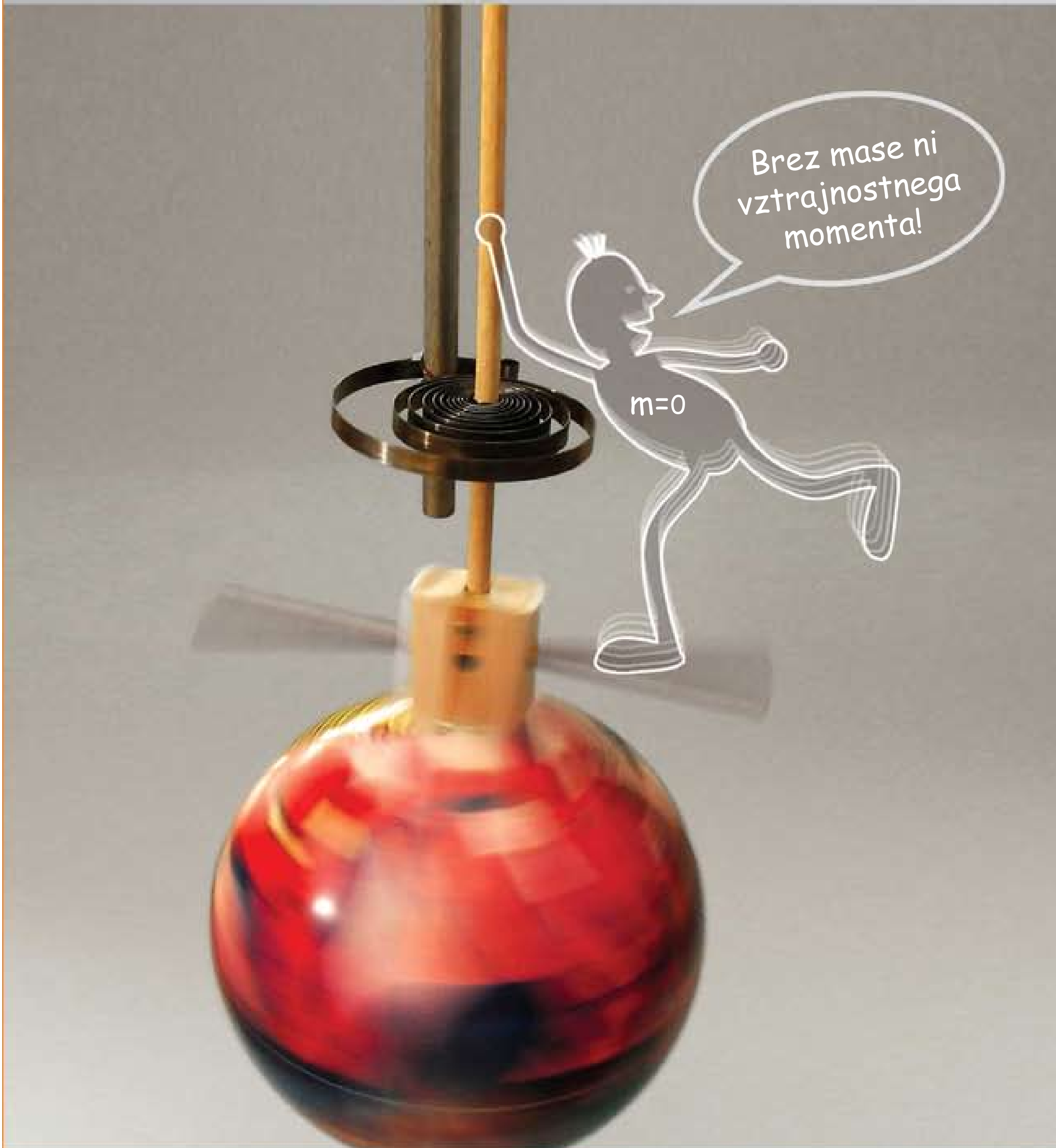
FIZIKA V ŠOLI

www.fizikavsoli.si

letnik XVIII, št. 3, december 2012



Zavod RS za šolstvo

VSEBINA

PACS 01.40. –d, 01.50. –i, 01.55. +b

ISSN 1318-6388
FIZIKA V ŠOLI letnik XVIII, številka 3, december 2012
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: Birografika Bori d.o.o.
Naklada: 510 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 7,30 €.
Revija je vpisana v razvid medijev, ki ga vodi Ministrstvo za izobraževanje, znanost, kulturo in šport, pod zaporedno številko 570.

Poštnina plačana pri pošti 1102 Ljubljana.

UVODNIK

Tretja številka revije nas z zahtevnejšim člankom pelje k Higgsovemu bozonu. Seveda gre za razlago, ki precej presega šolsko raven; za delo v razredu bodo učitelju bolj prav prišli bolj poljudno pisani članki (istega avtorja v dnevnem časopisju). Vsekakor pa moramo kot učitelji fizike poznati tudi nekaj ozadja in temu je namenjen članek Janeza Strnada.

V fiziki prav radi po več neodvisnih poteh izmerimo izbrano fizikalno količino. Tokrat sem se lotil vztrajnostnega momenta žoge. Snov sicer presega trenutno veljavni učni načrt, nikakor pa ne sposobnosti dijakov, ki želijo pri krožkih izvedeti še kaj več … in tudi narediti kak zanimiv poskus.

Tudi Boris Kham piše iz prakse za prakso. Če še kdo okleva in se sprašuje, ali se bo astronomsko opazovanje z dijaki posrečilo in bo koristno, naj le prebere, kako se tega loti kolega Kham. Ni vselej preprosto, a z vztrajnostjo in navdušenjem bo cilj dosežen. Brez dvoma si upam trditi, da astronomskih ur dijaki ne bodo nikoli pozabili.

Zares preprosti poskusi s senco se lahko spremenijo v odlično materijo, ki jo nadgradita fizika in matematika. Seveda pa si moramo zastaviti prava vprašanja! Veliko nam jih ponuja Nada Razpet. Gotovo pa nam bo še kakšno prišlo na misel, tako da bo izzivov za učence/dijake res dovolj.

Učitelj fizike si lahko (glede na učni načrt in urnik) pridobi nekaj dodatnega časa z učenci. Boštjan Ketiš je zasnoval naravoslovni dan s fizikalnimi vsebinami za sedmošolce. Tako se njegovi učenci že pred uradnim poukom fizike, ki je šele od osmega razreda naprej, seznanijo z eksperimentalnim delom, kar jih navduši in pripravi za delo, ko bo fizika njihov učni predmet.

Pri pošiljanju testov v revijo na srednješolski stopnji še ni prišlo do preboja. Tako je po sili razmer spet objavljen kar urednikov izdelek, saj rubrika ne more ugasniti že kar prvo leto. Res nestrpno pričakujemo vaše izdelke, ki bi jih z veseljem prebrali tudi drugi učitelji.

Ko bo revija med bralci, bo spomin na zelo tragično balonarsko nesrečo že nekoliko oddaljen. Še bistveno bolj pa je oddaljen prvi slovenski polet. Ker gre za okroglo obletnico, nas Stanislav Južnič povsem upravičeno spomni na 200-letnico prvega slovenskega poleta.

Rubrika SI OPAZIL? se je porodila ob pisalni mizi. Je pač tako, da je prav fizika res povsod, le nekaj domišljije je potrebno, da se tega zavemo. Ste tudi vi kaj zanimivega opazili?

Tine Golež, urednik

DO HIGGSOVEGA BOZONA

Janez Strnad

Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani

Povzetek *- Poskusimo slediti poti, ki je pripeljala do napovedi Higgsovega bozona in njegovih lastnosti. Najprej obdelamo invariantnosti ali simetrije. Umeritveno invariantnost klasične elektrodinamike povežemo s kvantno mehaniko. To pripelje do enačbe gibanja za naelektrene delce v električnih in magnetnih poljih. Omenimo neuspel poskus, da bi z umeritveno teorijo opisali proton in nevtron. Umeritvena teorija pa uspešno zajame elektromagnetno in šibko interakcijo. V njej vpeljejo Higgsov bozon.*

Abstract *- An attempt is made to follow the way to the prediction of the Higgs boson and its characteristics. First the invariances or symmetries are considered. The gauge invariance of classical electrodynamics is connected with quantum mechanics. This leads to the equation of motion for charged particles in electric and magnetic fields. The unsuccessful attempt is mentioned to describe the proton and neutron within a gauge theory. A gauge theory, however, successfully encompasses the electromagnetic and weak interaction. In it the Higgs boson is introduced.*

SIMETRIJE

Simetrijo poznamo iz geometrije. Pravilni šestkotnik zasučimo za šestino polnega kota okoli osi, pravokotne na njegovo ravnino. Slika se ne spremeni, čeprav s šestkotnikom nekaj naredimo. Nespremenljivost slike pri danem zasuku, i*nvariantnost* proti dani *transformaciji*, razumemo kot simetrijo. Za neomejen idealen kristal ledu velja, kar smo povedali za šestkotnik. Tudi pri snežinkah opazimo šestkotno simetrijo, čeprav se po podrobnostih med seboj razlikujejo. Snežinke so prispodoba *zlomljene simetrije*. Zlom simetrije radi ilustriramo s svinčnikom, ki stoji navpično na konici. Vse smeri v vodaravni podlagi so enakopravne. Smer, v katero sam od sebe pade svinčnik, pa je odlikovana in simetrija je *spontano*, ne da bi za to obstajal poseben zunanji razlog, zlomljena. Spontani zlom simetrije v naravi ni redek. Že leta 1928 ga je predvidel Werner Heisenberg. V Maxwellovih enačbah so vse smeri enakopravne. V feromagnetni snovi, ki izpolnjuje ves prostor in za katero enačbe tudi veljajo, pa je simetrija zlomljena. Smer magnetnega polja je odlikovana.

UMERITVENA TEORIJA ZA ELEKTROMAGNETNO INTERAKCIJO

V fiziki delcev govorimo o simetriji, če je enačba gibanja invariantna proti določeni transformaciji. V standardnem modelu delcev imajo poseben pomen *umeritvene teorije*, ki so zgrajene na *umeritveni simetriji* ali *umeritveni invariantnosti*. Vzemimo klasično elektrodinamiko. Od njenih osnovnih zakonov, Maxwellovih enačb, *zakon o magnetnem pretoku* in *indukcijski zakon* ne vsebujeta gostote nabojev in gostote električnega toka. Gostota magnetnega polja $\vec{B}$ nima izvirov in spremenljivo magnetno polje se obda z vrtinci električnega polja $\vec{E}$:

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \quad \text{in} \quad \nabla \cdot \vec{E} = -\partial\vec{B}/\partial t \tag{1}$$

Gostota izvirov je skalarno polje $\nabla \cdot \vec{B} = div\vec{B}$ z vektorjem nablo $\nabla = (\partial/\partial x, \partial/\partial y, \partial/\partial z)$. Gostota vrtincev je vektorsko polje $\nabla \times \vec{E} = rot\vec{E}$. Vektorsko polje $\nabla\phi = grad\phi$ nastane, ko vektor nabla deluje na skalarno polje ϕ. Komponente te *tridimenzionalne strmine* povedo, kako polje narašča v smeri koordinatnih osi.

Divergenca rotorja je enaka 0, "vrtinci nimajo izvirov". Zato zakon o magnetnem pretoku zapišemo kot $\vec{B} = \nabla \times \vec{A}$ z *vektorskim potencialom* $\vec{A}$ z enoto Vs/m. Iz indukcijskega zakona potem sledi $\nabla \times \vec{E} + \partial(\nabla \times \vec{A})/\partial t = \nabla \times (\vec{E} + \partial\vec{A}/\partial t) = 0$. Ker je rotor gradienta enak 0, "tridimenzionalna strmina nima vrtincev". Z $\nabla\phi = -(\vec{E} + \partial\vec{A}/\partial t)$ vpeljemo *skalarni potencial* ϕ z enoto V. Polji $\vec{E}$ in $\vec{B}$ izrazimo s skalarnim potencialom ϕ in z vektorskim potencialom $\vec{A}$:

$$\vec{E} = -\nabla\phi - \partial\vec{A}/\partial t \quad \text{in} \quad \vec{B} = \nabla \times \vec{A}. \tag{2}$$

Nekateri fiziki menijo, da imata potenciala ϕ in $\vec{A}$ globlji pomen kot polji $\vec{E}$ in $\vec{B}$, čeprav polji lahko neposredno izmerimo, potencialov pa ne. Potenciala polj ne določata enolično. Spremenjena potenciala:

$$\phi' = \phi - \partial\chi/\partial t \quad \text{in} \quad \vec{A} = \vec{A} + \nabla\chi \tag{3}$$

dasta enaki polji $\vec{E}$ in $\vec{B}$ kot potenciala ϕ in $\vec{A}$. Pri tem je $\chi(\bar{r}, t)$ poljubna zvezna in odvedljiva skalarna funkcija kraja in časa z enoto Vs, tako imenovano *umeritveno polje*. Enačbi (3) sta zgled za *lokalno trasformacijo*, ker se umeritveno polje spreminja s krajem in časom. V elektrostatiki, v kateri ni magnetnega polja, poljubno izberemo ničlo potenciala $\phi' = \phi - \phi_0$. Po vsem prostoru spremenimo potencial za poljubno konstantno vrednost ϕ_0, ne da bi to prizadelo enačbo gibanja. To je zgled za *globalno transformacijo*. V mehaniki ga lahko vzporedimo s prehodom od višine, merjene od morske gladine, na višino, merjeno od železniške postaje.

Svobodo, da sta potenciala nedoločena do umeritvenega polja $\chi(\bar{r}, t)$, izkoristimo, da si olajšamo reševanje Maxwellovih enačb [1]. Tu pa nas zanima *umeritvena tranformacija* (3). Maxwellove enačbe ostanejo nespremenjene, ko z njo spremenimo potenciala. Enačbe so *invariantne* proti umeritveni transformaciji. Invariantnost je po izreku Emmy Noether povezana z ohranitvenim zakonom. Znano je, da je invariantnost enačb gibanja proti izbiri časovnega začetka povezana z zakonom o ohranitvi energije, invariantnost enačb proti izbiri koordinatnega izhodišča z zakonom o ohranitvi gibalne količine in invariantnost enačb proti zasuku koordinatnega sistema z zakonom o ohranitvi vrtilne količine. Na enak način je invariantost Maxwellovih enačb proti umeritveni transformaciji povezana z zakonom o ohranitvi električnega naboja.

Umeritvena transformacija sega tudi v kvantno mehaniko. V njeni nerelativistčni inačici velja za prost delec Schrödingerjeva enačba:

$$\frac{1}{2m}\left(\frac{\hbar}{i}\nabla\right)^2\psi = i\hbar\frac{\partial}{\partial t}\psi\,. \tag{4}$$

Z operatorjema zapišemo "izrek o kinetični energiji", da je kinetična energija prostega delca enaka polni energiji: $\hat{T} = \hat{H}$. Za operator kinetične energije smo postavili $\hat{T} = \hat{\vec{p}}^2/(2m)$ z operatorjem vektorja gibalne količine $\nabla\hat{\vec{p}} = (\hbar/i)\nabla$ in za operator polne energije ali Hamiltonov operator $\hat{H} = i\hbar\partial/\partial t$. Enačba (4) nastane, ko operatorsko enačbo z desne pomnožimo z valovno funkcijo $\psi(\bar{r}, t)$. Kvadrat na levi strani pomeni, da z operatorjem $(\hbar/i)\nabla$ na valovno funkcijo delujemo dvakrat zapored.

Če je valovna funkcija $\psi(\bar{r},t)$ rešitev enačbe (4), je rešitev tudi valovna funkcija:

$$\psi(\bar{r},t)' = \exp(i\alpha)\ \psi(\bar{r},t) \tag{5}$$

s poljubno konstantno *fazo* α. Tudi *fazna transformacija* (5) je povezana z ohranitvenim zakonom za naboj.

Fazni transformaciji ustreza enoparametrična zvezna unitarna grupa $U(1)$ kompleksnih števil z absolutno vrednostjo 1. *Unitarna* je matrika U, če je obratna matrika U^{-1} enaka hermitsko konjugirani matriki U^+. Hermitsko konjugirano matriko dobimo, ko elemente zrcalimo na glavni diagonali in vzamemo njihove konjugirano kompleksne vrednosti. Iz zveze $U^{-1} = U^+$ sledi $U^+U = UU^+ = 1$. Pri tem je 1 enotska matrika, katere elementi na glavni diagonali so enaki 1, vsi drugi pa so enaki 0. V eni razsežnosti je $U(1) = \exp(i\alpha)$ in je $U(1)^{-1} = \exp(-i\alpha) = U(1)^+$.

Grupa} je algebrska struktura z nevtralnim elementom exp(i.0)=1, inverznim elementom $\exp(-i\alpha)$ in sestavljenim elementom $\exp(-i\alpha_1)\cdot\exp(-i\alpha_2) = \exp(i(\alpha_1 + \alpha_2)$. Ta grupa je komutativna ali abelska.

Transformacija (5) s konstantno fazo α je globalna. Dopustimo lokalno transformacijo, pri kateri je faza odvisna od časa in kraja:

$$\psi(\bar{r},t)' = \exp(ie\chi(\bar{r},t)\ /\ \hbar)\psi(\bar{r},t). \tag{6}$$

Pri tem je e naboj delca in χ umeritveno polje. Valovna funkcija $\psi(\bar{r},t)'$ ni rešitev enačbe (4). Pač pa sta $\psi(\bar{r},t)'$ in $\psi(\bar{r},t)$ rešitvi prilagojene enačbe:

$$\frac{1}{2m}\left(\frac{\hbar}{i}\nabla - e\vec{A}\right)^2 \psi = i\hbar\left(\frac{\partial}{\partial t} - e\phi\right)\psi \tag{7}$$

Enačbo (7) poznamo v obliki $-(\hbar^2 / 2m)\nabla^2 \psi + e\phi\,\psi = i\hbar\partial\psi / \partial t$, ki velja, če ni magnetnega polja. To je zapis izreka o kinetični in potencialni energiji z operatorji $\hat{T} + \hat{V} = \hat{H}$. Operator potencialne energije je $\hat{V} = V(\bar{r}) = e\phi$. Zadnji izraz je domač kot potencialna energija naboja e v točki s potencialom ϕ, saj je razlika potencialov enaka napetosti. Tako smo prišli do pomembnega sklepa. Invariantnost proti umeritveni transformaciji pripelje do podrobnega opisa, kako na naelektreni delec delujeta potenciala ϕ in $\vec{A}$, torej do enačbe gibanja v električnem in magnetnem polju.

K razvoju umeritvene invariantnosti v klasični elektrodinamiki so prispevali številni fiziki. Vektorski potencial sta vpeljala Wilhelm Weber (1848 in pozneje) in Carl Neumann (1849 in pozneje). Za oblikovanje umeritvene invariantnosti imata največ zaslug v klasični elektrodinamiki Ludvig Valentin Lorenz (1867) in v kvantni mehaniki Vladimir Fock (1926). Ime "Eichinvarianz" (angleško "gauge invariance") je prispeval Hermann Weyl (1927), ki je v splošni teoriji relativnosti brez uspeha poskusil s spremembo merila [2].

Računali smo v nerelativistični kvantni mehaniki. Po podobnem kopitu lahko računamo za naelektreni delec s spinom ½ v teoriji relativnosti, ko namesto Schrödingerjeve enačbe velja Diracova enačba. Račun uspe tudi pri drugih interakcijah: šibki, močni in gravitacijski. Tudi teorija gravitacije, to je Einsteinova splošna teorija relativnosti, je umeritvena teorija. Pri elektromagnetni, šibki in močni interakciji je bilo mogoče teorijo uskladiti z zahtevami kvantne mehanike in postaviti ustrezno kvantno teorijo polja. Za zdaj nekaj podobnega še ni uspelo pri gravitaciji [2].

Dandanes v teoriji polja izhajajo iz Lagrangeove mehanike točkastih teles in njenega variacijskega načela. Časovni integral Lagrangeove funkcije $L(q,\dot{q},t) = T - V$ ima ekstrem in je $\delta\int L dt = 0$. Rešitve so *Lagrangeove enačbe druge vrste*: $\frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial \dot{q}} - \frac{\partial L}{\partial q} = 0$. Pri tem je q ena od generaliziranih koordinat in $\dot{q} = dq/dt$ njen časovni odvod, "hitrost". Od točkastih teles preidejo k poljem in Lagrangeovo funkcijo L nadomestijo z Lagrangeovo gostoto $\tilde{L}(\varphi,\partial\varphi / \partial x^\mu, x^\mu)$, za katero velja $L = \int\tilde{L}d^3r$. V njej je φ ena od spremenljivk polja in x^μ ena od komponent krajevnega četverca $x^\mu = (x^0, x^1, x^2, x^3,) = (ct, c, x, z)$. Preizkusijo razne nastavke za Lagrangeovo gostoto, ki so po zahtevi posebne teorije relativnosti invariantne proti Lorentzevi transformaciji, in dobijo enačbe gibanja kot Lagrangeove enačbe.

POSKUS UMERITVENE TEORIJE ZA MOČNO INTERAKCIJO

Chen-Ning Yang in Robert L. Mills sta leta 1954 poskušala z umeritveno teorijo zajeti izospinski dublet proton in nevtron, med katerima deluje močna sila. (Yang in Tsung Dao Lee sta leta 1957 dobila Nobelovo nagrado za napoved neohranitve parnosti.) Začela sta z globalno simetrijo izospina [3] in se vprašala, kakšne so zahteve, če jo zamenjata z lokalno simetrijo. Po močni interakciji se proton ne razlikuje od nevtrona. Izospin ½ si po zgledu spina predstavljamo kot puščico v abstraktnem prostoru. Pri globalni simetriji smer puščice v vseh točkah prostora enako zasučemo, pri lokalni simetriji pa se zasuk spreminja s krajem in časom. Prehod od globalne transformacije k lokalni je zahteval velike spremembe.

Dodati je bilo treba šest *Yang-Millsovih polj*. Dve od njih sta bili znani električno in magnetno polje. Njuni delci polja so fotoni brez mase in z neomejenim dosegom. Preostala štiri Yang-Millsova polja so sestavljala dva para, ki sta jima ustrezali dve vrsti delcev polja. Ti delci so bili podobni fotonom in so imeli enako kot fotoni spin 1, a so nosili električni naboj. Za razliko od fotonov bi naelektreni delci polja neposredno delovali drug na drugega. Pri elektromagnetni interakciji končno stanje ni odvisno od vrstnega reda pri dvakratni uporabi lokalne simetrije. Vseeno je, ali elektron najprej izseva foton in ga potem absorbira ali ga najprej absorbira in potem izseva. S tem povezana grupa je abelska. V Yang-Millsovem primeru ni tako. Z njim povezana grupa je nekomutativna, neabelska.

Abelski grupi ustreza vrtenje v dveh razsežnostih. Svinčnik, ki kaže vodoravno proti nam, zasučimo najprej okoli vodoravne osi za 90°, da kaže navzgor, in zatem še za 180°okoli iste osi. Nato iz iste začetne lege svinčnik zasučimo najprej okoli vodoravne osi za 180°, da kaže od nas, in zatem še za 90° okoli iste osi. V obeh primerih na koncu svinčnik kaže navzdol. Neabelski grupi pa ustreza vrtenje v treh razsežnostih. Svinčnik, ki kaže vodoravno proti nam, zasučimo najprej okoli vodoravne osi za 90°, da kaže navzgor, in zatem za 180° okoli pravokotne vodoravne osi. Nato iz iste začetne lege svinčnik zasučimo najprej okoli pravokotne vodoravne osi za 180°, da kaže od nas, in zatem še za 90°okoli druge vodoravne osi. Na koncu svinčnik v prvem primeru kaže navzdol, v drugem pa navzgor. Splošna teorija relativnosti je neabelska umeritvena teorija. Naelektrenih delcev brez mase niso zaznali, zato Yang-Millsove teorije, kakršna je bila, ni bilo mogoče uporabiti. Raziskovalci so jo poskušali izboljšati z različnimi prijemi. Čeprav niso uspeli, so pri tem bolje spoznali njene lastnosti.

V dveh razsežnostih je $SU(2)$ specialna unitarna grupa unitarnih matrik 2 krat 2 z determinanto 1. S tako grupo opišemo delec s spinom ali z izospinom ½. Lahko jo prikažemo s Paulijevimi matrikami. Zanjo ne velja zakon komutativnosti pri množenju. Grupa je neabelska.

UMERITVENA TEORIJA ZA ELEKTROMAGNETNO IN ŠIBKO INTERAKCIJO

Stevenu Weinbergu, ki je spremljal Yangovo in Millsovo delo, se je porodila misel, da je teorija prava, a da z njo poskušajo opisati nepravo interakcijo. Z umeritveno teorijo je leta 1967 zajel elektromagnetno in šibko interakcijo. Neodvisno od njega je na enako misel nekoliko pozneje prišel Abdus Salam. Oba sta gradila na zamislih Sheldona Glashowa iz leta 1961.

