

MASARYKOVA UNIVERZITA

Pedagogická fakulta

Katedra fyziky, chemie
a odborného vzdělávání

JEDNOTA ČESKÝCH
MATEMATIKŮ A FYZIKŮ

Fyzikálně pedagogická sekce

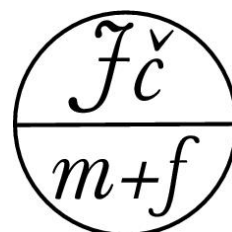
VELETRH NÁPADŮ UČITELŮ FYZIKY 21

Sborník z konference



VIDA!
science|ntrum

Nadace
Depositum
Bonum
.....



Brno 2016

Editoři: Mgr. Tomáš Milěř, Ph.D., PhDr. Jan Válek, Ph.D.

Recenzovali: prof. RNDr. Vladislav Navrátil, CSc.,
prof. RNDr. Jan Novotný, CSc.,
RNDr. Jindřiška Svobodová, Ph.D.

Konference a vydání sborníku byly podpořeny Jednotou českých matematiků a fyziků a Nadací Depositum Bonum.

Konference byla akreditována u MŠMT pod Č.j.: MSMT-10959/2016-1-336.

© 2016 Masarykova univerzita

ISBN 978-80-210-8465-0

Obsah

P. Sládek: Úvod ke sborníku VNUF 21	5
B. Balek: Novinky v biofyzikálních experimentech se školním měřicím systémem ISES	7
Z. Bochníček: Několik poznámek o povrchovém napětí	15
V. Burdová, J. Tesař: Fyzika ve filmu.....	21
L. Dvořák: Další nápady z Malé Hraštic: Jáma a kyvadlo	30
I. Dvořáková: Reflexe ve výuce fyziky ???!	36
J. Erhart: Tvarová paměť chytrých materiálů.....	46
A. Hajdusianek, A. Cižman: Fun with Archimedes' principle	52
K. Havlíček, M. Ryston: Demonstrační sada pro výuku optiky s pomocí 3D tiskárny	56
E. Hejnová: Bublinové úlohy z optiky s náměty na jednoduché pokusy.....	61
J. Houfková: Science on Stage a European STEM League	66
J. Houfková, A. Čermáková: Pohádky, kde se problémy neřeší kouzly, ale fyzikálními pokusy	71
J. Hrdý a studenti GJP: Proč vítězí elektromotor také v silniční dopravě?	76
J. Hrdý a studenti GJP: Postavte si vlastní elektromotor – není nic jednoduššího!.....	81
J. Hubeňák, J. Polák: Dvakrát do mikrosvěta.....	86
L. Jančář: Částice a atomy – jasně, přehledně a zábavně	94
P. Káčovský: Fyzika očima termografie	99
O. Kéhar: Zákon převrácených čtverců v astronomii	104
M. Kireš: Potenciál neformálneho vzdelávania vo vedeckom centre	109
J. Kohout: Možnosti využití meteorologických map při tvořivé výuce fyziky.....	114
K. Kolář a kol.: Problémové úlohy FYKOSu.....	119
P. Konečný: Leidenfrostův jev	123
L. Kamářová: Školní Wikipedie GVID – co to je?.....	128
R. Klusák: Použití kamery mobilních telefonů a tabletů – Slow Motion a Time-lapse	132
F. Lustig: Arduino–Remduino – vzdálené experimenty s Arduinem.....	139
J. Michalická, Z. Polák, J. Reichl: Několik projektů z tábora, tentokrát na téma „Modelování bez plastelíny aneb když nemůže fyzik k černé díře, musí si ji namodelovat“.....	144
T. Nečas: What if?	149
J. Novotný: Pády a výstupy na rotující Zemi	154
V. Pavlicová: eTwinningové projekty ve fyzice	159

