpisal sin tajnika deželnih stanov Heinrich Mathias Schweiger (1640–1697) [9]. Zapuščino je v skladu z deželnim pravom pregledal Robertov sin-naslednik Ottavio Galilei (1644–1707). Ottavio je podedoval tudi podružnico banke Gondi; ker ni imel moških dedičev, je 18. 3. 1705 za svojega univerzalnega dediča imenoval senatorja Florentinca Jacopa Mannellija.



SLIKA 3: Galilejevo pismo deželanov za sprejem med kranjske deželne stanove, v katerem se posebej izpostavlja pomen njegovega brata Bartolomeja, glavnega učitelja na medičejskem dvoru [8].



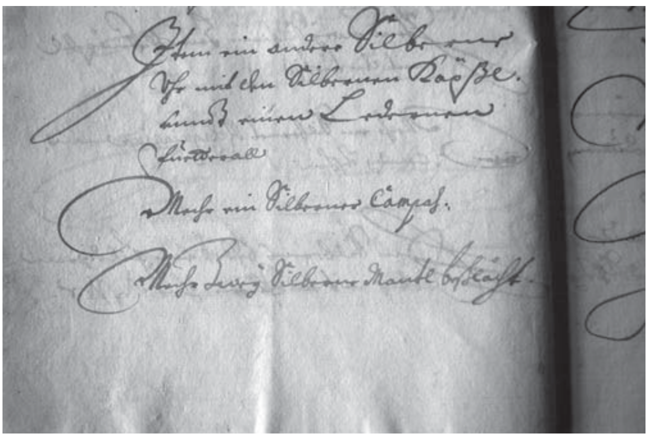
SLIKA 4: Zapuščinski inventar Roberta Galileja v Ljubljani s fizikalno-medicinskimi srebrnimi pripomočki iz Augsburga na začetku strani 29.



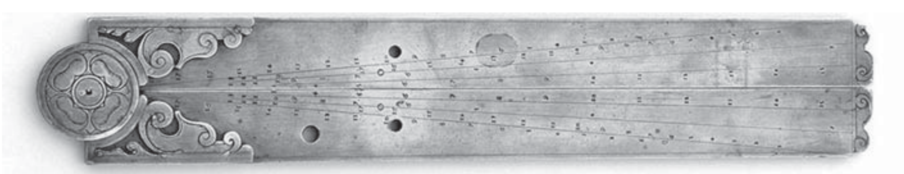
SLIKA 5: Podpis Robertovega sina Ottavija Galileja v zapuščinskem inventarju Roberta Galileja v Ljubljani.

Roberto Galilei je stanoval nedaleč proč od Turjaške palače onstran Ljubljanice v največji med tedanjimi hišami Velikega trga št. 280. Hišo so leta 1805 preštevilčili v Veliki trg št. 236, leta 1876 pa v Mestni trg št. 16; danes je tam Cankarjevo nabrežje št. 27 ob Šuštarskem mostu. Svoj dom je najel pri družini Janeza Krstnika Pettenegga (Petek), plemiča od leta 1659, in njegovega sina Janža Adama Pettenegga.

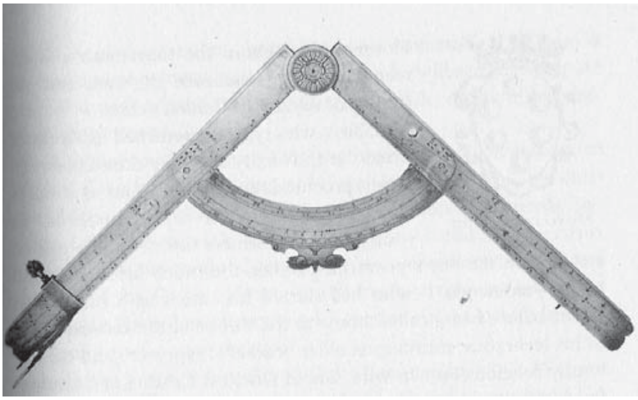
Janez Krstnik Pettenegg (Petek) je bil lastnik hiše med letoma 1654–1682/83, po njem pa jo je podedoval sin Janž Adam pl. Pettenegg Pöttickh, proviantni upravitelj obmorske Vojne Krajine, bogat trgovec z največjo hišo na Velikem (Mestnem) trgu v Ljubljani. Janž Adam je imel veliko fizikalnih, kemijskih in medicinskih knjig. Hranil je srebrni pozlačeni medalji nadškofa iz Salzburga in florentinskega velikega vojvode Ferdinanda II. (1610–1670), najbrž zaradi velikega števila posojil italijanskim trgovcem na Rijeki in drugod, predvsem pa zaradi povezav s Florentincem Robertom Galilejem. Janž (Janez) Adam pl. Pettenegg je zbral več kosov turškega orožja, srebrno uro v srebrnem okvirju v usnjenem toku in drugo brez toka ter lijak z bržkone idrijskim živim srebrom. Med njegovo srebrnino je bil znameniti G. Galilejev kompas, luksuzna izvedba analognega računala, s katerim je lahko opravil marsikatero fizikalno meritev [10]. Upravičeno domnevamo, da mu je računalo posredoval njegov najemnik Roberto Galilei.