Elektromagnetna in šibka interakcija se močno razlikujeta, prva je močnejša in ima neomejen doseg, druga je šibkejša in ima majhen doseg. Simetrija je spontano zlomljena. Tako simetrijo je leta 1960 raziskoval Joičiro Nambu v zvezi s superprevodnostjo in potem spoznanja prenesel v fiziko delcev. Naslednji korak so naredili leta 1964 neodvisno drug od drugega skupaj Robert Brout in Francois Englert ter Peter Higgs ter skupaj Gerald Guralnik, Carl Hagen in Tom Kibble. Zamisel je za superprevodnost leta 1963 uporabil v nerelativistični zvezi Philip Anderson. Omenjeni fiziki so jo razširili na relativistični primer. V teorijo so uvedli *Higgsovo polje*. To polje v vakuumu nima najmanjše gostote energije. Vakuum v fiziki delcev ni prazen prostor, saj v njem z elektromagnetno interakcijo nenehno nastajajo virtualni fotoni ter pari elektronov in pozitronov. V elektromagnetnem polju je gostota energije v vakuumu najmanjša. V Higgsovem polju pa je potrebna energija, da ustvarimo stanje, v katerem ni delcev polja. Gostota energije je najmanjša, ko obstajajo delci polja.

Yang-Millsova teorija je gradila na izospinu, s katerim opišemo delce v močni interakciji. V elektro-šibki teoriji stopi na njegovo mesto *šibki izospin*. V tej zvezi moramo omeniti *ročnost* (helicity). Delec s spinom S ima v splošnem $2S + 1$ magnetnih spinskih stanj, ki se razlikujejo po magnetnem spinskem kvantnem številu $M_S = -S, -S + 1,$ ... $S - 1, S$. Vendar to ne velja za delce z maso 0. Ti imajo samo dve magnetni spinski stanji z $M_S = -S$ in $M_S = S$ V prvem primeru ima komponenta spina smer nasprotno hitrosti, to je gibalni količini, v drugem pa njeno smer. Prvi primer ponazorimo z levim vijakom, drugega z desnim. Govorimo o ročnosti, v prvem o levoročnem delcu in v drugem o desnoročnem. Merjenja so pokazala, da so nevtrini levoročni in antinevtrini desnoročni. Desnoročnih nevtrinov in levoročnih antinevtrinov v naravi ni. Levoročne nevtrine in levoročne elektrone povežemo v šibki izospinski dublet, desnoročni elektroni pa sestavljajo šibki izospinski singlet. Tretja komponenta šibkega izospina za levoročni nevtrino je $t_3^w = -1/2$ in za levoročni elektron $t_3^w = -1/2$. Desnoročni elektron je glede šibkega izospina singlet $t_3^w = -0$. Pripomniti moramo, da računamo z delci z maso 0. Po zgledu hipernaboja vpeljemo *šibki hipernaboj* $Y^w = 2(q - t_3^w)$. Tretja komponenta šibkega izospina se pri reakcijah in razpadih ohrani, in to ne samo pri šibki interakciji.

V *elektro-šibki teoriji* začnejo s štirimi polji z delci s spinom 1 brez mase in z neomejenim dosegom [4]. Delci enega od polj nosijo negativni naboj, drugega pozitivni naboj, delci preostalih dveh polj so nevtralni. Spontani zlom simetrije uvede štiri skalarna Higgsova polja, ki jim ustrezajo delci s spinom 1. Tri od štirih Higgsovih polj se združijo z Yang-Millsovimi delci, tako da naelektreni delci in eden od nevtralnih dobijo veliko maso in majhen doseg. To so trije *šibki bozoni* W^-, W^+ in Z^0. Ustrezni trije Higgsovi delci se v končnih rezultatih ne pojavijo in jih ni mogoče opazovati. Četrti Yang-Millsov delec kot foton ostane brez mase in obdrži neomejen doseg, zato četrti Higgsov delec ostane neprizadet in lahko obstaja prost, če je na voljo dovolj energije. To je *Higgsov bozon*. Delec s spinom 1 s končno maso ima tri magnetna stanja s komponentami spina -1, 0 1. Kot smo ugotovili, ima delec z maso 0, ki se giblje s hitrostjo svetlobe, samo dve magnetni stanji, levoročno in desnoročno. Šibki bozoni hkrati z maso od delcev Higgsovega polja dobijo tudi tretje magnetno stanje.

Teorija je napovedala obstoj nevtralnega šibkega bozona Z^0. Dotlej so mislili, da šibki bozon kot pri razpadu β vselej prenese naboj. Zdaj je nevtralni šibki bozon pokazal, da se na primer mionski nevtrino lahko sipa na protonu ali nevtronu in ga odrine. Ta *nevtralni šibki tok* so opazili leta 1973 in s tem podprli elektro-šibko teorijo.

Teorija se je borila s težavami, ki so bile hujše kot na začetku kvantne elektrodinamike. Kot v tej je šlo za člene, ki narastejo čez vse meje. Pomemben korak sta okoli leta 1971 prispevala Gerard t'Hooft in njegov mentor Martin Veltman, ki sta se prepričala, da je elektro-šibko teorijo mogoče renormalizirati. Njun korak lahko vzporedimo z dosežkom Feynmana, Schwingerja in Tomonage v kvantni elektrodinamiki. To je dokončno uveljavilo elektro-šibko teorijo. Z njo je bilo mogoče dobiti natančne napovedi. Za delce polja šibke sile s spinom 1 so napovedali, da imata W^- in W^+ okoli 85-krat večjo maso in Z^0 okoli 96-krat večjo maso kot proton. Leta 1983 je raziskovalna skupina Carla Rubbie delce odkrila in potrdila napovedi.

Navedli smo samo glavne raziskovalce. K razvoju teorije je prispevalo veliko drugih raziskovalcev, med njimi tudi sodelavci omenjenih. Veliko je bilo neuspešnih korakov. Nekatere nove napovedi so izvirale iz teorije, druge od odkritij pri poskusih. Razvoj je bil neločljivo povezan z napredkom v gradnji pospeševalnikov in trkalnikov ter merilnikov. Fizika je skupinska dejavnost in prispevki fizikov so med seboj tesno prepleteni. Čeprav je standardni model zelo uspešen, je veliko namigov, da ga bo treba dograditi. Omenimo samo, da nevtrini različnih rodov prehajajo drug v drugega in imajo nevtrini zelo majhno maso. Po objavi CERN-a se je pojavilo veliko zapisov o Higgsovem bozonu [5]–[8].

* * *

Računi v elektro-šibki teoriji so celo v najpreprostejši inačici za nas prezahtevni [9]. Poskusimo pa nakazati ozadje zloma simetrije [10]. V posebni teoriji relativnosti je energija delca W povezana z njegovo gibalno količino: $W^2 = c^2\hat{p}^2 + m^2c^4$. Zapišimo enačbo z znanima operatorjema in jo z desne pomnožimo z valovno funkcijo ψ:

$$\left(i\hbar\frac{\partial}{\partial t}\right)^2\psi = c^2\left(\frac{\hbar}{i}\nabla\right)^2\psi + m^2c^4\psi \tag{8}$$

To je Klein-Gordonova enačba, ki velja za delce s spinom 0. Za valovno funkcijo ψ', ki jo dobimo s fazno transformacijo (6), enačba ne velja. Po prejšnjih izkušnjah pa velja za funkcijo ψ in za funkcijo ψ' enačba:

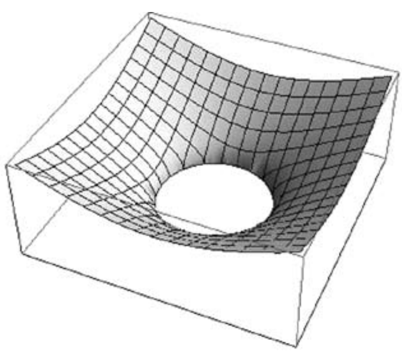
$$(i\hbar \frac{\partial}{\partial t} - e\phi)^2 \psi = c^2 (\frac{\hbar}{i} \nabla - e\vec{A})^2 \psi + m^2 c^4 \psi. \qquad (9)$$

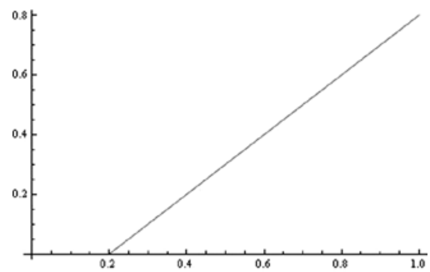
Razdelimo valovno funkcijo na realni in imaginarni del $\psi = \mathrm{Re}\psi + i\mathrm{Im}\psi$. Enačba (9) velja ločeno za realni del in za imaginarni del. Dodajmo v masnem členu $m^2c^4\psi$ v enačbi (9) člen z verjetnostno gostoto $\psi^*\psi$:

$$m^2 = \mu^2 + \psi^*\psi = \mu^2 + (\mathrm{Re}\psi)^2 + (\mathrm{Im}\psi)^2 \qquad (10)$$

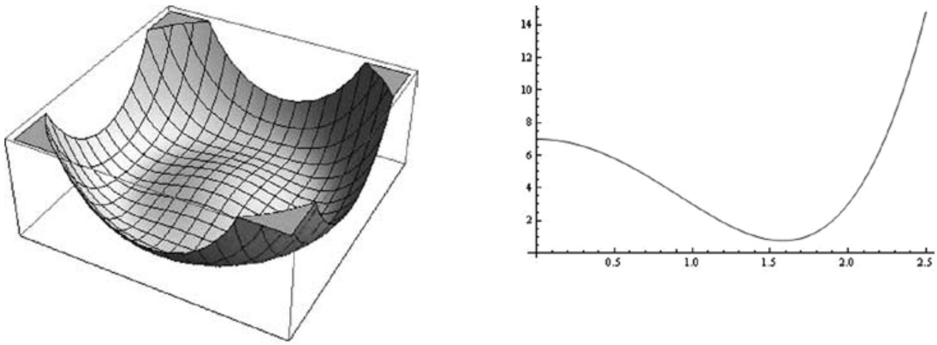
Verjetnostna gostota $\psi^*\psi$ ne vsebuje faze, zato dodatek ne prizadene umeritvene invariantnosti. Pomemben je znak člena μ^2. Če je $\mu^2 > 0$, je najmanjša vrednost m^2 enaka μ^2 pri $\psi^*\psi = 0$. Če je $\mu^2 > 0$, pa leži najmanjša nenegativna vrednost na krožnici $(\mathrm{Re}\psi)^2 + (\mathrm{Im}\psi)^2 = -\mu^2 / \lambda$. Pri tem je λ številski koeficient. Pojavi se le odvisnost od $\psi^*\psi$, ne pa od faze, kar se sklada z umeritveno invariantnostjo. Brž ko izberemo določeno fazo, na primer $\mathrm{Re}\psi = \sqrt{-\mu^2 / \lambda}$ in $\mathrm{Im}\psi = 0$, pa se simetrija zlomi (Slika 1). Spontani zlom simetrije je povezan z maso delcev polja, različno od 0, in z majhnim dosegom šibke sile. V tem razmišljanju lahko vidimo prispodobo Higgsovega mehanizma. Fazne transformacije so v elektro-šibki teoriji precej bolj zapletene kot v nakazanem računu in to velja tudi za odvisnost gostote energije od števila delcev polja (Slika 2).

Za elektro-šibko teorijo je značilna grupa $U(1) \times SU(2)$. Samo navrzimo, da je za standardni model, ki vključuje še močno - barvno - interakcijo, značilna grupa $U(1) \times SU(2) \times SU(3)$.





Slika 1. Ploskev m za $\mu^2 < 0$ v odvisnosti od $\mathrm{Re}\psi$ in $\mathrm{Im}\psi$, ki sta naneseni na obe vodoravni osi. Ploskev ne vsebuje odvisnosti od faze (levo). Brž ko se odločimo za fazo, na primer za $\mathrm{Im}\psi = 0$, je simetrija zlomljena. Presek ploskve pri $\mathrm{Im}\psi = 0$. Na vodoravno os je nanesen realni del $\mathrm{Re}\psi$, na navpično os pa m (desno).



Slika 2. Ploskev gostote energije v Higgsovem polju je bolj zapletena kot ploskev na sliki 1. Poleg člena s $\psi^*\psi$ vsebuje še člen s $(\psi^*\psi)^2$. Minimum ima pri $\psi^*\psi > 0$. Oblika ploskve spominja na sombrero (levo). Presek ploskve pri $\mathrm{Im}\psi = 0$. Na vodorano os si mislimo naneseno količino, ki je povezana z jakostjo polja, na navpično os pa gostoto energije v Higgsovem polju (desno).

LITERATURA

[1] J. D. Jackson, *From Lorenz to Coulomb and other explicit gauge transformations*, Am. J. Phys. **70** (2002) 917.

[2] J. D. Jackson, L. B. Okun, *Historical roots of gauge invariance*, Rev. Mod. Phys. **73** (2001) 663-680.

[3] J. Strnad, *Do standardnega modela*, Fizika v šoli 18 (2012) 77-85.

[4] G. t'Hooft, *Gauge theories of the forces between elementary particles*, Scientific American **242** (1980) 90-116 (5).

[5] G. Organtini, *Unveiling the Higgs mechanism to students*, Eur. J. Phys. **33** (2012) 1397-1405.

[6] J. Miller, *The Higgs particle, or something much like it, has been spotted*, Phys. Today **65** (2012) 1-15 (9).

[7] F. Close, *Higgs boson: beginning of the end or end of the beginning*, Contemporary Physics **53** (2012) 295-300.

[8] M. Riordan, *Cornering the Higgs boson*, Physics World **25** (2012) 34-38 (10).

[9] J. Bernstein, *A question of mass*, Am. J. Phys. **79** (2011) 25-30.

[10] J. Brehm, *Introduction to the Structure of Matter; a Course in Modern Physics*, J. Wiley, New York 1989.

PO TREH POTEH DO VZTRAJNOSTNEGA MOMENTA ŽOGE

Tine Golež

Škofijska klasična gimnazija, Ljubljana

Povzetek *— Opisane so tri različne meritve vztrajnostnega momenta žoge okoli geometrijske osi, ki gre skozi središče žoge.*

Abstract *— Three different measurements of the moment of inertia (about any axis passing through the center of the ball) of an ordinary ball are described.*

UVOD

V fiziki prav radi merimo izbrano količino po več neodvisnih poteh. Če so rezultati skladni, smo še bolj prepričani, da smo v resnici kar nekaj dognali o merjeni količini.

Lep primer za šolsko rabo je vztrajnostni moment žoge. V mislih nimamo kakšnega dragega primerka, pač pa kar brezdušno ceneno žogo. (Izraz *brezdušna* ni fraza; gre za žogo, ki nima notranje in zunanje žoge; notranji žogi pravimo duša.) Zavedamo se, da najbrž ni iz gume, a kljub temu bomo v tem zapisu uporabljali to besedo za opis materiala, iz katerega je; gre brez dvoma za postranski podatek pri vprašanju o vztrajnostnem momentu.

Prvi dve meritvi bosta dinamični. Najprej se bo žoga kotalila in z merjenjem pospeška žoge na klancu bomo določili vztrajnostni moment. Druga meritev bo brez translacije, saj bo žoga del sistema, ki bo sučno nihal okoli geometrijske osi žoge. Pri zadnji pa bosta v glavni vlogi meter in tehtnica, ki predstavljata statični pristop, in še nekaj teorije bo potrebne. Skratka, vsi trije primeri skupaj predstavljajo harmonično mešanico teorije in prakse, ki pa ne bi smela biti prezahtevna za malce bolj fizikalno navdahnjene srednješolce.

PO KLANČKU GOR, PO KLANČKU DOL[1]

Smiselno je, da se žoga kotali tako po klančku gor kot tudi dol. Prav zaradi kotalnega trenja pri obeh gibanjih ne bo šlo za enak pospešek. Povprečje obeh pospeškov pa bo kar dober približek za kotaljenje, kjer kotalnega trenja ne bi bilo in bi nas tako dobljeni pospešek pripeljal do vrednosti vztrajnostnega momenta.

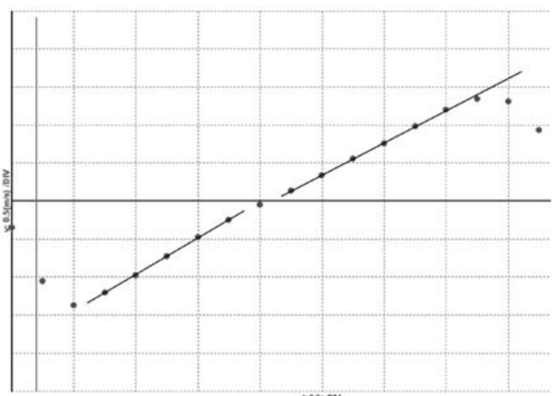
V glavni vlogi je nagnjena miza, na njej ultrazvočni slednik (slika 1). Žogo zakotalimo proti ultrazvočnemu sledniku in računalnik iz izmerjenih leg žoge računa ter riše graf v(t). Dinamična komponenta sile teže žoge je ves čas enako velika, rezultanta vseh sil pa ne.

[1] Če me spomin ne vara, je to besedna zveza neke starejše lahkotne narodno-zabavne popevke, ki sicer govori o avtu.

Ko se žoga kotali navzgor, kaže sila kotalnega trenja navzdol, tako da je rezultanta večja od dinamične komponente. Obratno velja za kotaljenje žoge navzdol.

Slika 1. Postavitev poskusa s kotaljenjem žoge.

Izberemo graf *v*(*t*) in računalnik nam izpiše oba pospeška (slika 2). Še bolj ustvarjalni pa bomo, če kar sami narišemo ustrezno premico za vzpon in spust žoge. Os *x* enodimenzionalnega opazovalnega sistema je obrnjena po klancu navzdol, zato je pri kotaljenju navzgor hitrost negativna. Pospešek pri kotaljenju navzgor je 2,4 ms^{-2}, kar izračunamo iz strmine grafa, ki je bil izmerjen med ustavljanjem žoge. Ko pa se žoga kotali navzdol, je rezultanta sil manjša od dinamične komponente, saj sila kotalnega upora deluje v smeri klanca navzgor. Tokrat izmerimo, da je pospešek le 2,1 ms^{-2}. Zato vzamemo, da bi bil pospešek brez kotalnega trenja enak 2,25 ms^{-2}.



Slika 2. Iz grafa v(t) je vidna različna strmina med vzponom in spustom, kar potrjuje prisotnost kotalnega trenja. Izračunamo strmini obeh premic, strmini ustrezata obema pospeškoma.

Ker smo s povprečjem pospeškov izničili vpliv kotalnega trenja, je delo rezultante zunanjih sil razen sile teže enako nič. Zato zapišemo izrek o ohranitvi kinetične in potencialne energije:

$$mgh = \frac{1}{2}\left(mv^2 + J\omega^2\right)$$

Gre za translacijsko in rotacijsko kinetično energijo, ki naraščata na račun potencialne energije (in obratno pri kotaljenju navzgor).

Za kotaljenje brez spodrsavanja velja:

$$v = \omega R\,,$$

kjer je R polmer žoge. Zato dobimo:

$$mgh = \frac{1}{2}\left(mv^2 + J\frac{v^2}{R^2}\right)$$

Enačbo preuredimo in upoštevamo zvezo med višinsko razliko in prekotaljeno potjo po klancu ($sin\varphi = h/x$). Dobimo:

$$2mgx\sin\varphi = v^2\left(m + \frac{J}{R^2}\right)$$

Enačbo še delimo z maso in dobimo:

$$2\left(\frac{g\sin\varphi}{1 + \dfrac{J}{mR^2}}\right)x = v^2$$

V členu, ki je v oklepaju, prepoznamo pospešek, saj se težišče žoge giblje enakomerno pospešeno, zato za translacijo žoge (ali gibanje težišča) velja:

$$2ax = v^2$$

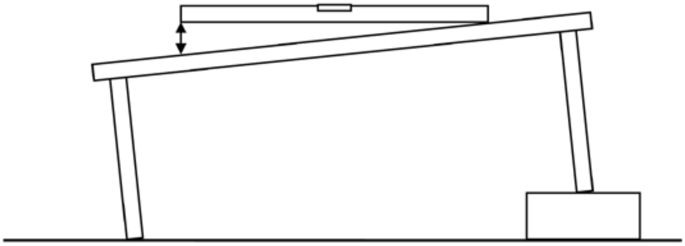
Pospešek (translatornega gibanja) pri kotaljenju žoge po klancu je torej enak:

$$\alpha = \left(\frac{g\sin\varphi}{1 + \dfrac{J}{mR^2}}\right)$$

od koder izrazimo vztrajnostni moment žoge (J):

$$J = R^2 m\left(\frac{g\sin\varphi}{a} - 1\right)$$

Masa žoge je 121,8 g, polmer 0,095 m in pospešek 2,25 m/s^2. Seveda izmerimo še nagib klanca (mize). Na metru dolžine (v vodoravni smeri, slika 3) se miza spusti za 41,2 cm, kar pomeni, da je kot φ enak 22,4 ^{0}.



Slika 3. Merjenje nagiba mize. Ključni pripomoček je metrska vodna tehtnica. Slika ni narisana v merilu.

Zato je:

$$J = (0{,}095\ m)^2\ 0{,}1218\ kg\ \left(\frac{9{,}8\ ms^{-2}\ sin\ 22{,}4^0}{2{,}25\ ms^{-2}} - 1\right) = 0{,}00073\ kgm^2$$

TORZIJSKO (SUČNO) NIHALO

Torzijsko nihalo izdelamo sami iz polžaste vzmeti. Seveda pazimo, da ni prevelikih nihajev, ki bi povzročili še kako dodatno nihanje. Če uporabljamo svetlobna vrata, zlahka izmerimo nihajni čas na nekaj promilov natančno (slika 4).

Slika 4. Nihalo na polžasto vzmet. Vzmet je s togo žico pritrjena na navpično stojalo.

Najprej smo se vprašali, kolikšna je konstanta vzmeti in kolikšen je vztrajnostni moment tega nihala. Do odgovora smo prišli kar po posredni poti. Najprej smo v nihalo vtaknili 301 mm dolgo palico, potem 401 mm in na koncu še 500-milimetrsko. Natančno smo izmerili nihajni čas vsake postavitve. Vse tri palice so bile iz medenine, vse smo tudi stehtali. Upoštevamo, da je vztrajnostni moment aditivna količina, zato napišemo enačbo za nihajni čas v obliki:

$$t_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\frac{1}{12}ml^2 + J_0}{D}}$$

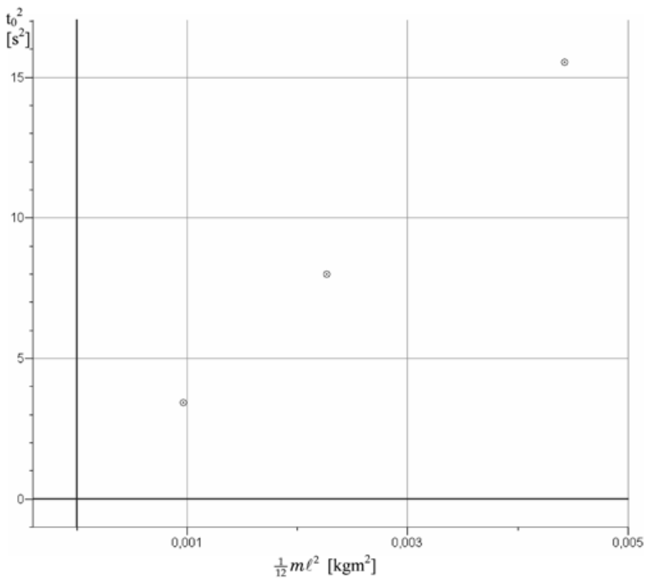
Pri tem je D konstanta vzmeti, J_0 vztrajnostni moment nihala brez vtaknjene palice in $\frac{1}{12}ml^2$ vztrajnostni moment vtaknjene palice, ki je odvisen od dolžine in mase palice. Ker slednjega zlahka izračunamo za vse tri palice, bo to neodvisna spremenljivka, odvisna pa nihajni čas. Želimo imeti linearno zvezo, zato enačbo preoblikujemo:

$$t_0^2 = \frac{4\pi^2}{D}\left(\tfrac{1}{12}ml^2 + J_0\right)$$

Enačba nas spominja na znanko iz matematike, $y = k(x - x_0)$.

Izmerke vnesemo v graf in program (LoggerPro) nam izračuna, da vse tri vrednosti ležijo zares skoraj popolnoma na premici (slika 5), ki ima smerni koeficient:

$$k = \frac{4\pi^2}{D} = 3490\ s^2kg^{-1}m^{-2}$$



Slika 5. Kvadrat nihajnega časa v odvisnosti od vztrajnostnega momenta uporabljene palice.

Površni pogled na graf zavede bralca, da gre za premico, ki poteka skozi koordinatno izhodišče. V resnici je vztrajnostni moment nihala brez vtaknjene palice majhen, a nikakor ni enak nič. Izračunamo ga iz

$$\frac{t_0^{\ 2}}{k} - \tfrac{1}{12}\, ml^2 + J_0$$

kar da J_0 = 0,000025 kgm^2.

Sedaj se v zgodbo vključi še žoga. Žogo pritrdimo pod leseni kvader tako, da je simetrijska os palice nihala (je navpična) hkrati simetrijska os žoge. Seveda je treba tedaj nihalo malo drugače pritrditi. Pri postavitvi, ki je na sliki 4, ni prostora, da bi simetrijski osi palice nihala in žoge sovpadali. Da bo nihanje počasnejše (in s tem manjša nevarnost, da se žoga odlepi), je v lesenem kvadru še vedno najkrajša medeninasta palica. Izmerimo nihajni čas nihala in izračunamo vztrajnostni moment žoge iz enačbe:

$$t_0^{\ 2} = \frac{4\pi^2}{D}\left(\tfrac{1}{12}\, ml^2 + J_0 + J_{\check{Z}}\right)$$

Po tej poti dobljeni vztrajnostni moment žoge je enak $J_{\check{Z}}$ = 0,00070 kgm^2.