V. Pazdera: Pár zajímavých nápadů VII	163
V. Pejčochová, D. Nováková a kol.: Střípky z no volíšeňského vědohraní	168
V. Piskač: Z Fyzikálního šuplíku 006	182
J. Reichl: Optické klamy a další náměty na experimenty	185
M. Ryston: Fyzikální animace pomocí VPythonu aneb 3D programování pro smrtelníky	190
P. Sladký, F. Lustig: Příspěvek k výuce sledování čistoty vod porovnávacími senzorickými a míchacími metodami	195
Z. Šabatka a kol.: Experimenty z Interaktivní fyzikální laboratoře: Vrhly	200
J. Šestáková: Peer Instruction – podpora pro učitele	204
M. Šutová: Optické hračky	206
L. Švecová: Klimatické změny z pohledu fyziky	211
J. Veselý, V. Krajčová: Astrofyzikální videa	216
V. Vícha, J. Jurica: Mapujeme geomagnetické pole	218
V. Vochozka a kol.: Luxmetr, úhломěr a tónový generátor v mobilním telefonu	225
V. Žák: Atmosférický tlak na několik způsobů	230
P. Žilavý: Neposlušná elektrostatika I	235
V. Boček: Elektřina z tuňáka a z dalších netradičních zdrojů	244

Úvod ke sborníku VNUF 21

Vážené kolegyně a kolegové,

jsem rád, že se kolektivu z Katedry fyziky, chemie a odborného vzdělávání na Pedagogické fakultě Masarykovy univerzity dostalo té cti pokusit se vytvořit příjemné prostředí pro účastníky 21. Veletrhu nápadů učitelů fyziky. Ten je přehlídkou vlastní tvorby a nápadů učitelů všech stupňů škol, kteří chtějí přiblížit žákům a studentům výuku fyziky experimenty a dalšími tvořivými aktivitami, motivovat je tak pro svůj předmět a umožnit jim fyziku lépe zvládnout a pochopit.

21. Veletrh nápadů učitelů fyziky se v prostorách pedagogické fakulty MU v Brně se konal od pátku 26. 8. do neděle 28. 8. 2016 s mottem „21. veletrh nápadů učitelů fyziky pro 21. století“.

Letošního Veletrhu nápadů učitelů fyziky se zúčastnilo 137 učitelů fyziky všech stupňů škol z celé republiky, 17 žáků ZŠ a 7 studentů PdF MU. V osmi blocích nebo posterové sekci bylo prezentováno 62 příspěvků. Z velké části šlo o představení překvapivých experimentů. Na výstavkách učitele seznámili se svými produkty zástupci firem dodávající pomůcky pro výuku fyziky.

Veletrh byl věnován památce docenta Josefa Janáse, předního českého didaktika fyziky.

Letošní úvodní zvanou přednášku „Potenciál neformálního vzdělávání vo vedeckom centre“ přednesl docent Marián Kireš z Přírodovědecké fakulty UPJŠ v Košicích.

Své aktivity „Strípky z novolíšeňského vědohraní“ v pátek představili na svých stánkách žáci ZŠ Novolíšeňská (nejmladší aktivní účastníci VNUF v historii). Večer pak bylo speciálně otevřeno pro účastníky veletrhu VIDA! science centrum Brno, které bylo spolu s Nadací Depositum Bonum partnerem 21. Veletrhu nápadů učitelů fyziky.

Sobotní nabitý program, zahrnující 4 bloky, posterovou sekci, pečení buchet v solárních vařičích, byl zakončen pokusy v exteriéru. Po nich následoval společenský večer, kdy k poslechu hrála kapela „Těleso“ tvořená učiteli fyziky vlastní skladby s fyzikální tematikou.

Mezi bloky nedělních příspěvků byla předána cena FPS JČMF Václavu Pazderovi. Při závěrečném ceremoniálu převzala štafetu spolu s žezlem Lucie Kolářová, zástupkyně organizátora příštího 22. VNUF z PřF UP v Olomouci.

Dovoluji si za vás poděkovat všem členům organizačního týmu za úsilí, které vynaložili pro zajištění hladkého průběhu 21. VNUF.

V Brně dne 2. 9. 2016

Petr Sládek

Webové stránky těchto setkání jsou umístěny na <http://vnuf.cz/>, včetně odkazu na stránku konference 21. VNUF: <http://katedry.ped.muni.cz/vnuf21>

Ohlédnutí za doc. Josefem Janásem (1934–2009)

PETR SLÁDEK

*Katedra fyziky, chemie a odborného vzdělávání
Pedagogická fakulta, Masarykova univerzita, Brno*



Na IX. Veletrhu nápadů učitelů fyziky, který se konal na Pedagogické fakultě MU v Brně v roce 2004, jste se s ním mohli setkat. Hýřil optimismem, rozséval okolo sebe pohodu a dobrou náladu. Takový byl Josef Janás, navzdory věku mladý, myšlením i chováním.