SLIKA 6: Dragocena srebrna izvedba kompasa, namenjenega za fizikalne meritve, v zapuščini Galilejevega stanodajalca Pettenegga [10].



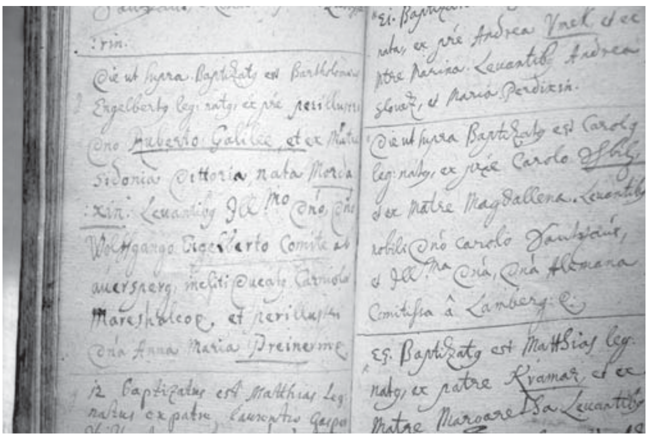
SLIKA 7: Galilejev geometrijsko-vojaški »kompas« s sklopljenimi kraki, pripravljen za transport.



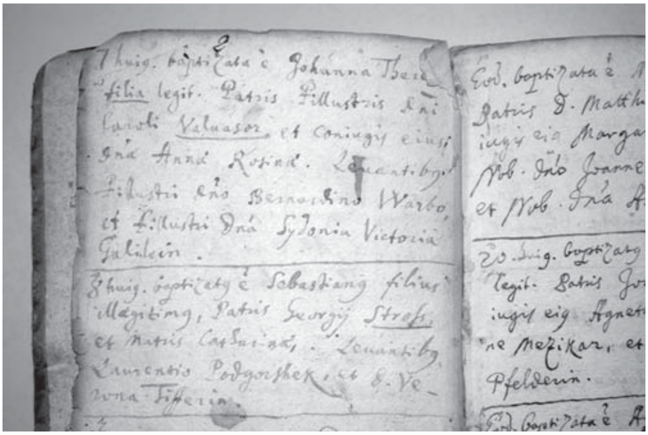
SLIKA 8: Galilejev kompas – računalo, ki so ga radi uporabljali tudi na ljubljanskih šolah, gotovo s posredovanjem ljubljanskega sorodnika Galilea Galileja, Roberta Galileja.

ZAKLJUČEK

Roberto Galilei je med svojim polstoletnim bivanjem v Ljubljani pripomogel k priljubljenosti nove fizike svojega sorodnika Galilea Galileja v času, ko o njej še ni bilo mogoče neovirano predavati v šolah. Robertov brat malteški vitez Bartolomeo je bil v tesnih stikih s tedaj najpomembnejšim krogom fizikov, zbranih okoli Akademije *Del Cimento* v Firencah. Robertova tašča iz beneško-kraškega rodu Barbo je bila sorodnica najvišjih dostojanstvenikov, ki so tlakovali pot Robertovemu vplivu v Ljubljani. Tako so naši šolani predniki sledili florentinskemu napredku fizike iz prve roke preko sorodnika Galilea Galileja, Roberta Galileja.



SLIKA 9: Zapis o krstu Bartolomeja Engelberta, najstarejšega ljubljanskega otroka Ljubljančana Roberta Galileja leta 1648, ki mu je bil boter deželni glavar Volf Engelbert Turjaški [11].



SLIKA 10: Galilejeva soproga kot botra nečaku polihistorja Janeza Vajkarda Valvasorja v ljubljanski stolnici leta 1753 [12].