TEORETIČNA IZPELJAVA

Žogo najprej obravnavajmo kot polno kroglo. Njen polmer naj bo *R*, masa pa *M*. Vztrajnostni moment namišljene homogene polne žoge okrog središčne osi je enak:

$$J = \frac{2}{5} MR^2$$

Seveda pa žoga ni polna, zato bomo odšteli vztrajnostni moment tistega dela žoge, kjer je v resnici zrak in ne guma. Polmer tega dela je *r*, masa pa *m*. (Do sem nam je oznaka *m* pomenila dejansko maso žoge, od tod naprej pa bo dejanska masa označena z Δm, masa namišljene krogle iz gume, ki bi imela enak polmer, kot je notranji polmer naše žoge, pa bo označena z *m*.)

$$J_{\check{Z}OGE} = \frac{2}{5} MR^2 - \frac{2}{5} mr^2$$

Enačba je sicer preprosta, žal pa je v njej preveč neznank. Pri žogi smo namreč lahko izmerili le obseg (ali premer) in maso. Poznamo torej *R* in Δm. Velja:

$$\Delta m = M - m$$

Masa polne žoge bi bila:

$$M = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho$$

masa tistega dela žoge, kjer je sicer zrak (upoštevamo gostoto gume in ne zraka!), pa:

$$m = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho$$

Upoštevamo zapisani masi in preuredimo enačbo:

$$J_{ŽOGE} = \frac{2}{5}\left(R^5 - r^5\right)\frac{4}{3}\pi\rho$$

Gostoto pa lahko izrazimo iz obeh enačb za maso:

$$\rho = \frac{\Delta m}{\frac{4}{3}\pi(R^3 - r^3)}$$

in jo vstavimo v enačbo za vztrajnostni moment žoge:

$$J_{ŽOGE} = \frac{2}{5}\Delta m\frac{\left(R^5 - r^5\right)}{\left(R^3 - r^3\right)}$$

Pred nami je izraz za vztrajnostni moment žoge, ki ima tokrat le še eno neznano količino (no, poleg vztrajnostnega momenta, seveda); to je *r*, polmer praznega dela žoge. A za izračun moramo imeti na desni le znane količine, zato je potreben dodaten razmislek. Zapišemo še drugače:

$$J_{ŽOGE} = \frac{2}{5}\Delta m\frac{(R-r)\left(R^4 + R^3 r + R^2 r^2 + R r^3 + r^4\right)}{(R-r)\left(R^2 + Rr + r^2\right)}$$

V resnici je žoga iz precej tanke gume, zato sta *R* in *r* skoraj enaka. Ker njuna razlika zagotovo ni nič, lahko prvi člen (*R* – *r*) krajšamo. Toda če sta skoraj enaka, ju po krajšanju prvega člena v ostalem delu izraza kar izenačimo in dobimo[2]:

$$J_{ŽOGE} = \frac{2}{5}\Delta m\frac{5R^2}{3}$$

oziroma:

$$J_{ŽOGE} = \frac{2}{3}\Delta m R^2$$

To je seveda rezultat, ki ga najdemo tudi v literaturi. Vstavimo še vrednosti uporabljene žoge (Δm = 0,1218 kg in R = 0,095 m) in dobimo:

$$J_{ŽOGE} = 0{,}00073\ kgm^2$$

[2] Ta dvojnost (najprej trdimo, da polmera nista popolnom enaka, potem pa upoštevamo, kot da sta enaka) me spominja na moja gimnazijska leta. Po pisanju matematične kontrolne naloge so bile nekatere ocenjene z minus dve. Tisti hip so bile to pozitivne ocene in ni bilo potrebno ponavljati testa zaradi preveč nezadostnih. Ko pa je prišel čas za graje ob konferenci, je minus dvojka postala negativna ocena. Vsekakor je dvojnost opisane vrste bolj na mestu v fiziki kot v šolskem ocenjevanju.

ŠE RAZMISLEK O NAPAKAH IN POMENU

Prvi hip bi človek pomislil, da zaradi ujemanja rezultata prve metode in teoretične izpeljave (tretja pot) velja dati tej številski vrednosti prednost. Preden pa to naredimo, se moramo še pogovoriti o napakah.

Pri kotaljenju po klancu prva napaka meritve izvira iz nenatančnega merjenja pospeška iz grafa *v*(*t*), druga napaka pa je v podatku za polmer. Najbrž se žoga za kak milimeter deformira, ko je postavljena na mizo ali tla. Zato priznamo, da je naš tako dobljeni rezultat malo prevelik, saj smo uporabili celotni polmer. Ocenimo, da je napaka prve meritve okoli 5 %.

Merjenje z nihalom je – tako so pokazale palice – zelo natančno. Če bi bila žoga prilepljena nekoliko iz središčne lege nihala, bi dobili večji vztrajnostni moment. Najbrž se ne motimo, če trdimo, da je rezultat nezanesljiv največ za približno 3 %.

Teoretična izpeljava ima vsaj dve pomanjkljivosti. Po eni strani je v igri prevelik polmer. Debelina žoge je (najbrž) približno dva milimetra, zato bi bilo verjetno bolj prav, da bi za polmer žoge vzeli milimeter manj od uporabljenega. Natančnejši ogled žoge izda, da ni povsem homogena. Tam, kjer je ventil, je malo več mase, pa tudi stena žoge je tam malce debelejša. V naši izpeljavi pa smo privzeli, da je masa enakomerno razporejena po žogi. Ker je nekaj več mase blizu osi vrtenja, smo dobili malenkost prevelik rezultat. Tudi tu je napaka nekaj odstotkov, a več kot 5 % zagotovo ni.

Vprašamo se še, kako je odebelitev žoge ob ventilu vplivala na obe meritvi. Ni, saj sta meritvi merili dejansko stanje in nista predvidevali homogene razporeditve mase, zato pri njiju tega pomisleka ni bilo treba upoštevati. Seveda pa smo morali paziti, da je bila os vrtenja vselej enaka. Če bi enkrat potekala skozi ventil in drugič ne, bi bila prisotna še dodatna napaka. Zato smo poskrbeli, da se je po klancu žoga kotalila tako, da je os vrtenja potekala skozi ventil; prav tako je os vrtenja potekala skozi ventil tedaj, ko je bila žoga del torzijskega nihala.

Če upoštevamo vse zapisano, bi bila primerna ocena za vztrajnostni moment žoge:

$$J = (0{,}00071 \pm 0{,}00002)\ kgm^2.$$

Priznati moramo, da imamo nekaj občutka za maso telesa. Ko bi žogo vzeli v roke, bi vsaj približno uganili njeno maso. Vztrajnostni moment pa je fizikalna količina, ki je »nimamo v svojih čutih«. No, najbrž bi jo imeli, če bi jo za več predmetov, ki jih vzamemo v roke, tudi povedali.

Priznati moramo, da dobljeni podatek o vztrajnostnem momentu žoge ni ugotovitev, ki bi bila pomembna za nadaljno uporabo te igrače. Vrednost naše prehojene poti je v treh neodvisnih pristopih merjenja fizikalne količine in v razmisleku o nenatančnosti. Morda se še vi odpravite po tej poti, morda pa se podobno odpravite raziskovat kako drugo fizikalno količino; bralci revije bodo radi prebrali vaše poročilo.

OPAZUJMO GLOBOKO VESOLJE

Boris Kham

Gimnazija Jožeta Plečnika, Ljubljana

Povzetek *— Članek obravnava pristope k opazovanju globokega vesolja in predlaga tudi nekatere načine opazovanja. Opozori nas, da so za dobro opazovanje potrebni trije koraki: priprava, opazovanje in analiza. Poudari, da je pomembno, da se na terenu potrudimo in zapišemo podrobnosti (vreme, čas, koordinate opazovališča, višina nebesnega objekta, opazovalni pogoji (Bortle Dark-Sky Scale), kvaliteta neba (meritev s Sky Quality Meter)), saj le tako pridemo do kvalitetnega opazovanja. Članek nas tudi opozori, da je učence težko motivirati za poglobljeno opazovanje globokega vesolja.*

Ključne besede *— globoko vesolje, opazovalni list, didaktika astronomije, kvaliteta neba, opazovalni pogoji.*

Abstract *— The article deals with deep-sky observation. It reminds us that three steps are necessary for good observation: preparation, observation and analysis. It stresses the importance of putting effort in recording details (weather, time, coordinates of the observation site, height of the sky object, observation conditions* (Bortle Dark-Sky Scale)*, sky quality* (measuring with Sky Quality Meter) *and commentary), which is the only way to quality in observation. The article also points out that students are difficult to motivate for in-depth observation of deep sky.*

Key words *— deep sky, observation form, didactics of astronomy, sky quality, observation conditions*

UVOD

S pojmom globoko vesolje opisujemo objekte, ki so konglomerati zvezd, plinov in medzvezdnega prahu (npr. galaksije, gruče, meglice). Njihova svetlost je stokrat, tisočkrat šibkejša od svetlosti planetov. Zato je tehnika opazovanja nekoliko drugačna, morda celo zahtevnejša. Opazovanje globokega vesolja je del amaterske astronomije, kjer opazovalci prodirajo v globine vesolja, ga občudujejo in uživajo v lepoti narave. Večkrat jih imenujemo »vizualci«, saj samo opazujejo globoko vesolje.

Če vpeljemo opazovanje globokega vesolja v pouk, lahko sledimo naslednjim ciljem.

Učenci spoznajo:

- ozvezdja in uporabo zvezdne karte pri iskanju objektov in orientaciji po nebu;
- pripravo na opazovanje (dobra priprava – kvalitetno opazovanje);

- način opazovanja in dejstvo, da morajo pozorno opazovati;
- da sta za dobro opazovanje potrebni potrpežljivost in zbranost;
- različne teleskope in njihovo delovanje;
- da je treba opazovanje zapisovati in nato analizirati;
- kaj vse vpliva na kvalitetno opazovanje.

Tako opazovanje lahko izpeljemo v okviru naravoslovne noči, tabora, pouka fizike ali astronomskega krožka. Vseh zgoraj navedenih ciljev seveda ne moremo doseči v eni noči, temveč le z večkratnim opazovanjem (astronomski tabor) in s pripravo nanj. Saj moramo tudi pri fiziki pozorno opazovati poskus (ob tem pa izpeljati meritve) in naravne zakonitosti, da fizikalne zakone lahko zapišemo.

Opazovanje globokega vesolja ima tri faze: priprava, opazovanje in analiza opazovanja. Vendar ima vsak »vizualec« svoj stil opazovanja.

PRIPRAVA

Za opazovanje globokega vesolja si izberemo čas okoli mlaja in primerno lokacijo (gl. dodatek [2]), ki je odvisna predvsem od tega, koliko časa imamo na razpolago, in od tega, kako globoko želimo opazovati. Pogledamo različne prognostične napovedi in karte. Naslednja faza priprave je, da si ogledamo več zvezdnih kart na dan opazovanja. Tako si zvezdno sliko veliko bolje vtisnemo v spomin. Nato si naredimo načrt opazovanja, ki mora biti prilagojen zmogljivosti našega daljnogleda oziroma teleskopa in kraju opazovanja. Če bo v času opazovanja na nebu kakšen planet, lahko tudi tega dodamo na seznam objektov, ki jih želimo tisti dan opazovati.

Za opazovanje globokega vesolja je priporočljivo, da uporabimo teleskop, ki ima goriščno razmerje f/4 ali f/5 (goriščno razmerje je kvocient med goriščno razdaljo objektiva in premerom objektiva, npr. pri teleskopu, ki ima premer objektiva 200 mm in goriščno razdaljo 800 mm, je goriščno razmerje 4, tj. f/4).

Za globoko vesolje je priporočljivo, da ima teleskop »večjo« odprtino (200 mm in več). Toda že nekateri daljnogledi (10x50, 25x100) nam postrežejo z slikami globokega vesolja. Dobro opazovanje lahko izpeljemo le, če imamo daljnoglede na stojalu. Opazovanje iz roke je težavno, ker se nam roke tresejo. Pri opazovanju nas velikokrat »napade« rosa na teleskopih (objektivih, okularjih) in to nam prepreči dobro opazovanje. Zato se že vnaprej pripravimo, da bomo ta napad vsaj preprečili, če že ne odpravili: npr. z antirosnikom ali tako, da tubus teleskopa ovijemo z armafleksom, ki ima znotraj majhno grelno telo, tako da se temperatura le malo dvigne in da ne pride do prevelikih turbulenc (prim. [2], [5] in [6]).

Primer načrta opazovanja za 30./31. oktober 2011, izbrano po Viri in literatura [2] in [3]:

Kraj: Mangartsko sedlo

Teleskop: Celestron Nexstar 11 GPS, daljnogled 10x50

Predvideni opazovani objekti

Ozvezdja

Herkul: M 13 (D), M 92 (D)

Lira: M 57, M 56 (D)

Ribi: M 74 (D), NGC 7541, NGC 128, NGC 488, NGC 128, NGC 266

Pegaz: M 15 (D), NGC 7177, NGC 7331, NGC 7332 (D), NGC 7479

Kasiopeja: M 52 (D), M 103 (D), NGC 7635, NGC 7788, NGC 7789 (D), NGC 147, NGC 185

Bik: M 1, M 45 (D), NGC 1514, NGC 1647, NGC 1807 (D)

Orion: M 42 (D), M 78(D)

D – pomeni, da jih lahko ujamemo v daljnogled 10x50.

Planeta

Jupiter, Uran

Pri izbiri objektov je pomembno, da si ogledamo sliko objekta, če obstaja, in zapis o njem. Tako bomo lažje našli oziroma opazili objekt v okularju. Priporočam, da na teren poleg zvezdnih kart vzamemo tudi literaturo (fotokopije) objektov, ki jih mislimo opazovati in so za nas novi ali smo jih manjkrat opazovali. Slike naj bodo črno-bele. Če imamo vsaj približen načrt opazovanja, potem bomo mirno opazovali – v nasprotnem primeru bomo samo begali sem in tja.

Naslednji korak je, da si pripravimo dnevnik opazovanj oziroma opazovalne obrazce, kar pač nam bolj leži.

OPAZOVALNI LIST [+]
Priimek:
Ime:
Razred:
Šola:
Država:

Predmet opazovanja:
Ozvezdje, v katerem je opazovani objekt:
Kraj opazovanja:
Zemljepisna širina:
Zemljepisna dolžina: *Nadmorska višina:*
Datum opazovanja:
Čas opazovanja:
Višina objekta nad obzorjem (kot α):
Vremenski pogoji: *Temperatura:*
Opazovalni pogoji (ocena opazovališča glede na Bortle Dark-Sky Scale):

Kvaliteta neba (meritev z Sky Quality Meter):
Ocena seeinga:

Opis opazovanja:

Skica ozvezdja, v katerem je opazovani objekt, in lega objekta v ozvezdju!

V krog skiciramo opazovani objekt (npr. galaksijo, zvezdno gručo, planet).
Rišemo s svinčnikom! Teleskop:
Okular 1 (mm):
Okular 2 (mm).
Okular 3 (mm):

OPAZOVANJE

Na terenu natančno opazujemo izbrani objekt in to ne le malo časa, temveč vsaj nekaj minut. Uporabimo različne okularje in si vse skrbno zabeležimo. Za boljše opazovanje si lahko nadenemo črno krpo čez glavo. Uporabljamo le rdečo svetilko. Skice narišemo s svinčnikom.

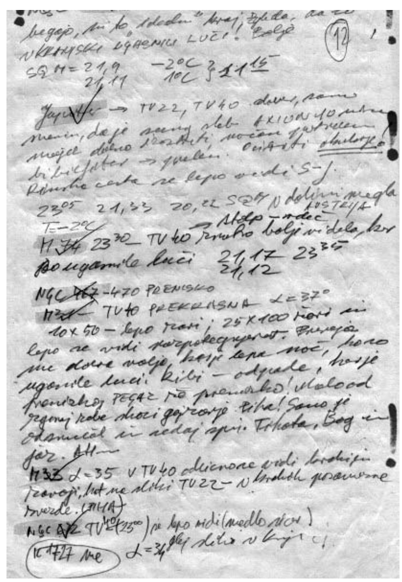
Rišemo in pišemo na priložen delovni list (prim. dodatek [2], [3]).

Ocena opazovalnega prostora (Bortlova skala opazovališča) je v dodatku [1]. Za lestvico kvalitete slike v okularju (seeing) glej članek: *Boris Kham, Dogodki v naravi in članki v dnevnem tisku pri pouku fizike, Fizika v šoli 17(2011)2, str. 91.*

Kaj napišemo v komentar?

V komentar si vpišemo:

- kakšen je bil objekt (npr. *jasen, opazil sem posamezne krake galaksije* ali *jedro je bilo močno*);
- kako se je slika razlikovala glede na različne okularje;
- zapišemo si npr. tudi *objekt je bil na vzhodu*, *motilo je svetlobno onesnaženje*;
- če se nam ob opazovanju porodi kakšna misel, razmišljanje itd., je modro, da si to zapišemo;
- lahko si, če smo spretni risarji, skiciramo lego objekta na nebu;
- zabeležimo si tudi, če slučajno zapazimo kakšen utrinek (meteor);
- zabeležimo si npr. *na jugovzhodu je ozvezdje Oriona vzšlo ob 3^{15}*;
- zabeležimo si tudi, če kdo iz skupine poda kakšen komentar.



ANALIZA OPAZOVANJA

Če želimo imeti kaj od opazovanja, potem je dobro po opazovanju pregledati komentarje, jih primerjati s podatki iz literature in si zabeležiti pomembnejše ugotovitve. Pri analizi opazovanja si pomagamo z različno literaturo! Lahko s pomočjo komentarjev napišemo daljši zapis itd. Tako postajamo preciznejši pri opazovanju. Zapis, kdaj je kakšno ozvezdje vzšlo ali zašlo ali pa je v zenitu na določenem kraju, nam pove veliko o opazovališču.

Menim, da na tak način izredno napredujemo v opazovanju in se navajamo na zaznavanje podrobnosti. Postajamo natančnejši! Res pa je, da tako opazovanje zahteva veliko dobre volje in potrpežljivosti, da izpolnimo vse rubrike.

Iz koncepta, ki je nastal na terenu (gl. primer zapisa zgoraj), lahko po obdelavi in pregledu komentarjev opazovanja nastane daljši in poglobljen zapis (gl. primere [*] , [**], [***]).

[*] Opazovanje na Mali Planini 18./19. avgusta 2012

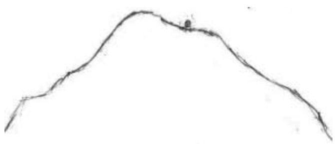
Ko smo se naužili planetarke M 57 (α = 80^0) ob dobrem seeingu (8), sem se odpravil v Strelca, a slutil sem, da bom imel težave, saj je tam precej nagajalo svetlobno onesnaženje. In bojazen se je uresničila … M 17 (13° = 30^0) je bila še kar solidna za opazovanje, saj sem lepo opazil svetlo podolgovato pego v obliki kita. Pri M 8 in M 20 pa je moj kanon pokazal vse skupaj bolj medlo. Zato sem zapustil Strelca z mislijo »Pa kdaj drugič,« in ob 22^{25} prispel v ozvezdje Velikega medveda, kjer sem v okular Celestron Axiom 2˝ 40 mm ulovil galaksiji M 82 in M 81 (13° = 32^0), ki sta lepo žareli. Ustavil sem se in razmišljal, kako globoko zrem v vesolje. V priročniku piše, da sem gledal 12 milijonov let v preteklost – kje je to? In še: po vesoljnem prostranstvu M 82 potuje s hitrostjo 322 km/s = 19 320 km/min = 1 159 200 km/h. Razmišljal sem naprej: če bi sedaj potoval s to hitrostjo (mislim na avto), bi bil v eni sekundi z Male planine v Piranu in nazaj. Nato smo se vsak s svojim teleskopom odpeljali v M 11 (13° = 38^0) v Ščitu. In izza teleskopov se je slišalo: »Super!« in »Odlično!« Prav res je bila na nebu ena najlepših razsutih kopic. Ob 22^{50} je teleskope napadla vlaga, a preizkušeni opazovalni mački smo nadlego z znanimi ukrepi odpravili v pičle pol ure.

[**]Primer skice M17 v Strelcu (13° = 33^0), Mangart, 8.julija 2010

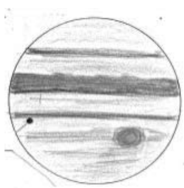
V okularju (Teleskop Celestron Nexstar 11, Celestron Axiom-2‟ 40 mm) je podolgovat svetel oblak, ki me spominja na kita v smeri jugovzhod–severozahod. Glavo ima na severozahodu, nad njo je manjši izrastek (oblaček) v smeri jug–sever.

[***] Primer opazovanja Jupitra, Mangart, 8. julija 2010

Na vzhodu nad mogočnim masivom Mangarta ob 3^{30} (opomba: poletni čas) zažari svetli Jupiter ($-2{,}5^{m}$), ki je 40^{0} nad obzorjem in ki je ta dan od Sonca oddaljen 4,63 a.e. ali približno 695 milijonov km, od Zemlje pa 545 milijonov km. Torej gledam približno 30 min v preteklost. Najprej ga opazujem z okularjem Celestron Ultima LX 22 mm, 70^{0}.



Skica vzhajajočega Jupitra izza Mangarta ob 3^{30}.



Slika je ostra in jasno se vidijo pasovi, seeing je 8/9, opazovanje nadaljujem z okularjem Axiom LX 10 mm. Slika je jasna in ostra, pasovi se pokažejo v vsem svojem sijaju. Lepo opazim senco satelita Io, kako potuje po Jupitrovi ploskvi. Prizor si narišem. Ob 4^{30} opazim Jupitrovo pego. Presenečen sem, ker se je že zdanilo in jo lahko opazujem, zato sklenem, da bom opazoval Jupiter toliko časa, da bo izginil v okularju teleskopa. Pega je rumenkasto oranžne barve, opazim tudi, da je vrtinčasta. Ob 4^{55} senca Io zapusti planet, Jupiter je 47^{0} nad obzorjem.

ANALIZA

Bistveno je vprašanje: Ali vse to uspe v razredu?

Hiter odgovor je: ne. Opazovanje globokega vesolja v taki obliki, kot je opisana zgoraj, lahko izpeljemo z učenci (dijaki), ki so »zagreti« za astronomijo. Težko jih je pripraviti, da bi sistematično opazovali in si vzeli čas za opazovanje. Dodaten problem nastane, kadar je učencev več in imamo le dva ali tri teleskope, kar pomeni, da morajo nekateri čakati. Velikokrat se dijaki pritožujejo: »V tem času, ko je fotografija tako razvita, naj bi risali in si zapisovali.« Meni uspe, da si dijaki zapišejo opazovanje in ga nato skupaj analiziramo le tedaj, ko grem na teren s prgiščem dijakov (7 do 10 dijakov). Moram biti zelo vztrajen in potrpežljiv – pa še tedaj uspeh ni 100 %, kvečjemu dosežemo 45 %–55 %. Zavedam se tudi, da so nekateri pač dobri »vizualci«, drugi pa so bolj za meritve in teoretično astronomijo. Opažam, da je dijake težko motivirati, da bi se strenirali in da bi šli na M ali M+M maraton – gre za Messierjev maraton, ki je tekmovanje, kjer morajo tekmovalci brez go-to montaže na teleskopu najti čim več objektov na nebu v eni noči, pri čemer so objekti vnaprej določeni.

Moja izkušnja je, da niso bili navdušeni, da bi šli samo kot opazovalci na maraton. Izrazili so željo, da gremo sami nekam na teren. Prišel sem do spoznanja, da nekateri šele kasneje spoznajo vrednost zapisovanja opazovanja – to se lepo dokazuje v besedah dijaka Frana Krivica, bivšega dijaka (maturant 2011/12) gimnazije Vič:

»Ko sem začenjal opazovati s svojim teleskopom, sem imel že precej izkušenj s predhodnimi skupnimi opazovanji (in veliko koristnih nasvetov od prof. Borisa Khama). Tako, da si tudi sam pred opazovanjem naredim načrt, kaj bom opazoval. Objekte iščem sam, brez pomoči GOTO montaže. Pri iskanju uporabljam okular z manjšo povečavo in večjim zornim poljem, ko pa objekt lociram, povečavo zamenjam. Včasih si zapisujem med opazovanjem ali pa takoj po njem. Napišem si, kako sem našel kak težavnejši objekt, da bom naslednjič našel hitreje. Razni zapiski so mi tako izredno pomagali na Messierjevem plus maratonu, kjer je potrebno poiskati čim več objektov in samo opazovanje niti ni pomembno. Posebno doživetje je opazovati sam ali pa v manjši skupini. Nekaj povsem drugega pa je opazovanje z veliko gosti. Bil sem že na več takih dogodkih in jih podpiram, saj je to najboljši način, da ljudje spoznajo astronomijo in teleskope, ki jih morda želijo kupiti. Je pa tudi veliko majhnih opazovanj, ko se astronomski navdušenci na forumu astronom.si dogovorimo in gremo na kakšno temno lokacijo in tam skupaj opazujemo do jutra.«

Naj spregovori o svojih občutkih še sedanji dijak:

»Za astronomijo sem se zanimal že v osnovni šoli, a ker nismo imeli primerne opreme, na šoli krožek astronomije ni potekal. Na astronomijo sem malce pozabil, ko pa sem prišel na Gimnazijo Jožeta Plečnika, sem opazil, da tukaj poteka krožek astronomije. Z veseljem sem se prijavil in začel hoditi na krožek. Najljubša stvar pri krožku so mi zagotovo opazovanja, ki jih imamo večkrat letno. Seveda pa je število opazovanj odvisno od vremena, ki nam jo kdaj tudi prav neprijetno zagode. Najboljši del opazovanja je gotovo opazovanje raznih galaksij, meglic in zvezdnih kopic, saj se šele takrat zaveš, kako veliko je v resnici vesolje ter da pravzaprav vse gledamo v preteklost. Tudi sam imam teleskop in z njim tudi kar pogosto opazujem, a opazovanje s šolskim teleskopom, ki je veliko večji, je še prav posebno doživetje.« (Gal Gračanin, 3.a)

Kaj pa, ko imamo na neko opazovanje prijavljenih več učencev (cel razred)? V tem primeru moramo opazovalni list prirediti glede na okoliščine, saj je zgornji zelo podroben in ni primeren za veliko skupino, ki ji pokažemo globoko vesolje informativno. Pri taki skupini tudi izberemo nezahtevne objekte, npr. M 13, M 17, M 20, M 92, M 82, M 57 ali M 27. Moja izkušnja je, da je priprava na opazovanje pomembna tudi za večjo skupino, in na koncu tudi analiza. Vem pa, da je tudi večjo skupino težko motivirati, ko čaka na opazovanje. Zato morajo imeti med čakanjem zaposlitev.