SLIKA 11: Grb Roberta Galileja po Valvasorju.

LITERATURA

[1] ARS (Arhiv republike Slovenije v Ljubljani), SI AS 309, Zbirka zapuščinskih inventarjev Deželnega sodišča v Ljubljani (1544–1813), Zapuščinski inventar Janez Ambrož Thurn-Valsassina, fascikel 46, š. 112, litera T, št. 7, str. 61.

[2] ARS, SI AS 309, Zapuščinski inventar Marija Terezija Oršič, fascikel 39, š. 78, litera O, št. 10, str. 68.

[3] Magić, V. Valvasorova knjižnica, V: *Vjesnik bibliotekara Hrvatske* (1993) 38; Valvasor, J.V. & Magić, V. Bibliotheca Valvasoriana, Ljubljana/Zagreb (1995) 10.

[4] Registri battesimali, Opera di Santa Maria del Fiore di Firenze, str. 78, zapisi 7, 9, 10 (http://www.operaduomo.firenze.it/battesimi/stampa.asp?img=/imgbattesimi/B005/R20_P258.jpg).

[5] http://www.archiviodistato.firenze.it/siasfi/cgi-bin/RSOLSearchSiasfi.pl?_op=printcomparch&id=IFBA8598XX&livello=&_cobj=yes&_language=eng&_selectbycompilationdate=SI (Guida generale degli Archivi di Stato di Firenze: Fondo sec. XV – 1838, 24 buste - 1–24 (Sorodniki Galilei); Archivo di Stato di Firenze, Genealogia della famiglia Galilei - Catalogo d'archivio della suddetta casa«, sec. XVI-II, inventario 1913, 348, foliji 1v–19v; Nelli, G.B.C. *Vita e commercio letterario di Galileo Galilei, nobile e patrizio fiorentino, matematico e filosofo*, 1-2. Losanna (1793) 1: 15; http://books.google.si/books?id=7tpY2zlrKvgC&pg=PA131&lpg=PA131&dq=filippo+galilei+canonico+della+metropolitana+fiorentina&source=bl&ots=fNJGOcOhf5&sig=bw-khhL9Vdoqws9huQV09ROYmds&hl=sl&sa=X&ei=vBurUfHeB4bmswbiiIHoBQ&ved=0CCgQ6AEwAA#v=onepage&q=galilei&f=false (Salvini, S. *Catalogo cronologico de' canonici della chiesa metropolitana fiorentina*, Cambiagi (1782) 126).

[6] Schott, G. *Organum Mathematicum*, Herbipoli (1668) 1–2, 42, 44, 51.

[7] 9. 2. 1649 Roberto Galilei na Kranjskem (ARS, SI AS 2, Deželni stanovi za Kranjsko, I. registratura, Fasc. 301, š. 504 str. 477).

[8] ARS, AS 2 Deželni Stanovi za Kranjsko 1. registratura, š. 844, Litera G, številka spisa 3, devet nepaginiranih strani 9. 2. 1662, tu stran 1.

[9] ARS, SI AS 309, Zapuščinski inventar v Ljubljani Roberto Galilei, š. 33 fasc. 17 litera G, štev. 35, str. 40, 48.

[10] ARS, SI AS 309, Zapuščinski inventar v Ljubljani Pettenegkh 23. 1. 1705, fasc. 35, škatla 85, litera P, str. 22, 26–27, 28 (srebrni kompas) 29, 100–104.

[11] Nadškofijski arhiv v Ljubljani (NŠAL), Liber Baptizatorum Labaci Dompharr 8 (1643–1653): str. 188 zapis št. 3.

[12] NŠAL, Liber Baptizatorum Labaci Dompharr 9 (1653–1664): str. 2, zapis št. 1.

FILM PRI FIZIKI IN FIZIKA V FILMU

Alenka Krejan

Gimnazija Bežigrad

***Povzetek –** Članek na kratko predstavi primer uporabe filma za večjo motivacijo dijakov pri pouku fizike in primer kritičnega pogleda na film tudi z vidika poznavanja fizikalnih zakonov.*

***Abstract –** An example of use of film to increase the students' interest for physics and an example of critical thinking from the point of view of laws in physics when looking at a film are presented in the article.*

UVOD

Na naši šoli (gimnazija v Ljubljani) imamo kolegico anglistko, ki z velikim navdušenjem vpeljuje film v delo z dijaki. Prepričana je namreč, da bi morali učitelji po eni strani izkoristiti zanimanje mladih za film za boljše doseganje ciljev pri posameznem predmetu, po drugi strani pa dijakom vsaj do neke mere privzgojiti kritično sprejemanje vsebin in oblike, ki so jim pri ogledu filmov izpostavljeni. Preživljanje prostega časa v kinu je med mladino pač že tradicionalno priljubljeno.