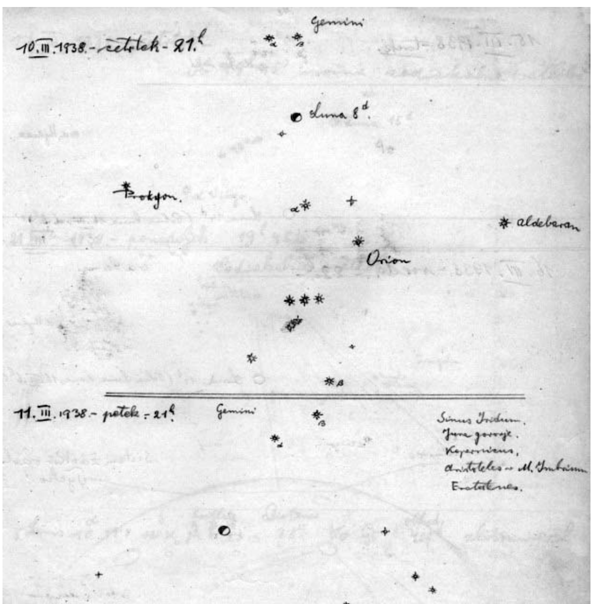
Komentar opazovalnega lista [+]

Če v opazovalnem listu izpolnimo vse rubrike, dosežemo:

- da se bo opazovanje bolj vtisnilo v spomin;
- da, ko si zapišemo vremenske pogoje, spoznamo, da na kvaliteto opazovanja vplivajo že majhne spremembe;
- ob zapisu ocene opazovalnega mesta (Bortle Dark-Sky Scale) spoznamo, kako na opazovanje vpliva izbira kraja opazovanja in kaj pomeni svetlobno onesnaženje;
- pri merjenju s Sky Quality Meter spoznamo kvaliteto neba na lokaciji in tako lahko sklepamo na svetlobno onesnaženje, merjenje kvalitete neba opravimo večkrat med opazovanjem;
- z oceno seeinga ugotovimo, kako kvalitetna je slika v okularju;
- z merjenjem višine objekta nad obzorjem (kot α) ugotavljamo, kje je objekt in kako to vpliva na kvaliteto opazovanja.

Tak podroben zapis opazovanja nas oblikuje v vedno boljšega opazovalca, ki bo zaznal podrobnosti na opazovanem objektu. Ob prebiranju opazovalnih zapisov bomo spoznali, na kaj moramo biti pozorni na naslednjem opazovanju, in ugotovili, katere lokacije so dobre za opazovanje. Opazovalni list, ki ga zgoraj predlagam [+], je zahteven in podroben, predvideva discipliniranega opazovalca. Vsak si ga bo po svoje prilagodil.

In na koncu …



Primer skice neba prof. Pavla Kunaverja

Prepričan sem, da se je vredno potruditi in poskušati učence popeljati pod zvezdnato nebo, saj tako spoznavajo svojo daljno okolico. To mi dokazuje tudi Pavel Kunaver (*19. decembra 1889, Ljubljana, †19. aprila 1988), ki je vzornik vizualnih amaterskih astronomov in začetnik slovenske amaterske astronomije. To je primer, kako si lahko zabeležimo trenutno sliko na opazovališču. Skica je nastala 10. III. 1938, četrtek, ob 21^h. Dan pozneje je spet opazoval ob isti uri. Luna se je nekoliko odebelila in ni več na istem mestu. (Morda bralci s programom Stellarium preverijo, če je bila tega dne Luna res tam, kot jo je narisal profesor Kunaver.) S to skico pa želim hkrati opozoriti na to, da si moramo za dobro opazovanje vzeti čas in da mi je njegov pristop k opazovanju vzor, h kateremu težim.

LITERATURA

[1] Pasachoff, J. M. in Percy, J. R. (ur.). (1992). *The Teaching of Astronomy*. Cambridge: University Press.

[2] Bojan Kambič (2007), *Raziskujmo ozvezdja z daljnogledom 10x50,* Cambio

[3] George Robert Kepple , Glen W. Sanner (2002) *The Night Sky Observers Guide , Vol. 1&2*, Willmann – Bell

[4] Patrick Moore (Ed.) (1995), *The Obsevational Amateur Astronomer, Practical Astronomy,* Springer

[5] Michael R. Porcellino (1989), *Through The Telescope, A Guide for the Amateur Astronomer, Tab Books*

[6] Seeds, M. A. in Backman, D. E. (2011). *Foundations of Astronomy*. Boston: Brooks/Cole, Cengage Learning.

[7] Avsec, F. in Prosén, M. (1989). *Astronomija*. Ljubljana: Društvo matematikov, fizikov in astronomov SRS.

DODATEK [1]

Bortle Dark-Sky Scal, povzeto [2]

Razred 1: Izjemno temna lokacija: [MS 7,6 - 8,0]

Zodiakalna svetloba, gegenschein in zodiakalni pas so vsi vidni, zodiakalna svetloba je izjemno svetla, zodiakalni pas pa se razteza čez celotno nebo. S prostim očesom je M33 očitna tudi z neposrednim gledanjem. Predel Rimske ceste v Škorpijonu in Strelcu meče jasne sence. Mejni sij zvezd s prostim očesom je med 7,6 in 8,0; Venera ali Jupiter pa motita prilagoditev na temo. Svetlikanje nočnega neba je jasno vidno do 15 stopinj nad obzorjem. V 32-cm teleskopu vidimo zvezde do 17,5 magnitude, v 50-cm teleskopu pa do 19. magnitude. Če opazujete na travniku, obrobljenem z drevesi, sta vaš teleskop in avto skoraj povsem nevidna.

Razred 2: Običajna temna lokacija: [MS 7,1 - 7,5]

Svetlikanje neba utegne biti vidno tik nad obzorjem. M33 je lepo vidna tudi z neposrednim gledanjem. Poletna Rimska cesta s prostim očesom kaže zapleteno strukturo, najsvetlejši deli pa skozi binokular spominjajo na bel marmor. Zodiakalna svetloba je dovolj svetla, da tik pred zoro in po mraku meče šibke sence, njena barva pa je rumenkasta v primerjavi z modrobelo barvo Rimske ceste. Oblaki so vidni le kot temne luknje na zvezdnem ozadju. Vašo okolico in teleskop lahko vidite le nejasno, razen kjer se vidijo na ozadju zvezdnega neba. Mnogi Messnerjevi objekti so jasno vidni s prostim očesom. Mejni sij zvezd s prostim očesom je 7,1 do 7,5, v 32-cm teleskopu pa vidimo zvezde do 16. ali 17. magnitude.

Razred 3: Podeželsko nebo: [MS 6,6 - 7,0]

Nizko nad obzorjem so vidne sledi svetlobnega onesnaženja. Oblaki so šibko osvetljeni blizu obzorja, a temni v zenitu. Rimska cesta je še vedno strukturirana, kroglaste kopice, kot so M3, M5, M15 in M22, so jasno vidne s prostim očesom. M33 je lahko opazen objekt s posrednim gledanjem. Zodiakalna svetloba je izrazita pomladi in jeseni, ko se pred zoro in po mraku razteza 60 stopinj visoko. Mejni sij zvezd s prostim očesom je med 6,6 in 7,0, v 32-cm teleskopu pa bo dosegel 16. magnitudo.

Razred 4: Prehod med podeželskim in primestnim nebom [MS 6,1 - 6,5]:

Svetlobne kupole so očitne nad vasmi in mesti v več smereh. Zodiakalna svetloba je vidna, a se ne razteza niti do pol poti do zenita. Rimska cesta je visoko nad obzorjem še vedno vpadljiva, a je izgubila večino svoje strukture. M33 s posrednim gledanjem težko opazimo, pa še to le na višinah nad 50 stopinj. Oblaki v smereh umetnih svetlobnih virov so rahlo osvetljeni, a temni v zenitu. Mejni sij zvezd s prostim očesom je med 6,1 in 6,5, v 32-cm teleskopu pa vidimo zvezde do 15,5 magnitude.

Razred 5: Primestno nebo [MS 5,6 - 6,0]:

Ob najboljših pomladnih in jesenskih nočeh so vidne le sledi zodiakalne svetlobe. Rimska cesta je zelo šibka ali nevidna na obzorju in neizrazita v zenitu. Svetlobni viri so vidni v večini smeri. Na večjem delu neba so oblaki vidno svetlejši od ozadja. Mejni sij zvezd s prostim očesom je med 5,6 in 6,0, v 32-cm teleskopu pa še vidimo zvezde 14,5 ali 15. magnitude.

Razred 6: Svetlo primestno nebo [MS ~5,5]:

Tudi ob najboljših nočeh je zodiakalna svetloba povsem nevidna. Sledi Rimske ceste so vidne le v zenitu. Nebo do 35 stopinj nad obzorjem je sivkasto. Oblaki so svetli po celem nebu. M33 je vidna le z daljnogledom, M31 pa je s prostim očesom vidna le s težavo. Mejni sij zvezd s prostim očesom je približno 5,5, v 32-cm teleskopu pri srednji povečavi pa vidimo zvezde do 14. ali 14,5 magnitude.

Razred 7: Prehod med primestnim/mestnim nebom [MS ~5,0]:

Celotno nebo ima sivkast odtenek. Močni viri umetne svetlobe so vidni v vseh smereh. Rimska cesta je skoraj povsem ali povsem nevidna. M44 in M31 sta na meji vidljivosti s prostim očesom, s srednje velikim teleskopom pa so svetli Messnerjevi objekti le bled odsev svoje resnične podobe. Mejni sij zvezd je 5,0 (s težavo), v 32-cm teleskopu pa komaj še vidimo zvezde 14. magnitude.

Razred 8: Mestno nebo [MS ~4,5]:

Nebo se sveti sivkasto ali oranžno in je dovolj svetlo, da lahko beremo naslove v časopisih. M31 in M44 celo izkušeni opazovalci ob najboljših nočeh komaj zaznajo. S srednje velikim teleskopom so vidni svetli Messnerjevi objekti. Nekaterih ozvezdij ni mogoče prepoznati. V najboljšem primeru je mejni sij zvezd okoli 4,5, v 32-cm teleskopu pa vidimo zvezde do 13. magnitude.

Razred 9: Nebo v središču mesta [MS <4,0]:

Celo nebo je razsvetljeno, tudi v zenitu. Mnoga ozvezdja so neprepoznavna, nekatera, kot sta Rak in Ribi, pa so nevidna. Razen morda Plejad so nevidni vsi Messnerjevi objekti. Edini objekti, ki se jih splača opazovati s teleskopom, so Luna, planeti in najsvetlejše zvezdne kopice (če jih najdete). Mejni sij zvezd s prostim očesom je 4,0 ali manj.

DODATEK [2]

Nekaj zanimivih lokacij za opazovanje globokega vesolja, kjer sem že opazoval z dijaki ali sam. Oznake: ZD – zelo dobra, D – dobra, S – solidna, P – primerna. Te ocene so seveda subjektivne in odvisne od vremena.

Mangartsko sedlo (ZD), Planina Kisovec (ZD), Mala Planina (ZD), Peč – Tromeja (ZD), Vršič (ZD), Pokljuka (ZD), Krim (D), Kurešček (D), Vremščica (D), Vogel (D), Travna gora (D), Katarina nad Ljubljano (S), Prežganje (S), Planica (P).

DODATEK [3]

Primera za merjenje višine nebesnega objekta (kot α, pod katerim vidimo nebesno nebo iz našega opazovališča)

a) Kotni merilec (http://sl.tm-kovine.si/izdelki/reklamni-izdelki/hkm-kotni-merilec)

b) Kotomer (za to lahko priredimo geotrikotnik)

PALICA, SVETILO IN SENCE

Nada Razpet

Pedagoška fakulteta, Koper

Povzetek *— Senca je gotovo eden izmed pojavov, s katerim se srečujemo vsak dan. V razredu lahko pripravimo celo vrsto poskusov. Potrebujemo le palico, svetilko, zid in zatemnjen prostor. S spreminjanjem lege palice ali svetilke lahko poiščemo (matematično) povezavo med lego palice in velikostjo sence*.

Abstract *— Shadows are one example of phenomena that we experience in everyday life. We can prepare several experiments in the classroom. We only need a stick, a light source, a dark room and a wall. Varying the position of the stick (or the light source), we find a (mathematical) relation between the stick's position and the length of the shadow on the wall.*

UVOD

Matematika in fizika sta medsebojno povezani. Fizik potrebuje matematiko kot orodje pri opisovanju in raziskovanju naravnih pojavov. Z enačbami zapisuje povezave med količinami. Nekatere od količin lahko tudi izmeri in na podlagi meritev izpelje relacije med njimi. Učenci in dijaki navadno ne vidijo povezav med matematičnim zapisom in dogajanjem v naravi ali med poskusi. Z opazovanjem senc (včasih tudi svetlih lis) na stenah in tleh pa lahko take povezave hitro najdemo. Tokrat se bomo posvetili opazovanju senc, ki jih mečejo palice na steno ali tla ob umetni svetlobi.

ZAČNIMO!

Naloge bomo, če se le da, zastavili raziskovalno. Pomeni, da učencem in dijakom ne bomo dali natančnih navodil, kaj naj delajo, ampak jih bomo spraševali, kaj vse lahko z danimi predmeti opazujejo, spreminjajo in kaj se zgodi, če nekaj spremenijo. Opozorimo jih, da naj izbrano količino spreminjajo načrtno, v našem primeru recimo razdaljo vsakič za 5 cm. Od učencev vedno zahtevamo, da zapišejo, katere pripomočke so uporabili, skicirajo postavitev poskusa, zapišejo meritve v tabelo in narišejo ustrezne grafe. Na koncu pa je vedno potrebno zapisati še ugotovitev. Pri tem smo pozorni na to, da učenci rezultatov meritev ne prilagajajo svojim pričakovanjem. Če so meritve zares slabe ali nepričakovane, potem jih je potrebno ponoviti in ugotoviti, zakaj se je to zgodilo. Na začetku je dovolj, če povezavo med spremenljivkama (neodvisno in odvisno) zapišemo v obliki ČIM … TEM … Pri risanju grafov in iskanju matematičnega zapisa (učenci bi rekli enačbe) si lahko pomagajo z enim od računalniških programov. Mi bomo uporabljali GeoGebro.

OSVETLJENOST

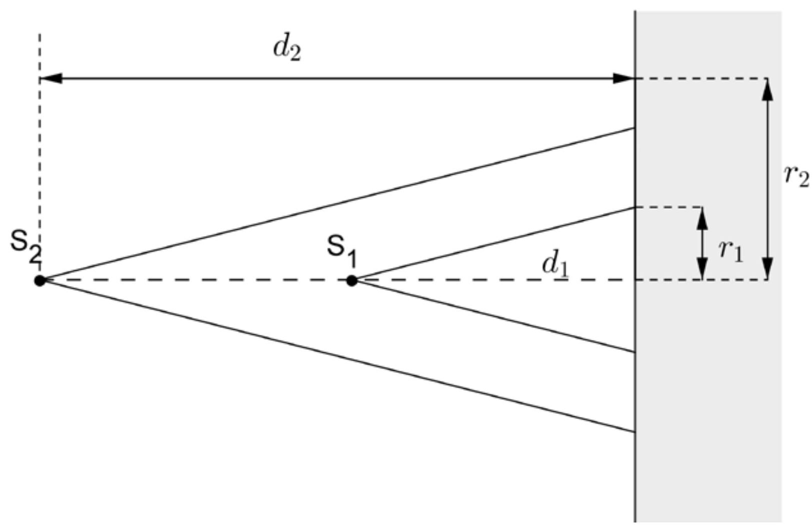
V zatemnjeni sobi se učenci postavijo ob steno in usmerijo baterijsko svetilko (v nadaljevanju svetilko) proti steni. Na zidu opazijo svetel krog (ali elipso). Kdaj opazijo krog in kdaj elipso? Če je os svetilke pravokotna na steno, potem je na steni svetel krog, če pa svetilko držimo postrani, dobimo elipso. Učenci lahko merijo, kako se oblika svetlega dela spreminja v odvisnosti od nagnjenosti svetilke. Pri krogu merijo premer, pri elipsi pa veliko os. O elipsi se učenci pri matematiki sicer še niso učili, nič pa ne bo narobe, če jim povemo, katera os je velika in katera mala. Česa drugega pa za to nalogo ne potrebujejo.

Z luksmetri lahko merimo tudi osvetljenost svetlega kroga (elipse). Pri tem lahko nalogo razdelimo na dva dela. Eni merijo, kako se osvetljenost spreminja od sredine proti robu, drugi pa, kako se osvetljenost določenega predela spreminja v odvisnosti od razdalje svetila do stene. Po končanih merjenjih narišejo še skico poskusa, konstruirajo graf in ugotovijo povezavo med količinama. Na koncu jim lahko zastavimo še vprašanje tako, da bodo odgovor našli iz zapisane zveze ali pa z grafa, nato pa naj pravilnost odgovora, če je le mogoče, preverijo še z meritvijo.

Primer:

Učenci so izmerili, da svetilka, ki je od stene oddaljena za 45 cm, meče na steno svetel krog s premerom 22 cm (ta podatek naj učenci pridobijo iz svojih meritev). Kolikšen je premer svetlega kroga, če je ta svetilka na razdalji 90 cm (70 cm) od stene? Učenci naj pred poskusom povedo, kolikšen bo premer, večji ali manjši.

Narišimo skico.



Slika 1: Svetilo na dveh razdaljah d_1 in d_2. Polmera svetlih krogov sta r_1 in r_2.

Iz podobnih trikotnikov (ali iz izmerkov) hitro ugotovimo, da velja:

$$r_1 : d_1 = r_2 : d_2$$

Če označimo osvetljenost z E, pa z merjenji (v okviru merilne natančnosti) ugotovimo, da velja:

$$E_1 : E_2 = d_2^2 : d_1^2$$

RAZISKUJEMO SENCO NA NAVPIČNI STENI

Zanima nas, kako je velikost (višina ali širina) sence odvisna od lege predmeta. Predmet, ki meče senco, naj bo palica z dolžino (višino) v. Oznaka sicer spominja na hitrost, ampak dobro je, da se učenci navadijo tudi na drugačen pomen, saj v matematiki višine označujemo z v. Najprej določimo spremenljivke. Premikamo predmet, spreminjamo torej razdaljo predmeta od svetila (lahko bi merili tudi razdaljo predmeta do stene). To razdaljo označimo z x, da nas bo spominjala na matematiko. Merili bomo višino sence, to pa označimo z y.

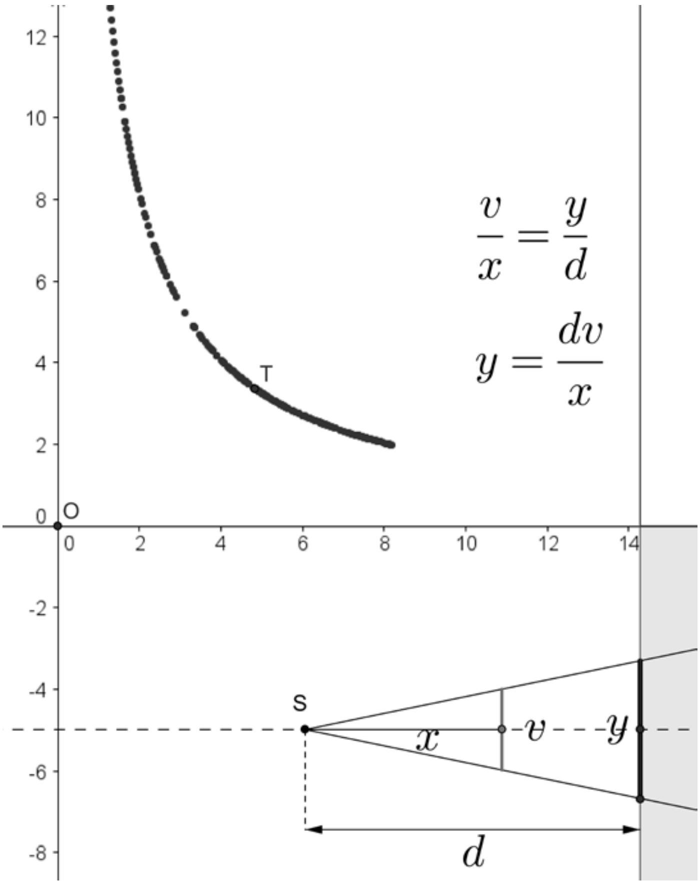
Najprej premikajmo predmet po premici, ki gre skozi svetilo in je pravokotna na steno in je tudi simetrala predmeta (glej sliko 2). Spreminjamo razdaljo predmeta, torej je to **neodvisna spremenljivka**. Posledica tega premika je spreminjanje velikosti sence, torej je velikost sence **odvisna spremenljivka**. Ves čas pa je svetilka na isti razdalji od stene. Torej je ta **razdalja konstanta.**

Pomudimo se še malo pri spremenljivkah. Pri funkcijah govorimo o definicijskem območju in zalogi vrednosti. Kaj je v našem primeru definicijsko območje? To so vse vrednosti, ki jih lahko zavzame x, to pa je v našem primeru interval $0 < x < d$, saj lahko palico premikamo od zidu ($x = d$) do svetila ($x = 0$). Kaj pa zaloga vrednosti? To pa bodo vse možne dolžine senc, ki jih pri takem premikanju meče palica na steno. Pri fiziki je dobro, da včasih označujemo količine tako, kot to delamo pri matematiki, seveda pa je potrebno tudi pri matematiki količine zapisovati *po fizikalno*.

Učenci najprej izvedejo meritve, zapišejo rezultate v tabelo in narišejo graf. Mi bomo meritve izpustili in narisali skico, potem pa še graf.

S poskusi smo ugotovili, da se dolžina sence z oddaljenostjo od svetila manjša. Ali lahko to razberemo iz enačbe? Seveda, opazimo, da je razdalja predmeta od svetila v imenovalcu ulomka na desni strani enačbe (zapisane na sliki 2). Vrednost ulomka se manjša, če večamo vrednost imenovalca. Količini v števcu sta konstantni, saj je višina predmeta *v* konstantna, prav tako nismo spreminjali razdalje svetila od stene.

Označimo produkt višine palice in razdalje svetila od stene drugače: $dv = c$. Potem lahko izraz za velikost sence *y* zapišemo kot: $y = c/x$. Ker je *c* konstanta, bodo tisti, ki se spoznajo na stožnice, hitro ugotovili, da smo narisali del hiperbole. Tega učencem ni treba vedeti. Graf nariše program. Na os x nanesemo razdaljo palice od svetila, na os y velikost sence, nato pa s premikom točke $T(x,y)$, za katero smo označili, da naj riše sled, dobimo narisano krivuljo. Srednješolci lahko najdejo še temeni in asimptoti hiperbole.



Slika 2: Skica poskusa in grafični prikaz odvisnosti velikosti sence od razdalje predmeta do svetila.

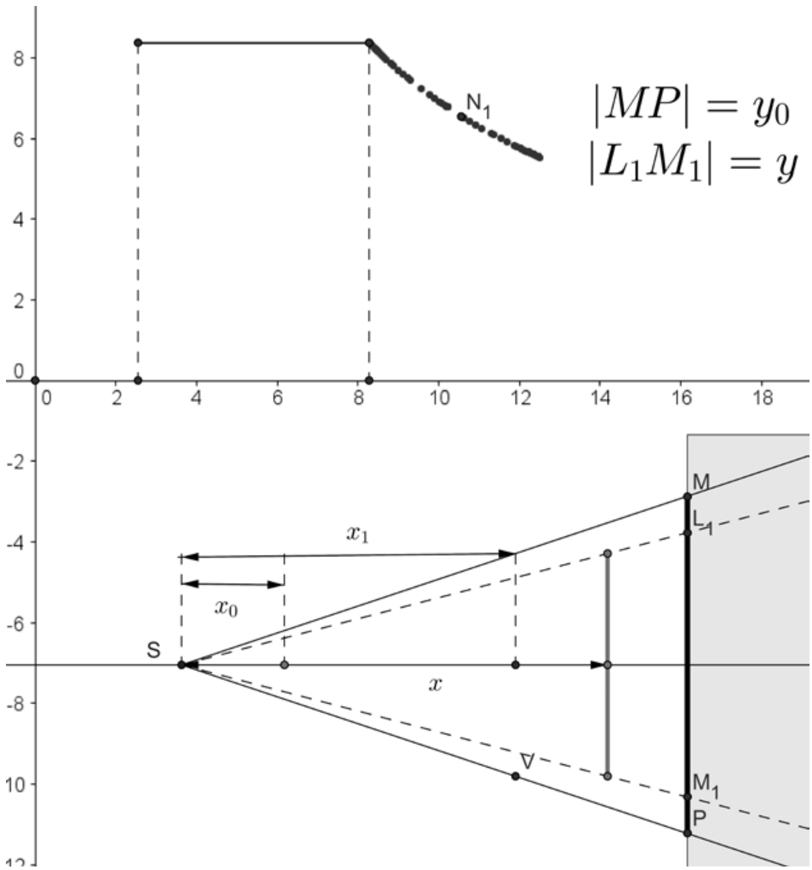
Za vajo lahko učenci še pogledajo, kaj bi se zgodilo, če bi postavili isto palico vodoravno in jo potem premikali na ravnini, ki je pravokotna na steno in leži seveda v isti ravnini, kot je svetilo. Hitro bi opazili, da se ne bi nič spremenilo. Še vedno bi dobili pri enakih razdaljah predmeta od svetila enako velike sence.