PRIMER UPORABE FILMA PRI POUKU

K sodelovanju je že pred nekaj leti povabila tudi mene. Tako sva v prvi generaciji evropskih oddelkov izvedli uro medpredmetnega sodelovanja pri angleščini in fiziki. Cilj kolegice je bil obdelati filmski jezik z angleško terminologijo, kar ni vezano na kakšno posebno vsebino, zato se je glede izbire filma in odlomka lahko zelo prilagodila meni. Ker smo v tistem času v izbranem razredu obravnavali hidrostatični tlak in vzgon, sva se odločili za film Titanik (režiser James Cameron), in sicer za odlomek od 93. minute do 101. minute. (Odlomek kaže trk ladje z ledeno goro in dogajanje do takrat, ko voda že začne vdirati v podpalubje.)

Uro sva izvedli skupaj, in sicer sem jaz gostovala pri angleščini. V prvem delu ure smo z dijaki ponovili vzgon in plavanje teles, pogledali nekaj slik ledenih gor ter naredili računsko nalogo:

> 40 cm debela ledena plošča z osnovno ploskvijo 30 m^2 plava na gladini morja. Gostota ledu je 0,92 kg/dm^3, gostota morske vode pa 1,03 kg/dm^3 .

- Nariši skico plošče ter vriši vse zunanje sile, ki delujejo na ploščo.
- Kolikšna je teža plošče?
- Kolikšen vzgon deluje na ploščo?
- Koliko vode je izpodrinila plošča?
- Koliko cm plošče je nad vodo?

Na ploščo stopi beli medved z maso 400 kg.

- Kolikšna je skupna teža plošče in medveda?
- Za koliko cm se potopi plošča?

(Naloga je priredba naloge iz knjige Mehanika in toplota, Zbirka nalog, avtorjev Hribarja in sodelavcev).

Potem smo si ogledali omenjeni odlomek (seveda je bilo dijakom žal, ko smo predvajanje prekinili), v drugem delu ure pa je kolegica ob prizorih iz odlomka dijakom predstavila osnove filmskega jezika.

Najina skupna ugotovitev je bila, da je bila ura kar prekratka za vse, kar bi lahko ob tem povedali. Naslednjo uro fizike smo na željo dijakov nadaljevali razgovor o Titaniku in skupaj ugotovili še marsikaj zanimivega, povezanega s fiziko, na primer o prenosu informacij s telegrafom, o Morsejevi abecedi, o tem, da ima jeklo pri različnih temperaturah različne lastnosti, in še kaj. Vsebinsko sicer ta obravnava dijakom ni prinesla veliko novega fizikalnega znanja, je pa močno spodbudila njihovo zanimanje in sodelovanje; najbrž ne le za fiziko, pač pa tudi za tehniko.

PRIMER MEDPREDMETNE OBRAVNAVE FILMA PRI PROJEKTU FILMSKA VZGOJA

Moje nadaljnje izkušnje o povezavi fizike in filma pa sodijo v sodelovanje pri projektu filmska vzgoja, ki že četrto leto teče za vse dijake drugih letnikov na naši šoli.

Organizacijsko gre za projektna dneva, ki ju izvedemo spomladi, običajno v času poskusne mature za četrte letnike. Za nižje letnike ta dva dni ni rednega pouka, imajo pa prvi letniki projektna dneva na dogovorjeno temo (doslej že antika in Afrika), drugi letniki filmsko vzgojo in tretji letniki projekt na temo Okolje za boljši jutri.

Sodelujoči učitelji pri filmski vzgoji ponudimo 8–10 filmov za obravnavo in dijaki drugih letnikov se odločijo po svojih željah, pri katerem filmu bi radi sodelovali. V vseh skupinah se spoznajo z osnovami filmskega jezika, potem pa še na več delavnicah medpredmetno obdelajo vsebino filma z različnih vidikov.

Skupino, v kateri sodelujem že četrto leto, sestavljamo profesorica angleščine, ki predstavi filmski jezik in dejavnosti v zvezi z njim, profesorica zgodovine in sociologije ter profesorica fizike.