Morda še opomba: pogled matematika na funkcijo $y = c/x$ pravi: čim večji je x, tem manjši je y. Pomeni, čim bolj se oddaljujemo od svetila, tem manjša je senca. Fizik pa pravi: to je res, ampak čim večja je razdalja svetila od stene, tem slabše je osvetljena stena, tem bolj temna je stena, zato se senca slabo loči od ozadja. Dalj od svetila kot do stene s palico ne moremo. Torej je najmanjša senca enaka dolžini palice. Če pa je palica preblizu svetila, nam lahko svetilo zakrije in potem tudi ne vidimo sence.

POGLED V REALNI SVET

Poglejmo, kaj se zgodi, če je palica velika. Kaj to pomeni, si ponazorimo s sliko. Vzemimo, da je svetilo majhno. Iz svetilke izhaja svetloba le v določenih smereh. Žarki, ki izhajajo iz svetilke, tvorijo stožec, ki ima vrh v žarnici, kot ob vrhu naj bo 2ϕ. Lahko se zgodi, da je višina sence nekaj časa konstantna, šele nato se z oddaljenostjo od svetila manjša. Poglejmo primer:

Senca palice je za $x_0 < x < x_1$ enaka y_0, potem se začne manjšati. Pri tem smo upoštevali, da palica ne sme biti blizu svetila, saj v tem primeru zakrijemo večino svetlobe, ki jo oddaja svetilka.



Slika 3: Snop svetlobe je omejen (na sliki polna črna črta). Senca je nekaj časa enako dolga (y_0), potem se krajša (y). Palica je označena z rdečo barvo.

Koordinatnih osi na grafih nismo označevali, to naj naredijo učenci.

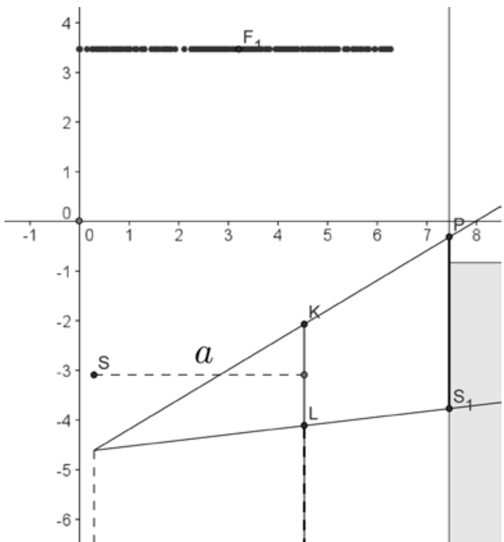
Tako kot prej smo graf narisali s premikanjem oddaljenosti palice od sence s programom GeoGebra.

PREDMET PREMIKAMO PO NAVPIČNICI

Oglejmo si še, kaj se zgodi, če palico premikamo po navpičnici (vzporedno s steno), svetilka pa je še vedno na razdalji d od stene. Zopet učenci najprej naredijo poskus. Najbolje je, da vzamemo daljši tulec (papirnati valj od gospodinjske folije) in skozenj potegnemo vrvico. Vrvico napnemo tako, da je pravokotna na tla (vzporedna s steno).

Naj bo palica na navpičnici v razdalji a od svetilke, v višina palice, zaslon (zid) pa na razdalji d od svetila. Učenci bodo nalogo rešili z merjenjem, mi pa rešimo nalogo grafično. Privzeli bomo, da ima svetilka dovolj *širok snop žarkov*. Odločili smo se, od kod bomo merili razdaljo spodnjega robu (na sliki smo ga označili s črko p). Graf (narisan z modro) smo zopet dobili tako, da smo na os x nanesli razdaljo p, na os *y* pa velikost sence. Graf je premica, vzporedna z osjo x, kar pomeni, da je velikost sence konstantna. Dokaz je preprost. Vse, kar moramo vedeti, so podobni trikotniki. En trikotnik ima eno oglišče v svetilu, drugi dve pa v krajiščih palice. Osnovnica trikotnika je kar dolžina palice, višina pa razdalja palice od svetila (merjena seveda po pravokotnici), ki pa je ves čas enaka, ne glede na to, kje je palica. Drugi trikotnik pa ima eno oglišče ravno tako v svetilu, drugi dve pa na krajiščih sence. Tudi tu imajo vsi trikotniki enake višine (razdalja svetila od zidu). Trikotnik s palico in trikotnik z ustrezno senco sta si podobna, to pa pomeni, da je razmerje med osnovnico in višino konstantno. Ker so višine pri trikotnikih s senco konstantne, mora biti konstantna tudi osnovnica. Matematično spretnejši učenci lahko namesto besed uporabijo matematične oznake.

Tako kot prej lahko palico premikamo v vodoravni ravnini vzporedno s steno. Zopet ugotovimo, da je dolžina sence konstantna.

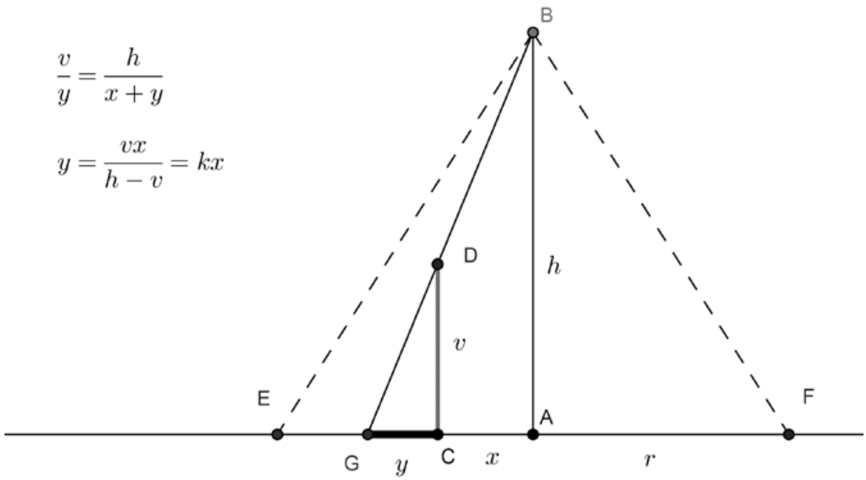


Slika 4: Senca palice, ki jo premikamo vzporedno z zidom (po navpičnici).

STOJIMO POD LUČJO

Naj bo svetilka 4 m (h) nad tlemi. Na tleh je viden svetel krog s premerom 4 m ($2r$). Kje mora stati otrok, visok 1 m (v), da bo senca (y) najdaljša (najkrajša)?

Nalogo lahko seveda zastavimo tako, da imamo debelejši valj postavljen na mizi, svetilko pa nad mizo. Učenci najprej naredijo meritve, mi pa bomo zadeve pregledali z grafom.

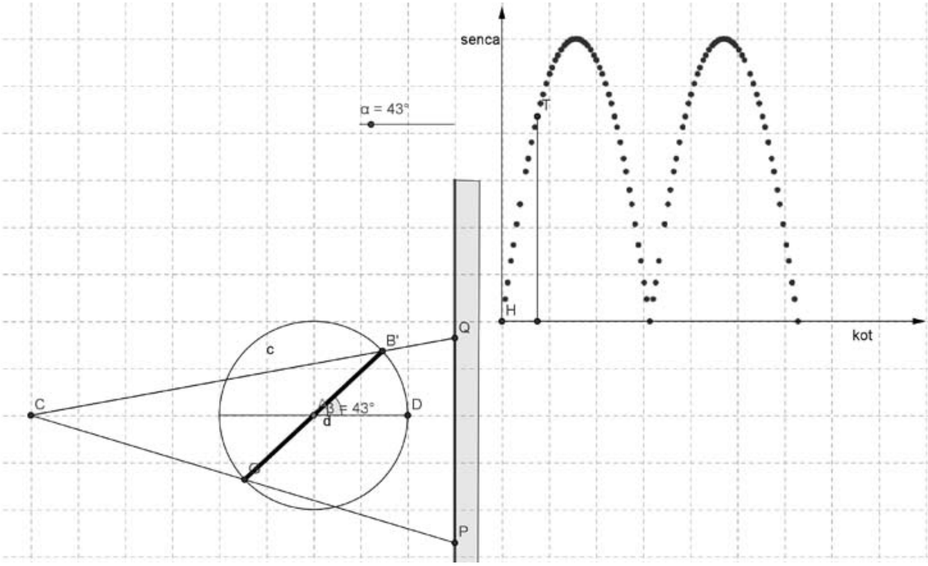


Iz zapisanih enačb na sliki bi lahko rekli, da je senca tem daljša, čim dalj smo od svetilke. Hm, ampak svetlobni snop je omejen. To pa pomeni, da lahko konec sence glave seže najdalj le do razdalje r. Torej je senca najdaljša, ko je $x + y = r$, to pa pomeni, da je najdaljša senca dolga $y = vr/h$. Najkrajša senca pa je takrat, ko stojimo pod lučjo.

VRTIMO PALICO

Za konec pa si oglejmo še, kaj se dogaja s senco palice, ki jo vrtimo okrog fiksne točke v vodoravni ravnini. Učenci naredijo poskus. Palico na sredini vrtljivo pripnemo na mizico, ki je manjša, kot so dimenzije palice, zato da bomo na zidu lahko določili dolžino sence. Sliko bomo risali v tlorisu (iz ptičje perspektive). Račun je za osnovnošolce prezapleten.

Pri merjenjih moramo biti pazljivi. Učenci predvidevajo, da je senca glede na središče palice simetrična, kar pa **NE drži**, to vidimo že iz slike. Če bodo torej učenci merili le del sence (od sredine palice do enega konca), ne bodo prišli do pravilnega rezultata. To je torej ena od nalog, pri kateri hitro opazimo, na kaj so učenci pozorni.



Slika 5: Vrtimo palico. Senca je najdaljša, ko je palica vzporedna s steno, in najkrajša, ko je nanjo pravokotna.

ZAKLJUČEK

Ugotovili smo, da lahko senco preučujemo na različne načine. Osnova naj bodo poskusi, pri katerih učence navajamo na raziskovalno delo, to pa pomeni, da se zavedajo, kaj lahko spreminjajo in kako, kaj je posledica tega spreminjanja in kaj mora biti pri tem ves čas enako. Rezultate meritev naj sproti zapisujejo v tabelo. Grafe lahko rišemo z računalnikom. Zaključek, pri katerem učenci zapišejo ugotovitve in omejitve, kdaj stvari veljajo, so nujen del vsake raziskave. Bolje je, da naredimo manj poskusov, pa tiste zares do konca, z vsemi utemeljitvami.

Še nismo obdelali vseh primerov. Še veliko jih je, Recimo sence z dvema svetiloma, sence, ki se prekrivajo itd. Pa o tem kdaj drugič.

NARAVOSLOVNI DAN S FIZIKALNIMI VSEBINAMI V SEDMEM RAZREDU OSNOVNE ŠOLE

Boštjan Ketiš

Osnovna šola bratov Letonja, Šmartno ob Paki

Povzetek *— Eksperimentalno delo pri pouku fizike je pomembno. Ker učenci niso bili dovolj spretni pri eksperimentalnem delu, sem uvedel naravoslovni dan s fizikalnimi eksperimenti. Učenci se seznanijo s prvimi koraki k spoznavanju vseh sestavin skupinskega dela in tudi sami izvedejo različne poskuse.*

Abstract *— Experimental work in physics is important. Since students were not sufficiently effective in experimental work, I introduced a science day with physical experiments. During this day, students took the first steps in all parts of group work and tried various different experiments.*

UVOD

Pri eksperimentalnem delu z osmošolci sem ugotovil, da so učenci zelo nepripravljeni na skupinsko eksperimentalno delo. Le-to pa je osnova za boljše razumevanje fizike, saj z njegovo pomočjo lahko večini učencev na zanimiv način približamo fiziko in praktično prikažemo fizikalne zakonitosti. Eksperimentalno delo mora biti sestavljeno iz problema, načrtovanja eksperimentiranja in pridobitve vseh potrebnih pripomočkov. Temu sledi izvedba eksperimenta ter zapis vseh potrebnih meritev oziroma ugotovitev. Na koncu eksperimentiranja morajo učenci poročati o opravljenem delu, čemur sledi razprava o rezultatih in ugotovitvah.

Zato sem se odločil, da že v sedmi razred uvedem naravoslovni dan s fizikalnimi vsebinami. Predvidevam, da se bodo učenci na ta način bolje pripravili na pouk fizike, ki se po programu začne v osmem razredu.

POTEK NARAVOSLOVNEGA DNE

Naravoslovni dan je sestavljen iz treh delov: plenarni poskusi in razdelitev v skupine, delo po skupinah in skupinski poskus. V prvem delu s pomočjo treh poskusov (Potapljanje žogice s plastenko, Kozarec postane črpalka, Pihanje zraka med dvema listoma) prikažem, kako napovemo hipotezo.

Vsi učenci so v učilnici, kjer s pomočjo elektronskih prosojnic in poskusov prikažem različne možnosti, kaj se lahko zgodi.

Pri poskusu Potapljanje žogice s plastenko najprej v prozorno posodo nalijem vodo, vanjo vržem ping-pong žogico in jo prekrijem s plastenko, ki ima odrezano zgornjo polovico. Učence vprašam, kaj se bo zgodilo, ko plastenko potisnem navzdol. Ponudim jim štiri možnosti: žogica se dvigne, žogica se pomakne dol, žogica ostane na enaki višini in žogica potone. Nato z dvigom rok povedo, kaj se jim zdi najverjetnejši pravilen odgovor. Najpogostejši odgovor je, da žogica ostane na enaki višini. Ko izvedem poskus, ugotovijo, da se žogica pomakne dol.

Nato sledi nov izziv: kaj moramo storiti, da žogica splava na prvotno višino, če nobene posode ne smemo premakniti. Ponovno jih ponudim več odgovorov: doliti vodo, iztočiti vodo iz večje plastenke, preluknjati poveznjeno plastenko ali tega se ne da storiti. Najpogostejši odgovor, ki ga dajo učenci, je doliti vodo. To tudi naredim in na njihovo presenečenje se žogica ne dvigne. Nato preluknjam plastenko in žogica splava na prvotno višino.

Temu sledi novo vprašanje: kaj moram storiti, da dvignem žogico nad rob večje posode, ne da bi se je dotaknil. Ponovno jim ponudim štiri možne odgovore: zamašiti luknjico in dvigniti poveznjeno plastenko, počasi dvigniti poveznjeno plastenko, doliti vodo ali tega se ne da storiti. Učenci v tem napovedovanju postajajo že boljši in v večini primerov povedo, da je pravi odgovor, da zamašimo luknjico in dvignemo poveznjeno plastenko. S tem zaključim prvi plenarni poskus.

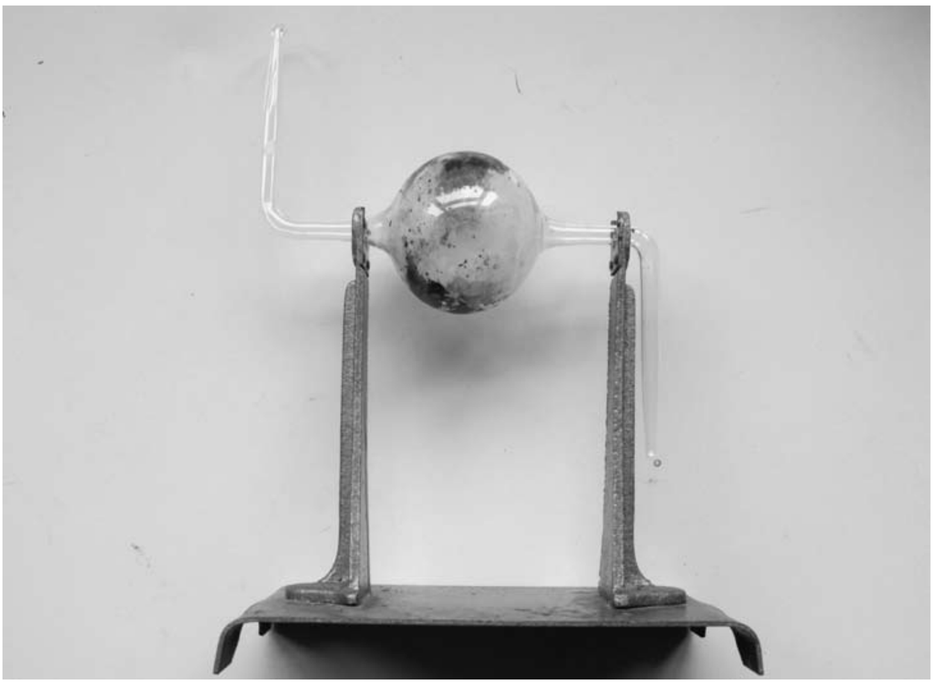
Nato učence soočim z novim problemom: iz vode želim dobiti kovanec za 2 €, ki je potopljen v 1 cm vode, ne da bi si pri tem zmočil prste in ne da bi odlil kaj vode stran. Torej hočem vodo nekako prečrpati. Pred učence postavim plastelin, vžigalice, steklen kozarec in krožnik. Vžigalice nabodem v plastelin, jih prižgem in pokrijem s kozarcem. Vžigalice zagorijo in kmalu ugasnejo, ker jim zmanjka kisika. Pri tem zaradi zmanjšanega tlaka v kozarcu kozarec začne »srkati« vodo iz krožnika in deluje kot črpalka – posrka vase vso vodo. Tako iz vode dobim kovanec, ne da bi si ob tem zmočil prste. Sledi razprava o vzrokih za posrkanje vode v kozarec. Kljub temu da učenci še nimajo izkušenj, ugotovijo, da je nekaj povleklo vodo v kozarec. No, v resnici je vodo v kozarec potisnilo kar ozračje, saj plin potiska in ne vleče. Sama razlaga ni tako enostavna, saj je treba upoštevati tako fizikalne zakone (pokrili smo nekaj toplega zraka, kondenzacija v tem zraku) kot tudi kemijske zakonitosti. Več si lahko preberemo na spletni strani [1]. Vsekakor je sam poskus za motivacijo dober in učenci večkrat povedo, da so poskus izvedli še doma ter ga celo pokazali staršem. Ob tem so si seveda prislužili 2 €.

Sledi nov poskus, pri katerem od zgoraj piham med dva lista, ki sta pet centimetrov narazen. Učence vprašam, kaj se bo zgodilo s koncema listov. Zopet jim ponudim štiri odgovore: lista se bosta približala, lista se bosta oddaljila, nič se ne bo zgodilo, en bo pri miru, drugi pa se bo premaknil. Učenci z dvigom rok predvidijo, kaj se bo zgodilo, in najpogostejši odgovor je, da se bosta konici listov oddaljili druga od druge. Izvedem poskus in nato jih povprašam, zakaj menijo, da sta se lista približala. Nekako predvidevajo, da ker pihamo zrak ven, zunanji zrak pritisne konici listov skupaj.

Pri teh poskusih pokažem, da ni nujno, da hipotezo potrdimo – lahko jo tudi zavrnemo. Učenci s temi eksperimenti dobijo vpogled v eksperimentalno delo in v delo v skupini.

Drugi del eksperimentalnega dne izvajamo v učilnici na prostem, kjer so učenci razdeljeni v pet skupin, ki imajo od 6 do 8 učencev (na naši šoli imamo na generacijo od 30 do 40 učencev in vse te učence razdelim v skupine). Vsaka skupina izvaja enega izmed petih eksperimentov (Zrak je plin, Kako izprazniti kozarec, Gasilski aparat, Raztezanje zraka, Potujoči balon), nato se po približno 20 minutah skupine zamenjajo. Tako vsaka skupina učencev izvede vseh pet eksperimentov.

Pri eksperimentu Raztezanje zraka morajo učenci predvideti, ali je zrak raztegljiv ali ne. Za to potrebujejo bučko z dvema steklenima ročajema (slika 1), stojalo za bučko, čašo z vodo, lonček, papirnate brisače in vodotesen trak. Najprej morajo postaviti bučko na stojalo. Odmašen ročaj potopijo v čašo z vodo. Drugi del bučke (ročaj) zamašijo z vodotesnim trakom. Dodajo še malo vode v čašo z vodo. Z rokami objamejo bučko in opazujejo, kaj se dogaja z gladino vode v odmašenem ročaju. Nato morajo s pomočjo eksperimenta ugotoviti: 1) Kam se premakne gladina vode v odmašenem ročaju? 2) Zakaj pride do premika gladine vode? in 3) Kako bi gladino vode v odmašenem zopet dvignili?



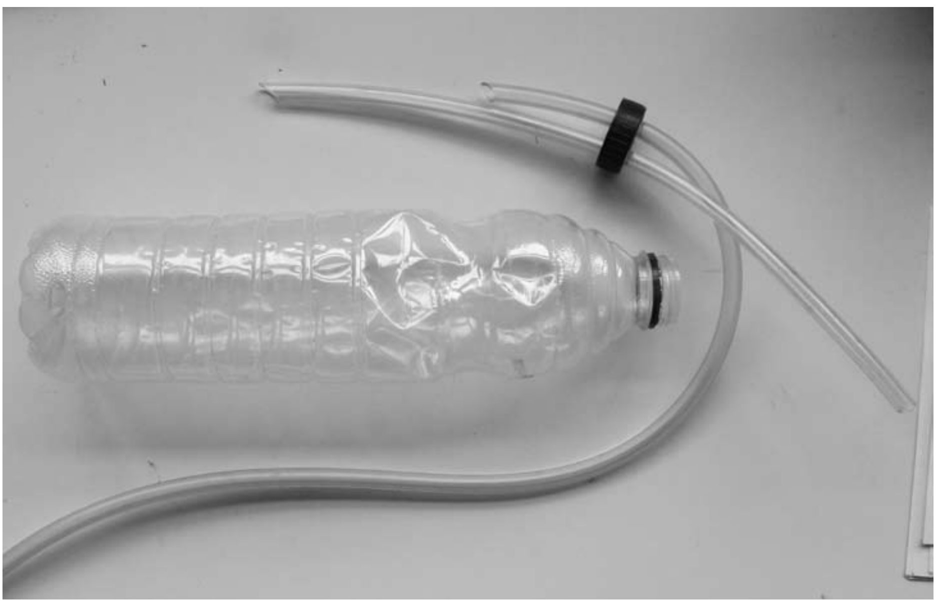
Slika 1. Bučka z dvema steklenima ročajema na stojalu.

Na zadnje vprašanje lahko poiščejo odgovor na drugi strani lista, kjer so naslednja navodila: »Papirnato brisačko zmoči z mrzlo vodo in jo ovij okoli bučke. Pri tem pazi, da se z rokami čim manj dotikaš bučke. Opazuj, kaj se dogaja z gladino vode v ročaju.« Nato morajo preko poskušanja ugotoviti: 1) Kam se premakne gladina vode v odmašenem ročaju? in 2) Ali lahko ta pojav opazimo še kje drugje?

Učenci pravilen odgovor na prvo vprašanje brez težav ugotovijo (voda v ročaju se bo dvignila), saj sklepajo, da če ob segrevanju zrak razširi, se bo ob ohlajanju verjetno skrčil. Pri drugem vprašanju pa jih vprašam, kaj se zgodi z zaprto plastenko, ko jo damo s toplega na hladno. Iz izkušenj iz vsakdanjega življenja se hitro spomnijo, da plastenka ob tem poka in se krči.

Pri poskusu Zrak je plin imamo dve plastenki (0,5 litra in 1,5 litra z malo širšim grlom – najboljša je od Fruca) ter zaboj, napolnjen z vodo. Učenci večjo plastenko napolnijo z vodo in jo potopijo z grlom navzdol v vodo, nato pa manjšo plastenko (napolnjeno z zrakom) potopijo z grlom navzdol do večje plastenke. Nato manjšo plastenko nagnejo tako, da iz nje izhajajo mehurčki, ki jih ulovijo z večjo plastenko. Pri tej nalogi učenci nimajo kakšnih večjih težav in jo končajo dokaj hitro.