Prvi dve leti smo izbrale film Operacija vesolje (Moonraker, film o Jamesu Bondu režiserja Lewisa Gilberta iz leta 1978). Priznam, da sem bila za izbiro v veliki meri kriva (ali zaslužna) jaz. Zadnja četrtina filma se namreč dogaja na vesoljski postaji, ki kroži okrog Zemlje, ali v njeni neposredni bližini in ponuja veliko možnosti za navezavo na poglavje o gravitaciji, gibanju satelitov in še čem. Kar nekaj je iztočnic za debato o tem, ali so posamezni prizori fizikalno smiselni ali ne (npr. zvok med bitko v vesolju, vklop in izklop gravitacije na postaji ipd.)

Delo je potekalo po naslednjem urniku:

1. Dijake (v skupini jih je bilo vsako leto okrog 15) smo že kakšen teden pred projektnima dnevoma zbrale na uvodni sestanek, kjer so dobili nalogo, da po skupinah poiščejo informacije na naslednje teme:
   a) odkrivanje vesolja (prodor v vesolje) v tem času;
   b) vplivi, ki so jih imela ta odkritja na takratno politiko in obratno;
   c) CIA in KGB in angleška obveščevalna agencija;
   d) šale, satira (zlasti na temo politike) iz tistega časa;
   e) moda (ličenje, modni dodatki, obleke) in glasba iz tistega časa: kako je eno povezano z drugim, način življenja, ki ga pogojuje;
   f) položaj žensk v šestdesetih in sedemdesetih v socializmu in v kapitalizmu. Ali imamo ženske na vodilnih položajih?
2. Prvi dan projekta so po kratkem uvodu o ciljih in poteku obeh dni (ena šolska ura) dijaki najprej predstavili svoje teme po dvojicah (dve šolski uri). Sledil je ogled filma (dve do tri šolske ure).
3. Drugi dan so dijaki najprej spoznali osnove filmskega jezika (dve šolski uri), sledila je delavnica iz fizike (dve šolski uri) in nato delavnica iz zgodovine (dve šolski uri). Na koncu je bil še zaključek, kjer so dijaki izvedeli naslove za eseja (analitični esej, kjer pokažejo svoje poznavanje filmske govorice, ter razpravljalni esej ali oceno filma), ki ju morajo napisati, da uspešno opravijo projektna dneva.

V okviru delavnice iz fizike smo si še enkrat ogledali naslednje odlomke iz filma (ure. minute.sekunde):

1) od 0.02.15 do 0.05.25 (padec in skok iz letala),
2) od 0.16.30 do 0.22.50 (delovanje centrifuge za treniranje astronavtov) in
3) od 1.27.00 do 1.58.00 (dogajanje na vesoljski postaji).

Ob tem smo odgovarjali na vprašanja z delovnega lista in razpravljali tudi o marsičem, kar se je sproti izkazalo zanimivo za dijake. Tudi o tem, kako so v tistem času posneli nekatere prizore. Samo začetni padec iz letala je npr. zahteval pet tednov snemanja in 88 posameznih skokov. Prizori z breztežnostjo, ko so igralci obešeni na gledalcu nevidne vrvice, pa so menda najbolj številčni prizori take vrste. Za primerjavo smo si prav za breztežnost ogledali še kratek filmček z Mednarodne vesoljske postaje.

MOONRAKER

DELOVNI LIST – FIZIKA

1.) Začetni prizor: padec iz letala in boj za padalo:

Skiciraj grafa za hitrost telesa pri padanju,

– če zanemarimo zračni upor, – če zračnega upora ne zanemarimo.

Naloga: Oceni končno hitrost pri padanju človeka skozi zrak,

- če pada v navpični legi,
- če pada v ležečem položaju,
- če pada z odprtim padalom.

Katere podatke potrebujemo za izračun? Ali jih lahko smiselno ocenimo?

2.) Trening astronavtov za prenašanje velikih pospeškov pri vzletu vesoljskega plovila.

Naloga: Oceni frekvenco vrtenja simulatorja, ko je 007 občutil pospešek 7g.

(Tu smo iz posnetka ocenili, da je polmer kroženja okrog 10 m.)