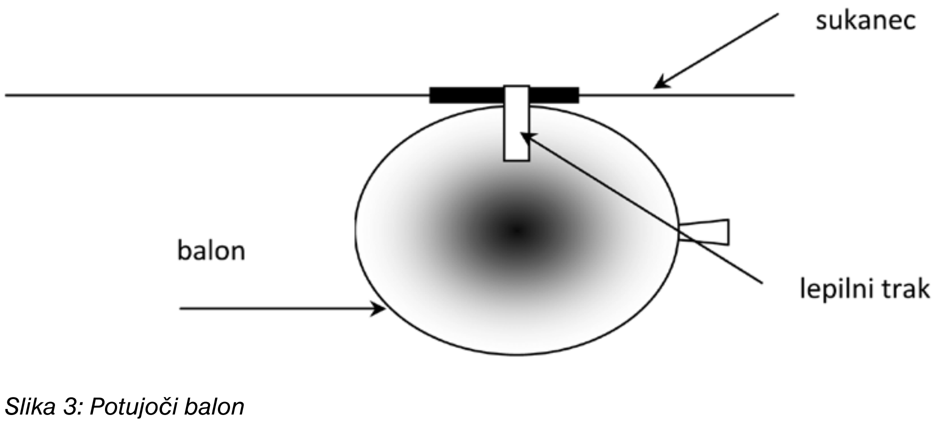
Pri poskusu Kako izprazniti kozarec potrebujemo 1,5-litrsko plastenko z zamaškom in dvema cevema (slika 2) ter kozarec, napolnjen z obarvano vodo. S pomočjo navodil jih vodim, da izpraznijo kozarec s plastenko z vodo. Najprej si ogledajo sliko in opišejo, kar mislijo, da se bo zgodilo. Nato morajo pripraviti vse za izvedbo eksperimenta ter ga izvesti. Potem sledi kritično razmišljanje o tem, ali se je zgodilo to, kar so predvidevali, in če ne, kje so se motili. Na koncu morajo dogajanje pojasniti. Učenci ugotovijo, da ker voda izteka na enem koncu, mora priteči v plastenko dodatna voda iz kozarca. Kot zelo dobro se je izkazalo, da v primeru, če v plastenko natočimo približno četrtino vode, obarvana voda iz kozarca v plastenki naredi lep barvni vodomet.



Slika 2. Plastenka z dvema cevema.

Pri poskusu Gasilni aparat lahko učenci pokažejo, da je ogljikov dioksid tudi plin, ki ga lahko pretakamo. Za izvedbo poskusa potrebujemo dve šumeči tableti, vodo, balon, svečko in stekleno posodo. V balon natočimo malo vode in skozi vrat balona potisnemo tudi šumeči tableti. Vrat balona stisnemo in počakamo, da se tableti raztopita. Nato učenci opišejo dogajanje z balonom in narišejo skico. V drugem delu morajo previdno in počasi spustiti nastali plin v stekleno posodo. Učenci so tu zelo presenečeni, saj nič ne vidijo (ker je plin brezbarven). Nato »zlijejo« vsebino na gorečo svečo. Sveča ugasne. Ta poskus učencem uspe izvesti v približno polovici primerov. Najpogosteje prehitro spustijo plin v stekleno posodo in jim ga veliko steče ven. Nekateri učenci so tudi premalo potrpežljivi in ne počakajo, da se ustvari dovolj plina v balonu. Pri prelivanju ogljikovega dioksida pa se pogosto zgodi, da jim poleg plina uide ven še voda, in tako potem pogasijo svečo z vodo.

Pri Potujočem balonu učenci merijo, kakšno razdaljo prepotuje balon v odvisnosti od svojega obsega. Ta poskus je zelo zamuden, saj morajo učenci sami sestaviti »plovilo« iz balona (slika 3) in opraviti sedem meritev. Za izvedbo potrebujejo sukanec, slamico, balon, lepilni trak in merilni trak. Za dokončanje naloge potrebujejo tudi milimetrski papir, na katerega narišejo odvisnost prepotovane razdalje od obsega balona. Najprej morajo napihniti balon, nanj pripeti slamico z lepilnim trakom in čez slamico napeljati sukanec. Nato izmerijo obseg balona in označijo, kje bo začel potovati. Balon spustijo, da potuje po sukancu, in izmerijo pot balona. Nato morajo še narisati graf. Najpogostejša napaka je, da predvidevajo, da bo balon potoval najdlje, če ga najbolj napihnejo, kar pa se ne zgodi. Pogosto prilepijo slamico tako, da ni poravnana z izpustom, in se jim zato balon vrti na mestu. Balon sicer pri manjših obsegih prepotuje krajše razdalje, a pri večjih obsegih prav tako prepotuje krajšo razdaljo. Pri dosedaj izvedenih poskusih je balon prepotoval najdlje 15 metrov, ob tem pa je njegov obseg meril približno 30 cm.



Slika 3: Potujoči balon

Po končanem delu v skupinah vsaka skupina predstavi rezultate enega eksperimenta tako ustno kot na plakatu. V zadnjem – tretjem delu dneva učenci izvedejo še skupinski poskus. Naloga od učencev zahteva, da zamašek od tulca filma (ali šumečih tablet) pripravijo do tega, da poleti čim višje s pomočjo šumečih tablet in vode. Za izpeljavo tega eksperimenta se dogovorimo, da vsaka od skupin spreminja eno od količin. Tako mora npr. ena skupina spreminjati količino šumečih tablet, druga količino vode, tretja pa zamenjuje različne vrste šumečih tablet, različne »rakete« (tulec od šumečih tablet, različni tulci od filmov). Pri količini šumečih tablet smo ugotovili, da je najbolje približno ena tableta, ki jo prej zdrobimo. Pri količini vode se je pokazalo, da je najboljša količina vode približno 2 ml in da je najboljša topla voda. Najvišje je poletel tulec od šumečih tablet. Vrsta šumečih tablet ni imela vpliva na rezultat poskusa. Ob optimalnih pogojih je tulec poletel tudi do strehe, ki je 6 metrov visoko.

Najpogostejša napaka učencev je, da ko ugotovijo, da ena skupina dosega boljše rezultate, hitro vključijo v svoje raziskovanje še njihovo ugotovitev in pozabijo, da morajo spreminjati samo eno količino. Tako ne moremo ugotavljati, kateri so optimalni pogoji, pri katerih tulec poleti najvišje. Pogosto se tudi zgodi, da premalo zaprejo tulec, pri čemer ves plin uide in se razlije vsa tekočina iz tulca.

RAZPRAVA

Ker so učenci v sedmem razredu osnovne šole še zelo nevešči skupinskega dela, jim s takšnim načinom dela pred poukom fizike v osmem razredu na zabaven in enostaven način predstavim eksperimentalno delo. Menim, da je največji problem določitev vlog v skupini, od vodje skupine preko zapisnikarja do poročevalca. Zagotovo vsem učencem ne bo všeč skupinsko delo, vendar je mogoče to en korak bližje temu, da jim približamo skupinsko delo.

S pomočjo takšnega pouka učenci spoznavajo zakonitosti eksperimentalnega dela na njim zanimiv način. Naredijo prve korake k sistematičnemu pristopu k eksperimentalnemu delu s pomočjo preprostih fizikalnih eksperimentov. Naučijo se tudi postavljanja hipotez in preizkušanje le-teh. Ta naravoslovni dan je tudi lep uvod v eksperimentalno delo pri pouku fizike, s katerim začnemo v osmem razredu.

ZAKLJUČEK

Zbuditi zanimanje učencev za eksperimentalno delo pri pouku fizike je lahko dobra osnova za nadaljnje delo v razredu. Z izvajanjem naravoslovnega dne s fizikalnimi eksperimenti učence pripravim na skupinsko delo v osmem in devetem razredu. Učenci prihajajo na ure fizike z zanimanjem in pričakujejo še več praktičnih poskusov. Izvedba takšnega dne se je pokazala kot zelo dobra motivacija za skupinsko delo pri pouku fizike.

LITERATURA

[1] http://www.math.harvard.edu/~knill/pedagogy/waterexperiment/index.html

PREDPONOVITVENI TEST

Tine Golež

Škofijska klasična gimnazija, Ljubljana

OZADJE

Najprej razložimo naslov. S to besedno zvezo je nakazano, da gre za test, ki ga je bilo treba ponoviti, saj je bilo preveč nezadostnih ocen. Prav je, da se v reviji pojavi tudi tak test. Naj bralci presodijo, kaj je odločilno prispevalo k neuspehu: učitelj ali dijaki. Seveda so tudi tokrat dijaki dobili poskusni test kot domačo nalogo. Poskusni test je na spletni strani revije.

Šlo je za drugi letnik, prav za tisti razred, čigar test je bil objavljen v prejšnji številki. Tam opisani preizkus znanja je bil res lahek. A dva meseca prej, ko smo v istem razredu pisali sile, navore in gravitacijo (danes prikazani test), pa dijaki niso bili uspešni.

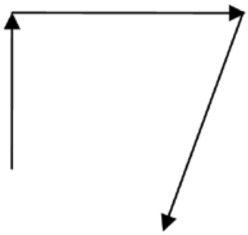
TEST

Ni treba posebej poudarjati, da je test natisnjen na list velikosti A3. Na prvi strani so bile naloge 1, 2 in 3, na drugi 4 in 5, na tretji šesta in na četrti sedma naloga. Pri vsakem vprašanju je bilo tako dovolj prostora pod samim vprašanjem za račune in odgovore.

Razred in datum	Ime in priimek	Točke/Ocena
2.č 3. 2. 2012 Kriterij: do 15 (1), 16-18 (2), 19-23 (3), 24-27 (4), 28-32 (5)		

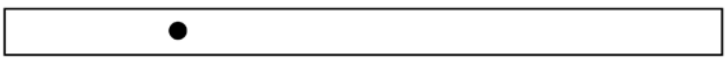
1. Grafično ugotovi rezultanto narisanih sil. Velikost najmanjše narisane sile je 6,0 N. Rezultat zapiši v newtonih in ne v milimetrih ali centimetrih!(3 točke)

2. Računsko ugotovi rezultanto narisanih sil. Najmanjša je velika 2,0 N, ostali dve pa 3,0 N. Eden izmed kotov na sliki je 70 stopinj, en pa 90. (3 točke)



3. Kamen pada navzdol, je le še nekaj centimetrov nad tlemi. Hitrost je tolikšna, da zračni upor ni zanemarljiv, a hkrati kamen še vedno pospešeno pada. Nariši skico in na skici sile, s katerimi kamen deluje na okolico. (2 točki)

4. Lesena palica – dolga je 144 cm – je preluknjana in nataknjena na manjšo okroglo železno palico. Ker je luknja zelo tesna, miruje v vodoravni legi. Središče železne palice je na četrtini dolžine lesene. Masa lesene palice je 3,1 kg. Železna palica je trdno pritrjena v vodoravni smeri, tako da se nikakor ne more premakniti, saj iz navpične stene štrli pravokotno ven.

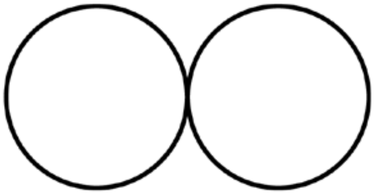


a) Kolikšen je navor sile teže lesene palice? Ta navor skuša zavrteti leseno palico. (2 točki)

b) Ko na desni konec palice obesimo 3,999 kg, se še nič ne zgodi, ko pa obesimo 4,001 kg, se desni del palice zasuče navzdol, medtem ko železna palica še vedno miruje. Kolikšen je največji celotni navor, ki deluje v smeri urinega kazalca? (3 točke)

5. Nariši vse sile, ki delujejo na prof. Goleža. Poimenuj jih. Sile, ne njihovih komponent ali rezultante! (3 točke)

6. Tudi asteroid Hermes je krompirjaste oblike, tako da ga je smiselno obravnavati kot dve krogli, ki sta ena ob drugi. Polmer vsake krogle je 8,3 km.



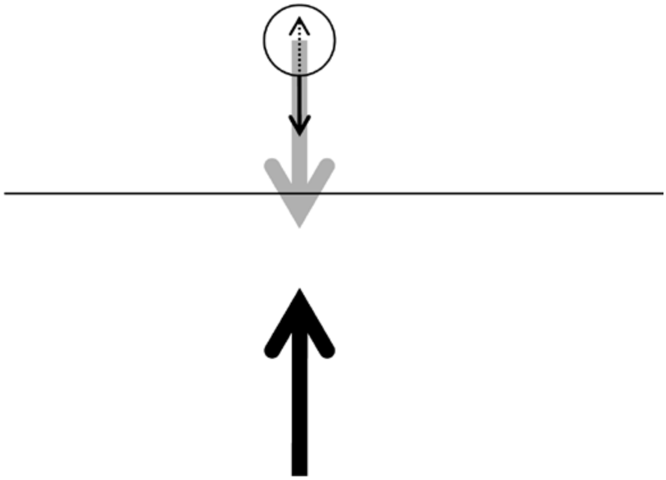
a) Gostota kamnin asteroida je 4,6 kg/dm^3. Prostornina krogle je $V = 1{,}33 \cdot \pi r^3$. Kolikšna je masa celotnega asteroida? (2 točki)
b) Na skrajnem desnem koncu asteroida je astronavt, masa astronavta je 90 kg. S kolikšno silo ga celotni asteroid privlači? (2 točki)
c) Kolikšen je gravitacijski pospešek na skrajnem desnem koncu asteroida, kjer je astronavt? (2 točki)
d) Astronavt poskoči v smeri pravokotno na tla, na katerih stoji. Na asteroidu pristane spet čez 2 minuti. S kolikšno začetno hitrostjo je poskočil? (2 točki)

7. Stol je na tleh. Odrinemo ga. Ko se zaustavlja, se mu v dveh desetinkah sekunde hitrost zmanjša za 0,50 m/s.
a) S kolikšnim pospeškom (pojemkom) se zaustavlja? (2 točki)
b) Masa stola je 6,7 kg. Kolikšna je rezultanta sil, ki deluje na stol med ustavljanjem? (2 točki)
c) Kolikšna je sila trenja, ki deluje na stol med ustavljanjem? (2 točki)
d) Kolikšen je koeficient trenja med stolom in podlago? (2 točki)

KOMENTAR

Prvo nalogo je prav rešilo kar 78 % dijakov. Pričakovano je bila druga zahtevnejša. Povsem pravilno je nanjo odgovorilo le 37 % dijakov.

Pri tretji nalogi bi bila morda najlažja pot, da najprej narišemo sili, ki delujeta na kamen. To sta sila teže in sila zračnega upora. Ker še vedno pospešeno pada, mora biti sila zračnega upora manjša od sile teže. Potem pomislimo na 3. Newtonov zakon in sile ustrezno obrnemo. Sila, s katero kamen odriva zrak, ima prijemališče kar v isti točki kot sila, s katero zrak zaustavlja kamen. Sila, s katero kamen privlači Zemljo, pa spada nekam pod tla; pravzaprav v središče Zemlje, a ker je tam ne moremo narisati, jo narišemo bolj blizu tal. Iskani sili sta na skici narisani kot tanek črn vektor navzdol in debel navzgor. (Sile so iz sveta domišljije, zato ni nič narobe, če sega sila teže tudi pod površje Zemlje.)



Nalogo je povsem pravilno rešila le četrtina dijakov.

Četrta *a* naloga je nekoliko nenavadna, vendar preprosta. Ponavadi računamo primere, ko je vsota navorov enaka nič, tokrat pa nas zanima velikost navora. Dve tretjini dijakov s tem vprašanjem ni imelo težav. A že podvprašanje *b* je bilo (pre)trd oreh za mnoge dijake, saj jih je le četrtina odgovorila povsem prav; in vendar je bilo treba le sešteti dva navora, navor sile teže in navor tovora.

Slika pri 5. nalogi je sličica iz filma, ki smo ga gledali pri pouku. Šlo je za moj tek okoli ovinka. Filmček smo projicirali na tablo in prav to sliko potem ustavili na tabli in jo obravnavali. Ugotovili smo, da je rezultanta vseh sil obrnjena proti središču kroženja. Posebej smo poudarili, da centripetalna sila ni neka dodatna sila; je le IME, NAZIV, ki ga damo rezultanti vseh zunanjih sil, kadar gre za (enakomerno) krožeče telo. Morda je šlo tudi za zavajanje; naloga je bila vredna tri točke in so nekateri mislili, da je pač treba narisati tri sile. Pravilen odgovor sta le sila teže in sila ceste. Nič ni narobe, če je vprašanje zastavljeno v množini. Dijak naj ne išče rešitve glede na točkovnik ali množinsko obliko v vprašanju! Tu je bilo le 22 % povsem pravilnih odgovorov.

Rezultate 6. naloge zapišimo v tabelo:

vprašanje	a	b	c	d
odstotek povsem pravilnih odgovorov	30	11	33	4

Med poukom smo obravnavali tudi asteroid Eros, saj je prav tedaj potoval precej blizu našega planeta. V prvem približku smo dejali, da je Eros kot nekak krompir (kifeljčar). Za približek smo ga nadomestili z dvema kroglama in kot tak je postal obvladljiv z gravitacijskim zakonom. Očitno pa so dijaki preveč mislili, da je omemba Erosa le popestritev pouka. Pred testom sem jih posebej opozoril (saj sem vedel, kaj bo v testu ...), naj si prav vse dobro pogledajo, kar smo obravnavali. Očitno niso, saj so bili rezultati pri tej nalogi res slabi. Žalostno je, da je celo računanje mase asteroida bilo tako neuspešno. Vsekakor dijaki premalo vadijo računanje z velikimi vrednostmi, ki so pri nalogah iz gravitacije precej pogoste.

Tudi rezultate 7. naloge zapišimo kar v tabelo:

vprašanje	a	b	c	d
odstotek povsem pravilnih odgovorov	81	70	48	41

Naloga kaže primerno zahtevnost; prvi dve vprašanji sta bili lahki za večji del razreda, medtem ko sta zadnji vprašanji pokazali, ali dijak v resnici razume 2. Newtonov zakon in trenje (v povezavi z neenakomernim gibanjem).

REŠITVE

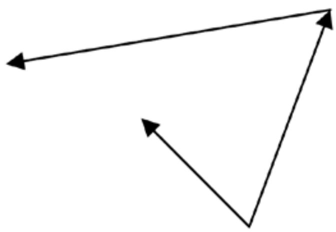
1. F = 15,2 N (Zaradi grafičnega pristopa je lahko tudi nekaj desetink več ali manj.)
2. F = 2,14 N
3. Je razložena v besedilu.
4. a) M = 10,9 m·N
   b) M = 53,2 m·N
5. Sila teže in sila podlage, ki kaže v poševni smeri v desno.
6. a) m = $2{,}2 \cdot 10^{16}$ kg
   b) F = 1,07 N
   c) g = 0,012 ms^{-2}
   d) v = 0,72 m/s
7. a) a = -2,5 m/s^2
   b) F = 16,8 N (lahko tudi 16,7 N)
   c) F = 16,8 N (lahko tudi 16,7 N)
   d) k_t = 0,25 (ali 0,26; koeficienta trenja še na dve mesti ni priporočljivo pisati, kaj šele na tri)

PONOVITVENI TEST

Bralce gotovo zanima, v kolikšni meri se je ponovitveni test razlikoval od prvotnega. Vsekakor je prav, da ne gre za povsem enake naloge, ki imajo le druge številske vrednosti. Uspeh pri ponovitvenem test je bil boljši, podrobnejših podatkov nimam.

ponovitveni test	Ime in priimek	Točke/Ocena
2.č 29. 2. 2012 Kriterij: do 15 (1), 16-18 (2), 19-23 (3), 24-27 (4), 28-32 (5)		

1. Rezultanta narisanih sil je 22 N. Grafično ugotovi, kolikšna je največja izmed teh treh sil. (2 točki)

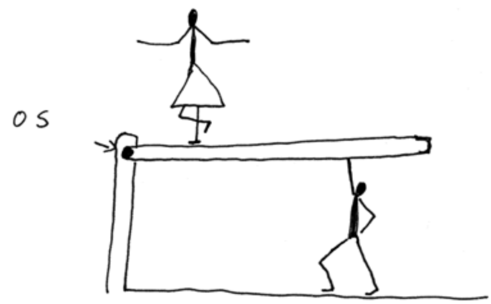


2. Računsko ugotovi, kolikšna je rezultanta narisanih sil. Velike so 3 N, 4 N in 5 N, oba ostra kota pa sta 37^0. Slika je le skica, tako da koti in dolžine niso pravi. Najmanjša sila predstavlja silo 3 N, srednja 4 N in najdaljša 5 N. (2 točki)

3. V nekem osončju je le eno sonce, en planet in ena luna, ki kroži okoli planeta. Na sliki je rezultanta sil, ki delujejo na luno. Nariši silo, s katero luna privlači sonce, in silo, s katero luna privlači planet. Prijemališči, velikosti in smeri narisanih sil pravilno nariši! Sonce je največje.

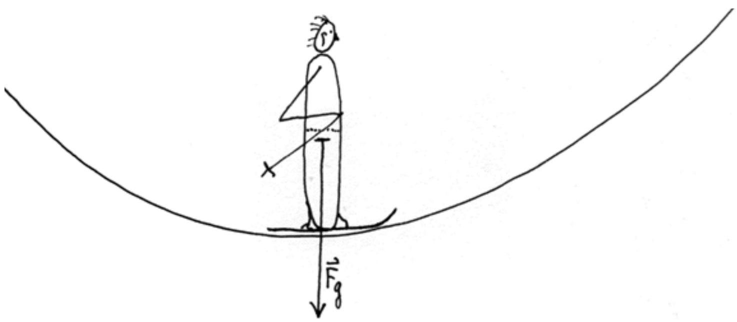
4. Na vrtljivem drogu je cirkuška artistka. Stoji na dveh sedminah dolžine droga od osišča. Akrobat podpira drog, da se ne zasuče navzdol. Podpira ga na petih osminah dolžine od osišča. Masa artistke je 61 kg, masa droga pa 21 kg.

a) S kolikšno silo akrobat podpira drog? Podpira ga v smeri navpično navzgor. (3 točke)



b) Kolikšna je sila osišča na drog? (3 točke)

5. Smučar je ravno na dnu kotanje, njegova hitrost je precej velika. Sila teže je že narisana. Nariši in poimenuj še ostale sile, ki delujejo na smučarja. Pazi na velikosti, smeri in prijemališča sil. (2 točki)



6. Satelit kroži okoli Zemlje. Obhodni čas satelita je 200 minut.

a) Kako daleč je satelit od središča Zemlje? (2 točki)

b) Kolikšna je hitrost satelita? (2 točki)

7. Polmer Lune je 1740 km, gravitacijski pospešek na površju pa 1,62 m/s^2. Gravitacijska konstanta je $6{,}67 \cdot 10^{-11}$ … (enoto ugotovi sam). Kolikšna je masa Lune? (4 točke)

8. Po vodoravni podlagi in v vodoravni smeri vlečemo sanke. Gibljejo se premo in enakomerno. Masa sank je 7,8 kg, vlečna sila je 8,6 N.

a) Kolikšen je koeficient trenja? (2 točki)

b) Na sanke sede otrok z maso 18 kg. Še vedno se gibljejo premo in enakomerno. Kolikšna je sedaj vlečna sila? (2 točki)

c) Otrok se je naveličal enakomerne vožnje, zato povečamo hitrost. Pri tem je nekaj časa prisoten konstanten pospešek 0,85 m/s^2. Kolikšna je bila vlečna sila med pospeševanjem? (2 točki)

d) Skiciraj sanke in nariši silo, s katero med gibanjem tla delujejo na sanke. Sanke se gibljejo v desno. Ne zanimajo nas komponente te sile, pač pa le ta sila. Na sliki bo torej en sam vektor. (2 točki)

SKLEPNE MISLI

Če je le mogoče, je smiselno pisati enak test v več paralelkah. Žal sem lani učil le en drugi letnik, tako da nisem mogel primerjati uspeha pri testu. Po vseh izkušnjah preteklih let imam občutek, da razred v celoti ni kaj dosti nad povprečjem, prej obratno. Čeprav skuša učitelj obdržati neko raven zahtevnosti, pa ga vsaka ponovitev testa malo obrusi. Bralci lahko sami presodijo, če se je – glede na test v prejšnji številki, ki so ga pisali dva meseca po tu predstavljenem testu – tudi pri meni to zgodilo.

Vsekakor ostaja vabilo bralcem odprto: še naprej čakamo na vaše pripevke o pisnem preverjanju znanja. Če tudi sami sestavite avtorski test in o njem po pisanju še malo razmislite, imate že gradivo za svoj prispevek. Ni potrebno, da bi bil razmislek tako zasnovan, kot je tu prikazano, ni pa narobe, če je. Vsak bo pač poudaril stvari in pogled, ki se mu zdi pomemben. Vsekakor pa bomo šele z več avtorji rubriko spravili na pravi tir. Vabljeni!

FIZIKA PRVEGA SLOVENSKEGA BALONARJA (ob 200-letnici prvega slovenskega poleta)

Stanislav Južnič

Univerza v Oklahomi, Oklahoma

Povzetek *— Opisana so dejanja in nehanja prvega slovenskega letalca in začetnika balonarstva Gregorja Kraškoviča. Fizikalna plat njegovih pionirskih poletov je izpostavljena kot vzor balonarjem na Slovenskem.*

Abstract *— First Slovenian Under the Balloon (celebrating bicentenary of the first Slovenian Flight)*

The life and work of the very first Slovene airman and the pioneer of ballooning is described. The physics of his achievements in the air should become a guide for future balloon flights in Slovenia.

UVOD

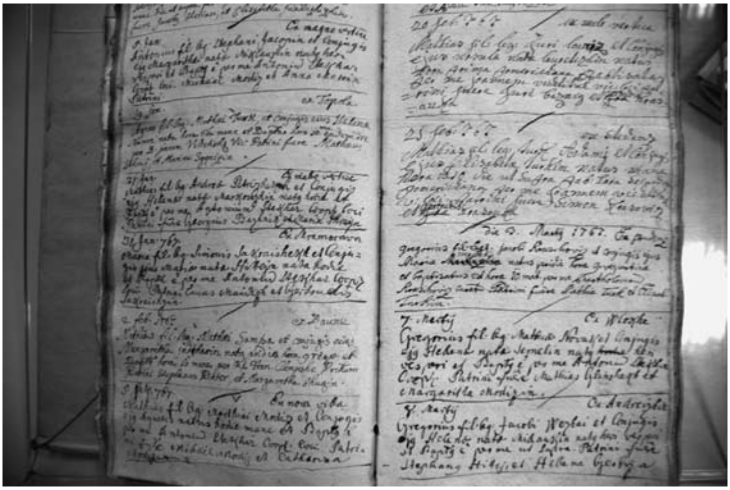
Jutro dne 23. 8. 2012 bo gotovo ostalo zapisalo kot črni četrtek slovenskega balonarstva. Tragedija nas zavezuje k spominu na svetle dni slovenskega balonarstva pred dvema stoletjema, ki jih je uprizoril njega dni sloviti fizik in zdravnik Gregor Kraškovič. Leta je na Dunaju objavil temeljno delo o fizikalnem ozadju in zgodovini letalstva pri nas in po svetu. Samo to morda ne bi bilo še dovolj pomembno, če bi naš vrli pisec ne bil tudi sam eden vodilnih letalcev svoje dobe dobro stoletje pred drugim odločilnim slovenskim posegom Slovencev v višave Hermana Potočnika Noordunga leta 1928.

Kraškovičevi baloni so bili resda zvečine polnjeni z vodikom, kljub temu pa so zanimivi za mlade fizike, ki radi uživajo v toplozračnih balonih [1]. Kako je torej letel in kdo je bil naš veliki vzornik Gregor Kraškovič?

ŠOLE BODOČEGA BALONARJA

Bloke niso le zibelka slovenskega smučanja, temveč so bile tudi rojstni kraj prvega slovenskega balonarja. Domača župnija Gregorja Kraškoviča v Blokah pri Fari ob Novi vasi je izpričana na številnih dokumentih, povezanih s Kraškovičevim obiskovanjem ljubljanskih nižjih in višjih fizikalnih študijev, še posebej glede Kraškovičevih tamkajšnjih štipendij [2]. Balonarjev oče Jakob (* 21. 7. 1740 Topol; † 13. 5. 1801 Studenec št. 17) ni bil najstarejši dedič kmetije pri Topolu na Blokah; zato se je moral ozreti po sosednjih kmetijah za primerno nevesto. Oko mu je zapelo ob mladi vdovi Mariji Mestek (* 18. 3. 1732 Ravnik; † 25. 2. 1794 Studenec). Marija je bila rojena v družini Georga Mestka

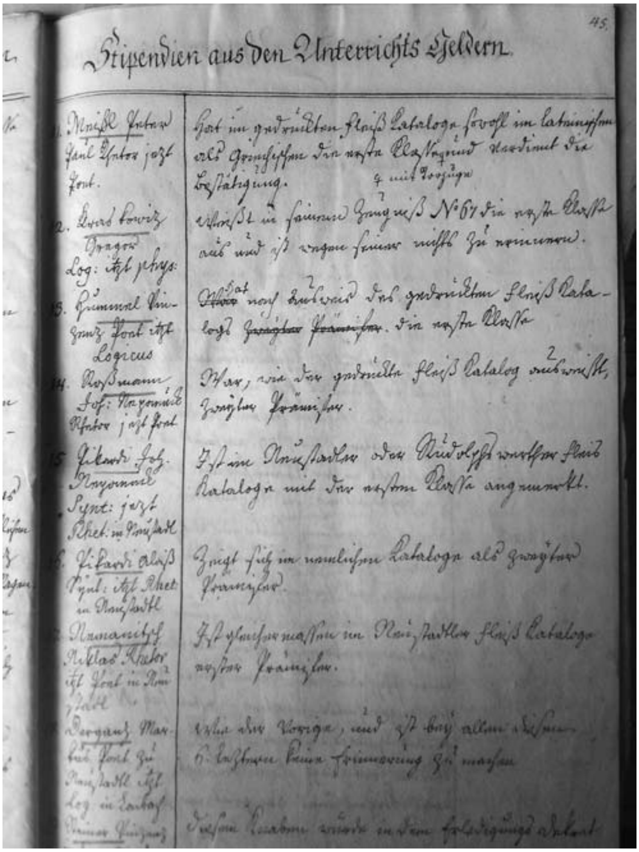
(* 25. 3. 1699) v okolici cerkve sv. Roka, torej v vasi Ravnik; že kot najstnica je poročila dobro desetletje starejšega dediča kmetije pri Studencu na tedanji številki 17, Antona Krashovica (* 10. 1. 1721; † 5. 5. 1761).



Slika 1. Dvostranski zapis o rojstvu in krstu Gregorja Kraschoviza (Kraškoviča) dne 3. 3. 1767 pri Studencu na Blokah (krstna knjiga župnije Bloke za leta 1755–1785, stran 121 zapis 3 desno).

Dne 20. 10. 1786 je Gregor Krashouitz kot sin ubožnega kmeta iz notranjske fare Bloke po I. Tauffererjevem dopisu iz študijskega denarja za leto 1786 prejemal leta 1787 štipendijo, potem ko je v preteklem polletju dosegel eminenten uspeh pri latinščini in grščini. Tudi drugim štipendistom je nekdanji ljubljanski profesor fizike Inocenc Taufferer pripisal siromašne starše [3].

Balonar Gregor Kraškovič si je v belem svetu svoj prirojeni-podedovani priimek Krashoviz nekoliko priredil, morda zavoljo podobnih pobud kot nekoliko prej njegov starejši rojak Jurij Vega, ki je bil ob krstu in v ljubljanskih šolah še Veha. Kraškovič je bil v ljubljanskih šolah prav tako še Kraschoviz, za slovenske razmere nenavadni »k« pa si je v priimek dodal pozneje. Kraškovič je takoj po maturi leta 1789 začel zbirati podatke o balonih; morda mu je pomagala mladostna izkušnja iz domače »bloške« smučarije. Dne 28. 12. 1789 je prejemal kranjsko štipendijo za študij fizike na ljubljanskih višjih filozofskih študijih. Med jesenjo 1788 in poletjem 1790 je končal dveletni licej v Ljubljani z namenom nadaljevati izobraževanje na dunajski univerzi. Ljubljanske licejske filozofske študije so po poltretjem letu gostovanja v Innsbrucku na novo organizirali tik pred Kraškovičevim vpisom dne 24. 4. 1788, vendar sprva v okrnjenem obsegu le s tremi profesorji. Za obnovo študijev sta se posebno trudila nekdanja sošolca na ljubljanski filozofiji Anton Tomaž Linhart (* 1756; † 1795) s prošnjama na Dunaj leta 1786 in 1787 in Jurij Vega; slednji je kranjskim deželnim stanovom in liceju v njihovi oskrbi posvetil svojo knjigo leta 1800, dan po svojem povišanju v barona. Leta 1786 in dne 30. 4. 1787 je Linhart v imenu kranjskih deželnih stanov predlagal dunajskim oblastem Rečana Avguština Michelazzija za profesorja astronomije na obnovljenih filozofskih študijih; žal se to ni uresničilo. Ob ponovni uvedbi filozofskih študijev v Ljubljani sta fiziko in matematiko poučevala nekdanja jezuita Jernej Schaller (* 24. 8. 1745 Obersulz; † 29. 4. 1803 Ljubljana) in Slovenec Anton Gruber (* 26. 3. 1750 Dunaj; † 1819 Gradec?), brat slovitega inženirja Gabrijela Gruberja. Anton Gruber je predaval 8 ur tedensko matematiko z njenimi uporabami v fiziki v 1. ljubljanskem letniku; fiziko je študiral leta 1769 pri nekdanjem ljubljanskem profesorju L. Biwaldu v Gradcu. Od leta 1770 do 1772 je Anton ponavljal matematične naloge z dunajskimi študenti; nato je odšel nekaj kilometrov zahodno v Krems, predvsem pa je pomagal pri računih bratu Gabrijelu v Ljubljani. Po prepovedi jezuitov je Anton Gruber stanoval v Petermanovi hiši ob skupni hrani s svojim bratom Gabrijelom.


45.

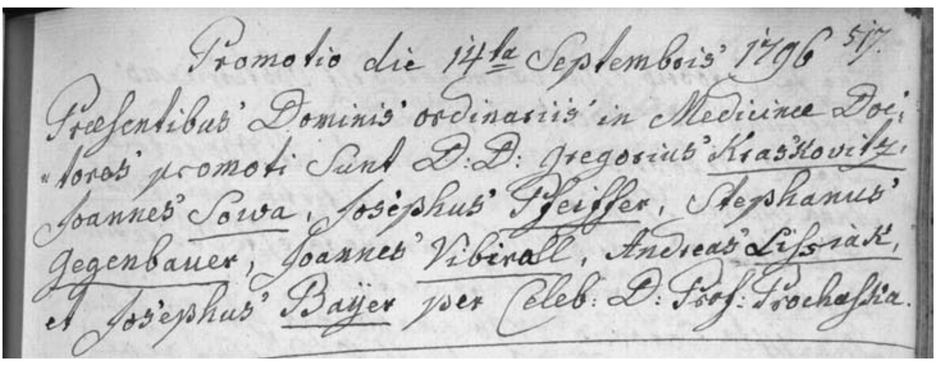
Stipendien aus den Unterrichts Geldern

Slika 2. Kraškovičeva štipendija 28. 12. 1789, izdana med njegovim študijem fizike v Ljubljani (ARS, AS 14, Gubernij v Ljubljani, Registratura III, fascikel 52 1795-1799, f. 298/1789, 25478/1789, stran 45, zapis številka 12).

Kraškovičev profesor Schaller je bil doma iz jugozahodnega predmestja Dunaja. Fiziko je študiral na Dunaju, leta 1766 in 1767 pa je bil novic v Trenčinu. Nato je ponavljal snov z dijaki višjih letnikov gimnazije v kraju Skalica (Szakolca, Skaliz) na Slovaškem in na Dunaju. Po kratkem postanku v Kremsu je v Linzu leta 1771 in 1772 poučeval višje razrede gimnazije. S tem je bilo njegovo uvajanje končano in se je odpravil študirat bogoslovje na cesarski Dunaj. Čeprav ga je tam presenetila prepoved jezuitov, si je vendarle ob filozofskem pridobil še teološki doktorat. Od dne 24. 4. 1788 je bil profesor fizike na ljubljanskem liceju, vse do hude bolezni dne 3. 3. 1803, ki ga je kmalu rešila pozemskih skrbi. Do leta 1802 je predaval po 8 ur fizike v drugem letniku, razen od leta 1794 do aprila 1797, ko so bile šole zaprte zaradi vojnih dogodkov.

Ob tako dobrih ljubljanskih profesorjih fizikalnih predmetov se je Kraškovič lahko že jeseni 1792 vpisal na dunajsko medicinsko fakulteto, kar je bila edina tedanja možnost za poglobljeni študij fizike; fakultet za fiziko namreč še ni bilo. Stroga izpita je opravil dve leti pozneje, še nadaljnje dve leti pa je trajalo, da si je na Dunaju pridobil doktorski naslov. Pot v višave je bila za nekdanjega bloškega fantiča sedaj odprta, tudi dobesedno, z baloni!

Kraškovičeve fizikalne ideje je na Dunaju oblikoval predvsem češki profesor Georg Prochaska (Jiří, * 1749 Blížkovice; † 1820 Dunaj), ki je Kraškoviča tudi promoviral. Prochaska je študiral v Pragi in na Dunaju; po analogiji z Newtonovo gravitacijo je leta 1778/79 v praško-dunajski knjigi vpeljal silo živcev kot osnovno obliko energije, opazljivo le po svojih učinkih; sama po sebi naj bi ne bila merljiva. Istočasno je leta 1778 v Pragi objavil knjigo o privlačnih silah pri pridobivanju ogljikovega dioksida, ki je tri desetletja pozneje odločilno vplivala na Kraškovičevo odločitev za polete pod baloni polnimi vodika in ne s toplozračnimi inačicami. V pozni starosti je Prochaska na Dunaju objavil s poskusi podprto razlago polarnosti, ki jo je kmalu razvil Michael Faraday (* 1791; † 1867) za opis elektromagnetizma ob pomoči Faradayevega prijatelja zdravnika Roberta Bentley Todda (* 1809; † 1860) [4].



Promotio die 14ta Septembris 1796 517.
Praesentibus Dominis ordinariis in Medicinae Doc-
toribus promoti sunt D: D: Gregorius Kraschovitz,
Joannes Sowa, Josephus Pfeiffer, Stephanus
Gegenbauer, Joannes Vibirall, Andreas Lissiak,
et Josephus Bayer per Celeb: D: Prof: Prochaska.

Slika 3. Zapis o promociji Gregorja Kraškoviča 14. 9. 1796 pri profesorju Prochaski v glavni matriki dunajske univerze: izrez iz strani skupaj s sošolci (Archiv der Universität Wien, AFM, Medizine, 1.13, stran 517, tretja vrstica s Kraškovičevo promocijo našteto na prvem mestu).

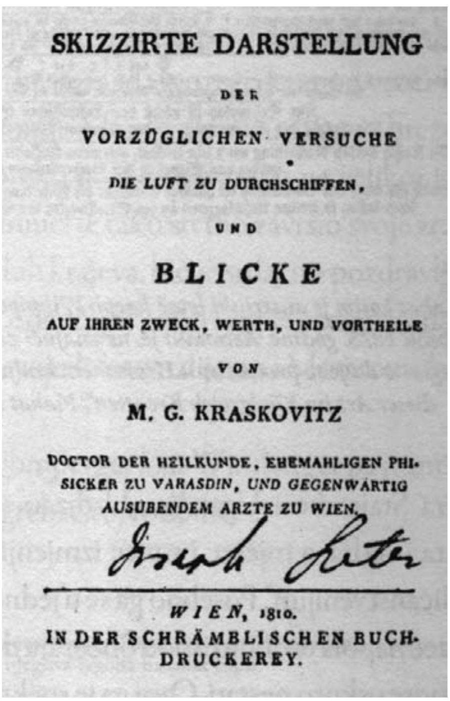
Po promociji je Gregor Kraškovič leta 1797 prakticiral na Dunaju kot zunanji član medicinske fakultete; prakso je opustil že naslednje leto, ko je bil med doktorji medicinske fakultete tudi Ljubljančan Joseph Anton Haymon, med doktorji filozofske fakultete pa so se ponašali Boškovićev prijatelj Joseph Liesganig, nekdanji ljubljanski fizik Anton Ambshell in naš fizik-filozof Franc Samuel Karpe [5].

KRAŠKOVIČEVI BALONI

Kraškovič in dr. Ivan Nepomuk Menner (Männer, * Zahodna Avstrija; † po 1846 Zagreb?) sta leta 1808 s podeželske posesti cesarsko-kraljevega komornika grofa Sigismunda Erdödyja (Zsigmond, * 9. 2. 1775; † 27. 10. 1813 Vép) pri ogrskem Veppu (Vépp, Vép) 8 km vzhodno od mesta Szombathely južno od Dunaja spustila velik okrogel s plinom napolnjen balon; ob poletu na sever se je balon povzpel pol kilometra visoko dokler ga ni zaneslo proti tedanji turški meji, ki je bila njega dni že v današnji Romuniji, kot se je Kraškovič spominjal dve leti pozneje. Zgledoval se je po danskem izumitelju zračne pošte Johanu Petru Coldingu (* 1773 Kopenhagen; † 1858) in občudoval Coldingovo predstavo z baloni, uprizorjeno dne 27. 9. 1806. Sigismund Erdödy je bil eden mlajših sinov konjeniškega generala in hrvaškega bana Ivana Nepomuka II. Erdödy de Monyorókerék in Moslavine (Monoszló, János, * 1733 Vép; † 1806 Zagreb), lastnika Starega gradu v Varaždinu; Kraškovič si je znal poiskati petične podpornike za drago balonarsko opremo. Kraškovičev sodelavec Männer je bil med letoma 1823–1841 profesor matematike z njeno uporabo v fiziki na filozofski fakulteti v Zagrebu, sprva skupaj z profesorjem fizike in Boškovićevim zagovornikom Antonom Shufflayjem (Sufflay, Šuflaj).

Kraškovič je navdušeno opisal Franklinove dosežke [6]; obenem je poudaril tudi Antoine-François Fourcroyjev (* 1755; † 1809) preroški opis vojaške uporabe balonov za opazovanje in prenašanje optično-telegrafskih sporočil. Med bitko pri Fleursu je z balonom poletel tudi vodilni pariški kemik-fizik Guyton de Morveau, ki se je pred tem že dvakrat dvignil z vodikovim balonom le pet mesecev za prvimi poleti dne 12. 6. 1784. Enote Jurija Vege so skušale poizvedovalno dejavnost sovražnih balonov preprečiti med blokado Mainza leta 1796, a zvečine brez haska. Vega je pri Würzburgu služil pod FZM (*Feldzugmeister*) Wilhelmom grofom Wartenslebenom in general-majorjem Johannom Nepomukom Karlom grofom Krakowsky pl. Kollowratom baronom Auyezdom (Ugezd, * 1748; † 1816); slednjemu je tik pred svojo smrtjo dne 15. 8. 1802 na Dunaju napisal posvetilo k četrti izdaji prvega dela svojih matematičnih predavanj s fizikalno vsebino. Po zmagah Vegovih enot je francoski balon *Hercule* padel v ujetništvo in je še danes razstavljen na Dunaju; nekatere druge balone so Habsburžani pozneje zmagovitim Francozom morali vrniti. Kraškovič in Vega sta si ujete balone seveda dodobra ogledala. Baloni so postali ena prvih v znanstvene namene uporabljenih vojaških tehnologij; balon »*Entrepremant*«, uspešen med bitko pri Fleursu dne 26. 6. 1794, je podedoval Kraškovičev vzornik fizik Étienne Gaspard Robertson. Egipčanske ostanke nekoč ponosne zračne flote, namenjene Napoleonovemu pohodu v Egipt, je precej manj krvavo uporabil znameniti fizik Gay-Lussac pri svojem raziskovanju ozračja. Seveda so bili tako vojaški baloni kot oni za znanstvene namene napolnjeni predvsem z vodikom.

Kraškovič je v habsburški monarhiji imel kar nekaj predhodnikov. Graški tiskar in raziskovalec meteoritov Alois Beckh-Widmanstätten (Aloys Joseph Franz Xaver Beckh Edler von Widmanstetten, * 1754 Gradec; † 1849 Dunaj) je pred kakimi 800 gledalci spustil balon 200 m nad Dunaj v pozneje Kraškovičevem domačem 4. okraju Wieden spomladi 1784 po večmesečnih preizkusih v zaprtih prostorih, začetih konec leta 1783. Jan Ingenhousz (* 1730; † 1799) je dne 6. 6. 1784 nad Dunaj spustil prvi toplozračni balon, sicer brez posadke, sočasno s prvim poletom Johanna Georga Stuwerja; pašo za oči je gotovo opazoval tudi Vega, medtem ko je bil Kraškovič še gimnazijec v Ljubljani. Ingenhouszovo zbiranje denarja za klub dunajskih balonarskih navdušencev sicer ni bilo ravno uspešno. Precej starejši Ingenhousz je bil Kraškoviču in Vegi blizu tudi s postavitvijo strelovodov v sodelovanju z Vegovim nadrejenim prostozidarskim botrom majorjem Leopoldom baronom Unterbergerjem (* 1734; † 1818), morda pa tudi s svojim nasprotovanjem Mesmerjevemu živalskemu magnetizmu. Vega je precej odločneje od Kraškoviča zavrnil Lanov model vakuumskega balona. Menil je, da »zaradi pritiska zunanje atmosfere na površino votlih in praznih krogel ne bo mogoče kovinskih lupin krogel nikoli tako stanjšati, da bi bile lažje od zraka, ki bi ga krogle vsebovale«. Zato je predlagal polnjenje balona z vodikom [7]. Kot primer vzgona je Vega izpostavil gibanje Montgolfierovega balona s segretim zrakom [8], ki je bilo tedaj že desetletje zelo priljubljeno; oba brata Montgolfier sta bila člana Lalandove prostozidarske lože Devetih sester, kar je znalo biti dunajskemu prostozidarju in Lalandovemu dopisovalcu Vegi še posebej po godu.



SKIZZIRTE DARSTELLUNG
DER
VORZÜGLICHEN VERSUCHE
DIE LUFT ZU DURCHSCHIFFEN,
UND
BLICKE
AUF IHREN ZWECK, WERTH, UND VORTHEILE
VON
M. G. KRASKOVITZ
DOCTOR DER HEILKUNDE, EHEMAHLIGEN PHISICKER ZU VARASDIN, UND GEGENWÄRTIG AUSÜBENDEM ARZTE ZU WIEN.

WIEN, 1810.
IN DER SCHRÄMBLISCHEN BUCHDRUCKEREY.

Slika 4. Prva knjiga o letalih slovenskega pisca: Kraškovič (1810).

Posebno pozornost je Kraškovič posvetil Francescu Lani, ki si je leta 1670 v italijanski Brescii zamislil vakuumski balon iz bakra; njegov polet naj bi bil, po Kraškoviču, skregan s principi fizike, kar so uvideli že Leibniz, praktični Otto Guericke in Jurij Vega. Popravljeno Lanovo idejo sta sto let po Lani uporabila brata Montgolfier; svoje balone sta raje polnila in jih nista puščala povsem prazne. Lana se je zavzemal za trdne izpraznjene krogle, medtem ko sta imela brata Etienne (* 1745; † 1799) in Joseph de Montgolfier (* 1740; † 1810) raje mehke in raztezljive ovoje iz svoje papirnice, ki sta jih polnila z lahko paro; včasih sta si omislila celo svileni taft, ki ga je za svoje balone uporabljal tudi Kraškovič. Preboj se je takoj za Montgolfierjema posrečil še pariškemu profesorju fizike Jacquesu Alexandru Césaru Charlesu (* 1746; † 1823) s pomočjo bratov Robert; s tenkim premazom iz firneža so izboljšali prožnost balona iz tafta. Razmeroma majhno kroglo s prostornino zgolj 35 m^3 je Charles napolnil z vodikom, pridobljenim iz žveplove kisline, spuščene čez 500 kg koščkov železa; polet si je ogledal celo Benjamin Franklin. Dne 27. 8. 1783 sta Charles in Nicolas Louis Robert (* 1761; † 1828) letela tričetrt ure iz Pariza z balonom premera 12 čevljev, ki se je v 2 minutah povzpel domala kilometer visoko. Seveda so se tedanji letalci za poldrugo stoletje razklali v dve skupini, v Montgolfierjeve občudovalce pod razredčenim zrakom in v zagovornike Charlesovega gorljivega plina, vodika. Kraškovič je bolj zaupal Charlesu.

Kraškovič je pravilno dognal, da nam bo poznavanje močno spremenljivih višinskih vetrov omogočilo predvidevanje viharjev, ki ogrožajo ladje na morju. Že d'Alembert je za prusko akademijo leta 1746/47 preučeval vpliv Lune in Sonca na plimovanje ozračja kot vzrok vetrov, točne račune pa je dodal Valvazorjev prijatelj Edmund Halley leta 1686; jasno je bilo, da je zrak tisočkrat lažji od vode in je njegovo plimovanje zato drugačno. V višavah naj bi pihali drugačni vetrovi, zato se je Kraškovič med svojimi poleti z baloni lotil njihovega fizikalnega preučevanja.

Grof Francesco Zambeccari (* 1752 Bologna; † 1812 Bologna) je navdušil Kraškoviča s svojim balonskim poletom nad Londonom in v družbi s Pasqualom Andreolijem (* 1777; † 1837) nad Bologno leta 1783, nato pa še nad Dunajem s hibridnim Charles-Montgolfierjevim oziroma Rozierjevim tipom balona za ugotavljanje višinskih vetrov; med poletom v ledenem višinskem mrazu sta Zambeccariju zmrznila kar dva prsta. Kraškovič je domneval, da bi za merjenje višinskih vetrov ustrezal celo enostavni Charlesov balon z vodikom; za meritve hitrosti vetra je priporočal hvaljeno dr. Burtonovo napravo. Medtem ko so španske ladje plule od Mehike do Španije trideset dni, naj bi polet z balonom trajal le trinajst dni. Iz Anglije v Filadelfijo naj bi prileteli celo v sedmih dneh. V pomoč je bil seveda pivovar Kaps iz Danziga, ki se je leta 1789/90 naučil obdržati vodik v balonu tudi po tri mesece brez merljivih izgub. Seveda se je Kraškovičeva zamisel dolgotrajnih balonskih poletov uresničila šele nedavno s prvim poletom okoli sveta brez postanka v balonu dne 20. 3. 1999!

Dne 4. 3. 1810 sta Kraškovič in Menner (Männer) spustila majhen balon iz tafta s premerom 16 čevljev ob slavnostnem vkorakanju kneza Alexandra Bertiera vojvode Neuchâtela-Wagrama (Neufchâtel, Neuschatel, * 1776; † 1815); le-ta je pravkar postal izredni francoski ambasador na Dunaju ob pripravah za Napoleonovo poroko s habsburško princeso Marijo-Luiso. Vrla balonarja sta si letališče omislila na univerzitetni zvezdarni pod pokroviteljstvom dvornega astronoma Franza von Paula Triesneckerja (* 1745; † 1817). Dosegla sta višino blizu 300 m, nato pa sta letalo s pomočjo pritrjenega padala spustila v dunajskem Leopoldstadtu brez vsake škode [9].