3.) V odlomku iz filma, ki se dogaja v vesolju (približno zadnja četrtina filma), bodi posebej pozoren/pozorna na naslednje dogodke, ki jih bomo komentirali s fizikalnega vidika:

a) vklop in izklop težnosti (kako bi lahko v resnici simulirali težnost?),
b) protiradarska zaščita,
c) prva ženska v vesolju (katera?),
d) bitka v vesolju,
e) »Take a giant step for mankind« (čigav citat?),
f) »James, take me around the world one more time« (koliko časa to traja, če veš, da sta na višini približno 160 km?).

(Konec delovnega lista.)

ZAKLJUČEK

Pri projektu filmska vzgoja z veseljem sodelujem. Mislim namreč, da ima tak projekt dvojno dobro stran. S stališča pouka fizike prav gotovo poveča zanimanje za fizikalne vsebine (vsaj nekatere) pri nekaterih dijakih. Po drugi strani pa spodbuja dijake h kritičnemu presojanju dogajanja v filmu tudi s fizikalnega vidika.

Za zaključek mogoče še tole. Letos smo obravnavali film Pisma sv. Nikolaju (režiser Mitja Okorn). Ker je film novejši in zelo prijazen, se je seveda prijavilo precej dijakov (40), tako da smo jih za delavnice razdelili v dve skupini. Sem pa bila presenečena, kako sem v tako (na prvi pogled) nefizikalnem filmu odkrila kar nekaj tem, ki smo jih lahko obravnavali s fizikalnega vidika (sneg, drsanje, eter, stratosfera). Odziv pri dijakih glede fizike je bil pri tem filmu dvojen. Enim se je zdel film tudi zaradi obravnave nekaterih fizikalnih pojavov še bolj zanimiv, nekaterim pa je taka obravnava po njihovih besedah pokvarila (ali pa vsaj zmanjšala) užitek ob ogledu filma. Vsekakor upam, da je prvih več kot drugih.

AIR GIMNAZIJA LITIJA – TEKMOVANJE V LETENJU PAPIRNATIH LETAL

Damjan Štrus

Gimnazija Litija

Povzetek – V članku je predstavljeno tekmovanje v letenju papirnatih letal, ki smo ga organizirali na Gimnaziji Litija.

Abstract – This article presents the competition of flying paper airplanes, which was held at the Gimnazija Litija.

NAVDIH

V neposredni bližini naše šole je majhen potoček, ki fizično ločuje šolo od sosednje osnovne šole Gradec. Dijaki se med odmori pogosto preizkušajo v izzivu, čigavo papirnato letalo bo preletelo potok; včasih uspe poleteti kakšen avionček tudi na streho osnovne šole, rekorderji pa se hvalijo celo s preleti OŠ. Ko hvaljenje med dijaki preseže kritično mejo, se pojavi želja po organiziranem in enotnem merjenju moči. Na koncu je iz te želje nastal kar lep dogodek.

PRIPRAVE

Priprave na tekmovanje so potekale od začetka pouka letošnjo jesen, glavnina organizacijskega dela pa je bila namenjena oblikovanju pravil tekmovanja, izbiri disciplin in določitvi kriterijev za oblikovanje končnega števila točk tekmovalcev.

Tekmovanje v izdelovanju in spuščanju papirnatih letal smo izvedli v četrtek, 17. oktobra 2013, razpis za prijavo na tekmovanje in pravila tekmovanja pa smo objavili en mesec pred tekmovanjem. Prijavilo se je 18 tekmovalcev; 16 dijakov naše šole (med njimi le ena dijakinja), 1 učenec 3. razreda osnovne šole (sin naše profesorice) ter profesor matematike.

UVOD V TEKMOVANJE

Neuradni del tekmovanja se je sicer začel že dopoldne s številnimi prijateljskimi tekmovanji in meti po šolskih hodnikih. Uradno pa se je Air Gimnazija Litija začel v šolski predavalnici s predavanjem prof. dr. Gregorja Vebleta, docenta za področje fizike na Univerzi v Novi Gorici ter vodje raziskav v podjetju Pipistrel d.o.o., ki je v 45-minutnem predavanju na dijakom zelo zanimiv način opisal, kako pri njih poteka izdelava letal od začetne ideje do končnega izdelka in kako konstruirajo letala za nekatera svetovna tekmovanja, ki se jih podjetje Pipistrel zelo uspešno udeležuje. Gost iz Ajdovščine je zadnji del predavanja namenil predstavitvi fizikalnih osnov letenja, ob tem pa navedel kar nekaj nasvetov, kako naj se dijaki pripravijo na izdelavo letal, kakšna letala naj izdelajo in na kaj morajo biti pri tem pozorni.

TEKMOVANJE

Po končanem predavanju so tekmovalci in njihovi navijači odšli v šolsko telovadnico, v kateri je vsakega tekmovalca čakala svoja miza s tremi različnimi listi papirja: A4-kvadrat (obe stranici tega lista sta bili enaki krajši stranici formata A4), A4 in A3, iz katerih so morali izdelati 3 različna letala – vsako letalo za svojo tekmovalno kategorijo. Tekmovalne kategorije:

- Dolžina 1,
- Dolžina 2 ter
- Čas.

Za izdelavo letal so imeli dijaki na voljo 15 minut, pri tem pa niso smeli uporabljati nobenih drugih pripomočkov razen prepogibanja papirja. Vsak tekmovalec se je sam odločil, katero letalo bo izbral za posamezno kategorijo. Izmeti letal so potekali iz stojala, namenjenega sodniku pri odbojki, smeri izmeta letala nismo predpisali s pravili. Vsak tekmovalec je imel v vsaki kategoriji na voljo 2 poskusa in pri končnem točkovanju smo upoštevali boljšega izmed obeh poskusov.

Za izpeljavo tekmovalnega dela je skrbelo sedem dijakov tretjega letnika, ki so merili dolžine in čase ter vse skupaj skrbno vnašali v računalnik, da so se na velikem platnu šolske telovadnice sproti osveževali rezultati in trenutni vodilni tekmovalec. Dolžino, ki jo je letalo preletelo, smo merili s tračnim metrom dolžine 50 metrov, čas letenja pa je merilo pet dijakov z digitalno štoparico; od teh 5 meritev smo t_{min} in t_{max} črtali, izmed ostalih treh meritev pa izračunali povprečen čas.

Točkovanje smo si zamislili tako, da smo za končno število točk sešteli število preletenih metrov (vodoravna razdalja od začetka izmetnega stojala do stika letala s čimerkoli–tla, stena…) in število sekund (čas od izmeta do stika s čimerkoli), pomnoženih s 5. Na ta način smo poskušali uravnotežiti razdaljo s časom. Sprva smo imeli v mislih, da bi razdalji prišteli število decisekund, ki jih letalo preživi v zraku, a so projekcije pred tekmovanjem pokazale, da bi na ta način čas letenja dobil prevelik vpliv na končno število točk.

Izkazalo se je, da imajo dijaki pri učenju izdelovanja papirnatih letal še veliko »manevrskega« prostora za dosego boljših rezultatov. Najdaljša dolžina dneva je merila 26,9 metra (za prelet celotne telovadnice mu je zmanjkalo nekaj metrov), najdaljši čas leta pa 4,85 sekund. Tekmovalci, ki so zasedli prva tri mesta, so za nagrado dobili vstopnico za nagradni let z letalom arhitekta in pilota Marjana Leskovarja iz Kisovca, ki je tekmovanje otvoril in ves čas tudi pozorno spremljal njegov potek.

IN NAPREJ?