— (287) —

starke Leute, die keine andere verstehen, und hier treiben könnten, und zu dieser bald abzurichten sind, letztere aber besonders für schwache und alte Personen. Die Anstalt sollte jedoch zugleich darauf wirken, die Erwerbsfähigkeit jedes Einzelnen auf den höchsten Grad zu bringen, und bedenken: daß es nicht damit abgethan sey, wenn nur jedes beständig mit was immer für einer Arbeit, ohne Auswahl, ob es sie vorher schon kannte, oder erst lernen mußte, beschäftiget ist; sondern daß es ihr Ziel sey, die Arbeitslust zu erwecken, daß also jedes die Arbeit verrichten sollte, zu der es am meisten Lust und Fähigkeit hat; die ihm sowohl gegenwärtig als vorzüglich künftig die größten Vortheile gewährt, und ihm den seinen Umständen angemessensten Verdienst gibt.

Schwer ist es, dieses Ziel ganz zu erreichen; dennoch dürfen Hindernisse den Muth, darnach zu streben, nicht abschrecken. Ein Arbeitshaus muß mit vielerley Arbeit verlegt seyn, die man auswählen, und nach dem Bedürfnisse der einzelnen Arbeitenden unter sie vertheilen kann. Die meisten Mädchen können nähen, stricken, kochen, waschen. Man könnte Nähtereyen in der Stadt bey Privatpersonen, bey Putzmacherinnen, bey Schneidern, bey Militär-Oekonomie-Commissionen für sie aufsuchen; man könnte Zwirn und Wolle von ihnen verstricken lassen, und ihre Erzeugnisse von Zeit zu Zeit öffentlich versteigern; man könnte die Wäsche von mehreren Familien zum Reinigen und Ausbessern übernehmen, und würde sie gewiß leicht bekommen, weil man in einem solchen Hause vor den vielerley Mißbräuchen, die sonst getrieben zu werden pflegen, doch viel sicherer ist; man könnte einige von ihnen in den Küchen des Hauses und Andern zum Flachs- und Wollespinnen verwenden; manche, welche feinere Arbeiten verstehen, könnte man dieselben gegen Abzahlung des Materials, welches ihnen vom Hause vorzuschießen wäre, treiben lassen, und sie ermuntern, auch andere ihrer Gefährtinnen, die dazu Lust haben, hierin zu unterrichten. Ihre Arbeiten wären dann immer, wo nicht auf andern Wegen, doch bey Licitationen anzubringen, und wenn endlich die Versteher solcher Anstalten Leute sind, denen die Gewerbekunde nicht fremd ist, und die öfters verschiedene Werkstätte besuchen, so werden sie eine Menge Arbeiten auftreiben, die sich sehr wohl für ihre Absicht schicken. Denn die meisten Handwerker haben Arbeiten, die sie leicht, und wenn sie sichere Gelegenheit hätten, auch gerne außer Haus geben würden. So z. B. könnten die Kartenmahler das Paltronieren, Beschneiden, Putzen, Legen und Binden; die Seidenarbeiter das Spuhlen; die Gold- und Silberschmiede und die Büchsenmacher das Polieren und Schleifen; die Hutmacher das Schneiden und Schnellen der Haare; die Buchbinder das Falzen und Häften; die Färber und Apotheker das Hauen, Schneiden, Stoßen, Reiben und Mahlen ihrer Kräuter und Materialien und d. m. dahin geben.

III. Jahrgang.

Nur auf diesem Wege kann ein Arbeitshaus das werden, was es seyn soll: eine Besserungs-Anstalt für verirrte und verwahrlosete Menschen, ein Beförderungsmittel der Industrie, ein köstliches Geschenk der Humanität des Zeitalters.

Im August 1810.

K. F. v. L.

IV.

Bemerkungen

über die am 13. August im Prater ausgeführten aerostatischen Experimente.

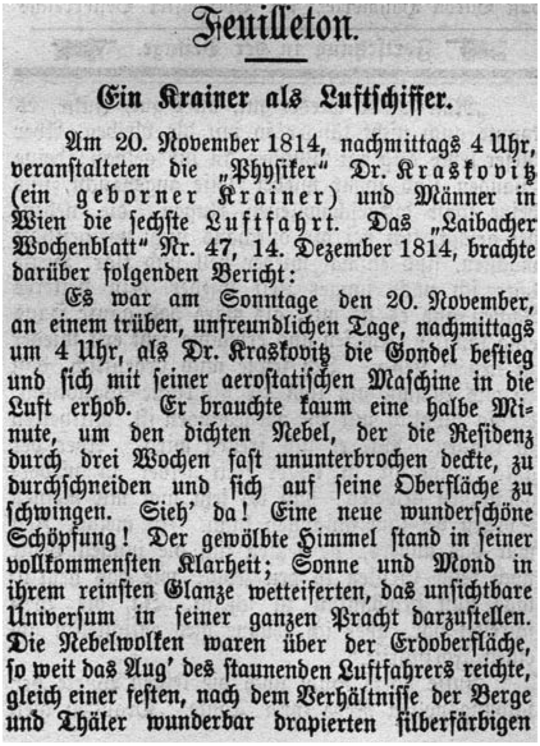
Die Herren Doct. Kraskovitz und Männer, hatten schon seit längerer Zeit, theils durch die öffentliche Ausstellung des großen, zu diesen Versuchen dienenden Ballons, theils durch die ziemlich vielversprechende Ankündigung, das Publicum auf die Experimente aufmerksam gemacht, welche sie mit Aerostaten im Prater zu veranstalten Willens waren. Unterrichtete glaubten sich, jener Ankündigung nach, berechtigt, wenn auch nichts Neues, doch eine leichte und genaue Ausführung der bekannten, nun so oft wiederhohlten Versuche fordern zu können. Allein der Ausgang dieser Experimente entsprach der Erwartung nicht.

Das Schauspiel begann mit dem Aufsteigen einiger kleinerer Ballone, die nach der Richtung des Windes bald aus dem Gesichte verschwanden. Ein anderer kleiner Ballon stieg mit einem kleinen Fallschirme, der sich in einer geringen Höhe von ihm abtrennte, und einige Eyer in einem Körbchen unverletzt zur Erde brachte. Drey andere miteinander durch Fäden verbundene kleine Ballone, von denen der mittlere mit Knall-Luft, und von den beyden

Bbb

Slika 5. Prva stran Prechtlovega poročila o Kraškovičevi in Mennerjevi predstavi z baloni nad dunajskim Praterjem dne 13. 8. 1810 (Vaterländische Blätter 24. 8. 1810, str. 287).

Zgodaj junija 1810 [10] je Kraškovič skupaj z Mennerjem (Männer) razstavil balon premera 22 čevljev in obsega 72 čevljev iz jelenovih kož na ogled v dunajski cesarski jahalnici. Nad balonom je bilo varnostno padalo, kot ga je Valentin Vodnik v svojem ljubljanskem časopisu opisal že takoj po prvi Garnerinovi uporabi nad Parizom 22. 10. 1797. Ljudje so si Kraškovičevo napravo ogledovali in komaj čakali na polet; dne 13. 8. 1810 sta Kraškovič in Menner spuščala balone s Praterja pred dvorjani in številno publiko. Kraškovič je preizkušal vodikove in toplozračne balone; enega je opremil s padalom. Po načrtu Francesca Lane je uporabil štiri votle krogle, ki so z vzgonom dvigovale letalo. Precej ponesrečeno balonarsko predstavo je poldrugi teden pozneje Johann Joseph Ritter von Prechtl (* 1778; † 1854) strokovno opisal in z nasveti podprl v vodilnem dunajskem tedniku. Prechtl je sicer po matematično-fizikalni plati raziskoval let ptičev ob možni prireditvi za človeškega Ikarja v podporo Jakobu Degenu (* 1760; † 1848), ki je leta 1808 letel z vodikovim balonom, novembra istega leta pa je nad Pratrom opravil prvi krmiljeni polet; Degen je v nasprotju s Kraškovičem zaslovel z letali, težjimi od zraka. Prechtl se je ob Kraškovičevem poletu pravkar vrnil na Dunaj, kjer je v naslednjih petih letih utemeljil dunajski Politehniški institut, današnjo Dunajsko Tehniško univerzo.



Feuilleton.

Ein Krainer als Luftschiffer.

Am 20. November 1814, nachmittags 4 Uhr, veranstalteten die „Physiker" Dr. Kraskovitz (ein geborner Krainer) und Männer in Wien die sechste Luftfahrt. Das „Laibacher Wochenblatt" Nr. 47, 14. Dezember 1814, brachte darüber folgenden Bericht:

Es war am Sonntage den 20. November, an einem trüben, unfreundlichen Tage, nachmittags um 4 Uhr, als Dr. Kraskovitz die Gondel bestieg und sich mit seiner aerostatischen Maschine in die Luft erhob. Er brauchte kaum eine halbe Minute, um den dichten Nebel, der die Residenz durch drei Wochen fast ununterbrochen deckte, zu durchschneiden und sich auf seine Oberfläche zu schwingen. Sieh' da! Eine neue wunderschöne Schöpfung! Der gewölbte Himmel stand in seiner vollkommensten Klarheit; Sonne und Mond in ihrem reinsten Glanze wetteiferten, das unsichtbare Universum in seiner ganzen Pracht darzustellen. Die Nebelwolken waren über der Erdoberfläche, so weit das Aug' des staunenden Luftfahrers reichte, gleich einer festen, nach dem Verhältnisse der Berge und Thäler wunderbar drapierten silberfärbigen

Slika 6. Ponatis poročila o Kraškovičevem poletu v Laibacher Tagblatt, kjer se v začetnem odstavku posebej izpostavlja njegov kranjski rod v objavi z dne 12. 8. 1879. Zapis je razen začetnega odstavka enak kot leta 1814; zapis doktor je sicer skrajšan v Dr., opomba pod črto pa je izpuščena, ker jo je povzel že uvodni odstavek. Tako kot leta 1814 tudi tu niso priobčili podrobnosti o Kraškovičevem rodu.

Leta 1811 je Kraškovič prvič poletel z balonom in je kmalu zaslovel med najbolj veščimi balonarji svoje dobe; kmalu je dobil posnemovalce med Slovenci. Med najdražjimi fizikalnimi napravami na gimnaziji v Kopru so leta 1867 nabavili gumijast balon s pipo iz medi, namenjen za raziskovanje plinov, za 58 fl oziroma 4,5 nemških mark. Tisti čas Kraškovičevi poleti nikakor še niso utonili v pozabo, saj so poročilo o njih v soboto dne 30. 8. 1879 ponatisnili v prilogi *Laibacher Zeitung*, ki pa je tisti čas nosila ime *Tagblatt*; tedenska priloga je bila pod močnim vplivom nekdanjega ljubljanskega profesorja fizike Karla Dežmana (* 1821; † 1889).

ZAKLJUČEK

Gregor Kraškovič je bil njega dni znamenit zdravnik in fizik. Sprva je nihal med vodikovimi in toplozračnimi baloni, pozneje pa se je priklonil predvsem prvim. Barjanska nesreča pod toplozračnim balonom dne 23. 8. 2012 morda odpira vprašanje, ali je izbira polnitve sodobnih balonarjev v resnici najboljša. Namesto vnetljivega vodika imamo danes pri roki še helij, ki ga je dne 14. 10. 2012 tako navdušujoče uporabil Felix Baumgartner.

Zahvala

Za pomoč se zahvaljujem dr. Alojzu Cindriču in Srečku Bončini.

LITERATURA

[1] Napast, F. Moj časopis je lahko balon, *Fizika v šoli*, 7 (2011) 45-52.

[2] Arhiv republike Slovenije (ARS), AS 14, Gubernij v Ljubljani, Registratura II, fascikel 298 1784-1791, škatla 279, 15322/1786; ARS, AS 14, Gubernij v Ljubljani, Registratura III, fascikel 46 1801-1806, škatla 364, ARS, AS 14, Gubernij v Ljubljani, Registratura III, fascikel 52 1795-1799, f. 298/1789, 25478/1789.

[3] ARS, AS 14, Gubernij v Ljubljani, Registratura III, fascikel 46 1801-1806, škatla 364.

[4] Reynolds, E.H. Vis attractiva and vis nervosa, J Neurol Neurosurg Psychiatry 76 (2005) 1712.

[5] *Hof- und Staats- Schematismus der röm. Kaiserl.* Wien: Joseph Gerold (1797) 251, 253; *Wiener Universitäts schematismus für das Jahr* (1798) 72, 88, 96-97.

[6] Kraškovič. M.G. *Darstellung der vorzüglichen Versuche die Luft zu Durchschiffen, und Blicke, auf ihren Zweck, Werth, und Vortheile.* Wien: Schrämblisch (1810) 43, 60-61.

[7] Vega, J. Vorlesungen über die Mathematik. Sowohl überhaupt zu mehrerer Verbreitung mathematischer Kenntnisse in der k.k Staaten, als auch inbesondrere zum Gebrauche des kaais. Königl. Artillerie=Corps. Vierter Band die Grundlehren der Hydrostatik, Aerostatik, Hydraulik, und der Bewegung fester Körper in einem widrstehenden flüssigen Mittel enthaltend. Anleitung zur Hydrodynamik. Wien: Trattnern (1800) 147-148, 150.

[8] Vega, J. Vorlesungen über die Mathematik Zweyter Band (1803) 404.

[9] Kraškovič (1810) 13-14, 20, 28-31, 57-59, 62, 64, 65, 69, 71; Kladnik, D. *Zgodovina letalstva na Slovenskem*. Ljubljana: Zavod za intelektualno produkcijo (2008) 14, 20.

[10] *Der Sammler ein Unterhaltungsblatt (Wien: Anton Doll)*, 2/69: 286 (9. 6. 1810), 2/98: 402 (16. 8. 1810).

FIZIKA V ŠOLI - KRATKA PREDSTAVITEV IN VABILO

Revija je namenjena učiteljem fizike na osnovnih in srednjih šolah; verjamemo pa, da bo v njej kaj koristnega za poučevanje našel tudi tisti, ki uči naravoslovje na nižji stopnji, morda pa tudi predavatelj prvega letnika univerzitetnega ali sorodnega študija.

Prispevki za revijo so strokovni članki, poročila, recenzije, zanimivosti … Pri tem naj bi bila večina napisana iz prakse za prakso. Brez dvoma bodo bralci radi prebrali poučevalske izkušnje, ki so morda delno ali v celoti celo avtorske, so pa vsekakor preizkušene v praksi. Pisec članka naj ima ob pisanju pred očmi svojega kolega in ga skuša s sestavkom navdušiti za kak pristop k poučevanju fizike ali kakšno fizikalno temo nasploh.

Ne smemo prezreti, da je rast našega znanja počasna. Tako včasih preberemo kar precej splošnega gradiva o fiziki, preden se nam utrne kakšna uporabna zamisel. Prav zato imajo domovinsko pravico v reviji tudi članki, ki ne kažejo takojšnje uporabe v praksi, so pa pomembni gradniki učiteljevega razumevanja in poznavanja fizike.

Želimo si, da bi se čim več učiteljev odločilo za pisanje. Najbrž so prvi koraki opotekajoči, a recenzenti skušamo poleg opomb jasno nakazati tudi smer, v katero naj avtor obrne svoje pisanje, če gre pri članku za več kot le lepotne popravke ali manjše spodrsljaje.

Priprava rokopisa za pisca tehnično ni zahtevna. Posebno oblikovanje dokumeta, ki naj bi bil napisan v Wordu, ni potrebno, saj je to delo stavca. Pri sami obliki besedila naj morebitni avtorji malo prelistajo revijo, kjer bodo opazili naslednje značilnosti:

1. Prispevek se začne s povzetkom in angleškim prevodom; angleški prevod lahko doda tudi uredništvo. Poročila in recenzije povzetka ne potrebujejo.
2. Članek je smiselno razdeliti na dele, ki jih označimo z vmesnimi podnaslovi. Seveda skušamo začeti z uvodom, ki naj pritegne bralca. Zaključek naj poleg kratkih poudarkov vsebine nakaže še kakšno smer, kjer bi zapisano našlo svoje smiselno nadaljevanje.
3. V osrednjem delu bomo najbrž zapisali več enačb, dodali kakšne slike, tabele. Po potrebi, ki jo narekujeta razumevanje in preglednost, enačbe oštevilčimo. Tabele opišemo nad samo tabelo, medtem ko so napisi pod slikami. Če jih je več, jih oštevilčimo. Slike so lahko kar vključene v besedilo, lahko so dodane posebej. Pri tem je nesmiselno, da bi bila slika, ki bo velika le kakšnih deset centimetrov, dodana v velikosti več mega pikslov. Če bo izbrana za oblikovanje naslovnice, bomo avtorja že prosili za večjo ločljivost.
4. V samem besedilu vire navajamo v oglatih oklepajih s številkami [4] in jih na koncu članka izpišemo; obliko izpisov si oglejte kar v tej reviji. Pri spletnih straneh navedemo tudi, kdaj je stran še delovala.

5. Članku lahko dodate še kakšno elektronsko gradivo, ki bo objavljeno na spletni strani revije. Povezava nanj bo s strani, kjer so objavljeni povzetki posamezne številke.

Dovolj je, da članke pošljete le v elektronski obliki na naslov: fizikavsoli@guest.arnes.si.Najprej boste prejeli potrdilo o prejemu, pozneje pa še opombe po pregledu članka.

Veselimo se vaših prispevkov!

Uredniški odbor

SI OPAZIL?
RAVNILO IN SENCA

Žena trdi, da imam na pisalni mizi in ob njej nered. Seveda ji ugovarjam, da gre za ustvarjalni nered. Dokaz so tudi te vrstice, ki opisujejo pojav, ki sem ga opazil pri svojem »neredu«, kot žena imenuje mojo »razporeditev predmetov« okoli delovne mize.

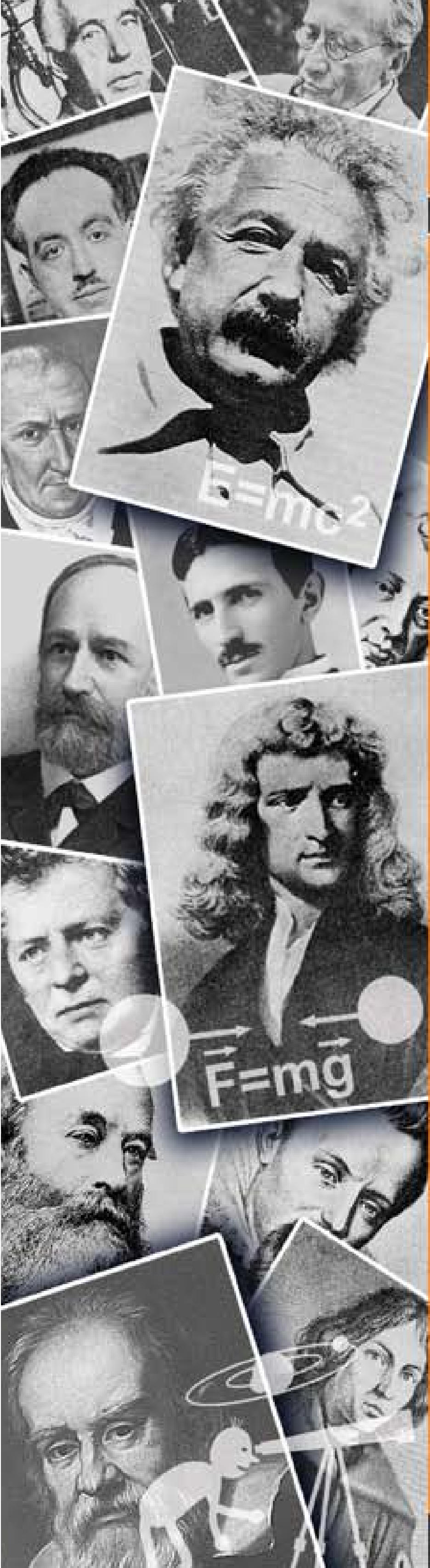
Imam ravnilo, ki je dolgo 50 cm. Zato ga »pospravim« tako, da ga kar vtaknem med dva fascikla. A ko sem proti ravnilu obrnil luč, je nastala zanimiva slika (glej desni list). Na steni je nastala senca iz štirih pasov. Najtemnejši je zgoraj, takoj pod njim najsvetlejši, pod njim je temen pas (a ne najtemnejši) in čisto spodaj svetel (a ne najsvetlejši). Zanimivo je, da je območje, ki je osvetljeno skozi luknjo v ravnilu, manj svetlo od najsvetlejšega dela.

Pred nami je več vprašanj (seveda nimam v mislih sicer večkrat slišanega vprašanja: »Kdaj boš že pospravil ta nered?«). Najprej moramo pojasniti nastanek različno svetlih pasov in čudno osvetlitev skozi luknjo. Drugo vprašanje je različica postavitve: kaj se bo zgodilo, če ravnilo nekoliko približamo svetilki. Nazadnje pa se še vprašajmo, kaj vidimo, če je naše oko tik ob svetilki; seveda vidimo ravnilo, a kako svetli so posamezni deli tega ravnila?

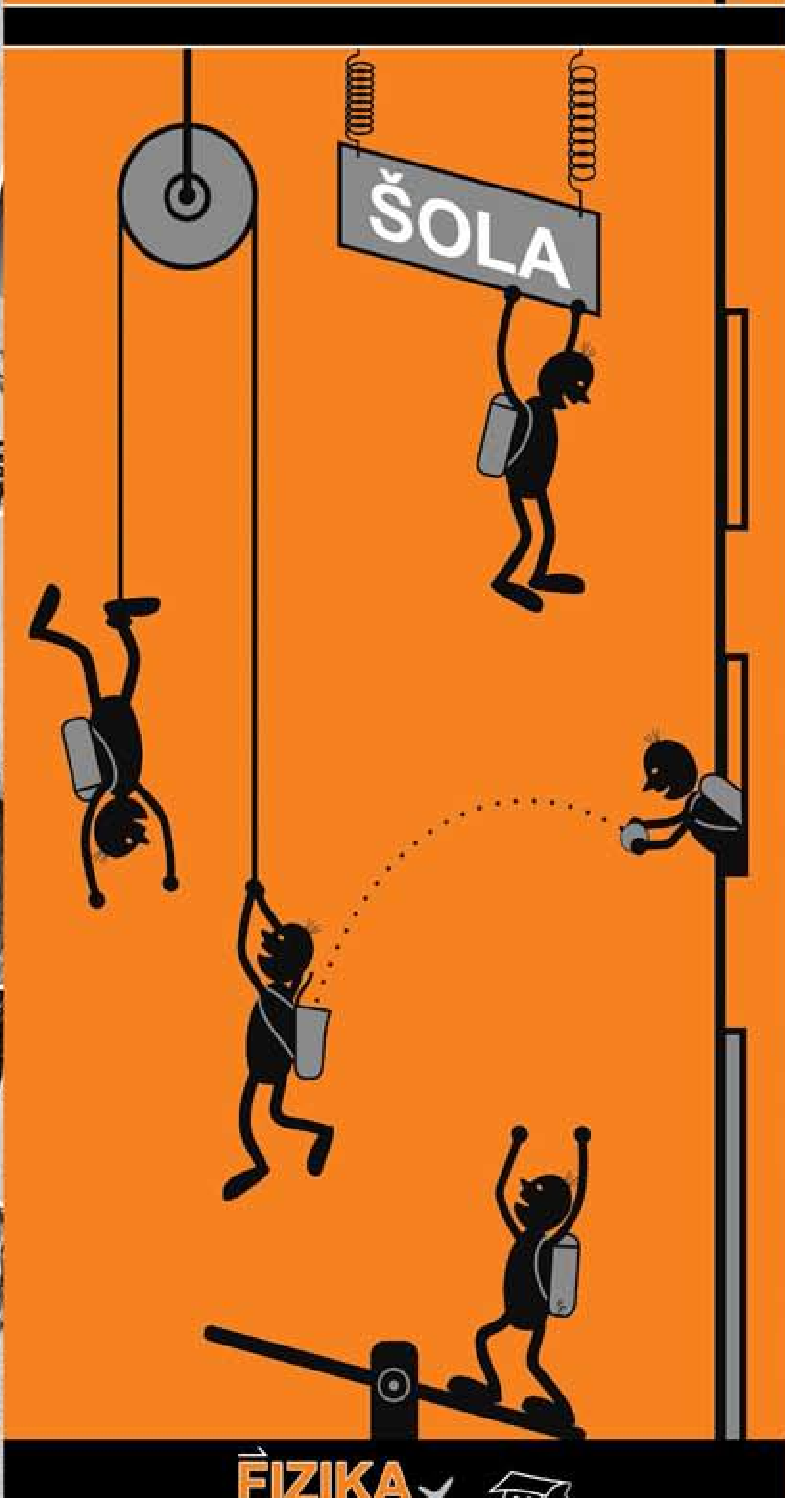
Na koncu moram priznati: če ne bi bila največja slika na sosednji strani spodaj in zgoraj krepko odrezana, bi se bralci najbrž strinjali z mojo ženo, da je vseeno preveč nereda …

Tine Golež

Svetilo, ravnilo in senca.



ISSN 1318-6388
9 771318 638001



FIZIKA v ŠOLI
www.fizikavsoli.si