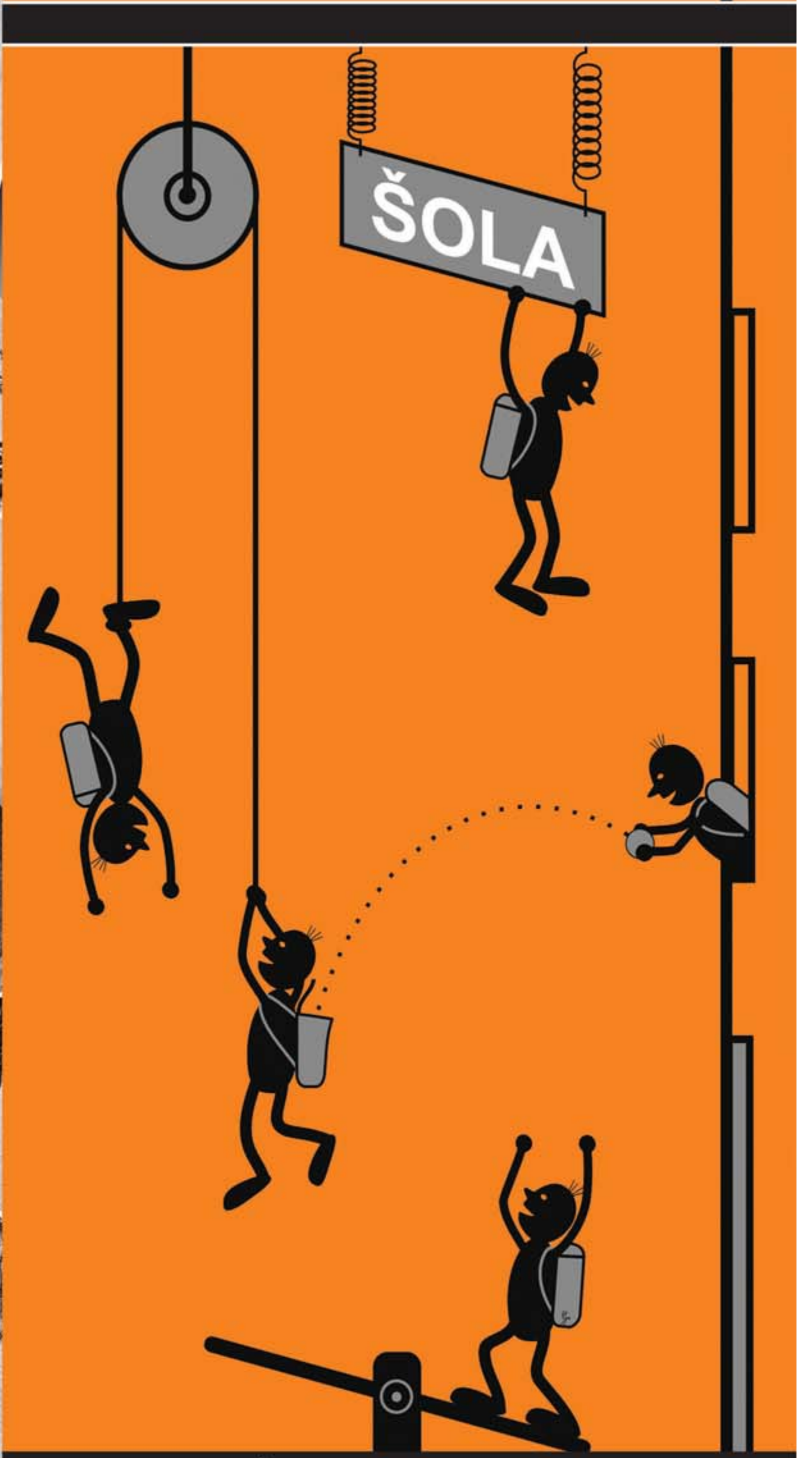
Ob koncu tekmovanja so bili dijaki sicer zadovoljni, a marsikomu je bilo žal, da ni vložil več truda v treniranje izdelovanja letal in s tem možnost nagradnega poleta. Temu pripisujem tudi vzrok, da se je takoj po koncu pojavilo vprašanje, ali bomo tekmovanje ponovili in kdaj. Hkrati je bil nad tekmovanjem navdušen tudi prof. dr. Veble, ki je izrazil pripravljenost in interes, da bi tekmovanje, v kolikor bi preraslo naš šolski nivo in postalo bolj množično, zagotovo podprlo tudi uspešno ajdovsko podjetje.

Vsekakor velja razmišljati o dveh stvareh. Zagotovo so tudi na vaši šoli nadebudni »origamisti« in izdelovalci papirnatih letal, ki bi se radi pomerili z našimi dijaki. Glede na nezahtevnost samega tekmovanja in veliko navdušenje dijakov za tehnično pomoč bi kazalo uresničiti namig dr. Vebleta ter naslednje leto organizirati to prireditev kot vseslovensko tekmovanje. Seveda bi v tem primeru bilo smiselno omejiti udeležbo le na tri ali štiri dijake iz vsake šole.

Po drugi strani pa se da poglobiti tudi fizikalni del tekmovanja. Z namestitvijo več kamer na ustrezna mesta bi se dalo dokaj dobro ugotavljati x(t) in y(t) za posamezno letalo in izrisati kar nekaj zanimivih grafov stvarnega pojava. Morda v tej smeri vznikne še kaka raziskovalna naloga.

Bralce obveščam, da če bo energija za izvedbo tekmovanja še ostala in se ne bo prelila v kakšno drugo obliko, lahko v začetku naslednjega šolskega leta pričakujejo vabilo na vseslovensko tekmovanje, ki bi ga izvedli konec septembra 2014.

ISSN 1318-6388
9 771318 638001



FIZIKA
www.fizikavsoli.si
SOLI