Překypoval aktivitou a byl aktivním účastníkem, ale i organizátorem mnoha akcí. Byl jedním z těch, kteří vytvořili současnou podobu česko-slovenské didaktiky fyziky.



V roce 1955 promoval na Pedagogické fakultě v oboru matematika-fyzika a následně v roce 1961 i na Přírodovědecké fakultě UJEP v Brně.

Tamtéž úspěšně obhájil rigorózní práci (1972). Kandidaturu zakončil v roce 1981 v oboru teorie vyučování fyzice na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy. V roce 1987 se stává docentem pro obor didaktika fyziky.

Mezi léty 1955–1962 učiteloval na střední škole v Zastávce u Brna, poté přešel na Pedagogickou fakultu MU (dříve UJEP), kde působil později jako vedoucí katedry, proděkan a mezi léty 1991 až 1996 jako její děkan. V období 1996 až 1998 byl jmenován prorektorem Masarykovy univerzity. Je potřeba říct, že i v těchto funkcích byl spolehlivým kamarádem, který nikdy nikoho nepodrazil a kde mohl, pomáhal. Po skončení funkčních období se vrátil na katedru a zejména ke své lásce – výuce, kdy na částečný úvazek učil na gymnáziu v Řečkovících.

Byl členem vědeckých rad, členem Akreditační komise MŠMT ČR pro další vzdělávání pedagogických pracovníků, členem redakční rady časopisu Matematika-Fyzika-Informatika. Aktivně působil v odborné skupině Pedagogická fyzika vědecké sekci JČMF. Pojilo ho pracovní i osobní přátelství s profesorem Wilkem z TU Dresden.

Nepřestal sportovat. Miloval hudbu, často navštěvoval koncerty a operní představení, ale sám také velmi hezky zpíval. Znal spoustu krásných, zejména moravských písní. Byl milovník a znalec dobrého vína.

A takový pro nás, kteří jsme ho znali, v myslí zůstává...



Novinky v biofyzikálních experimentech se školním měřícím systémem ISES

BALEK BRONISLAV

Úvod

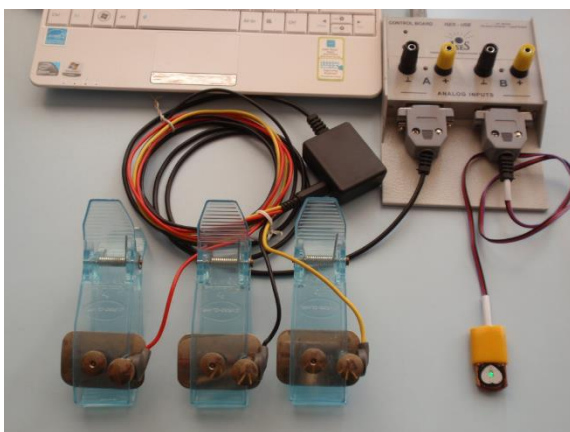
Internetové školní experimentální studio ISES se mimo fyziku a chemii užívá také pro měření biofyzikálních veličin. V humánní medicíně se tyto veličiny nazývají biosignály. Nejčastěji měřené **aktivní elektrické biosignály** jsou **EKG** (elektrická aktivita srdce), **EEG** (elektrická aktivita mozku), **EMG** (elektrická aktivita kosterních svalů), **EOG** (elektrická aktivita okohybných svalů), atd. Mezi měřené **neelektrické biosignály** patří **NIBP** (neinvazivní měření tepenného krevního tlaku), **IBP** (invazivní měření krevního tlaku), **SpO₂** (měření nasycení tepenné krve kyslíkem – možno snímat z prstů rukou i nohou a uší). Dále se měří **pulsová tepenná hemodynamická vlna** (z prstů a uší, vřetenní, krční, spánkové čelní a stehenní tepny), **respirogram** – dechová křivka, **teplota TEMP**, atd.

Jako novinky má měřící systém ISES nový EKG modul, reflexní fotopletysmografický snímač pulsu (PPG), snímač pro invazivní měření krevního tlaku (IBP), snímač dechu, snímač kapek atd. Některé z těchto experimentů budou prakticky předvedeny.

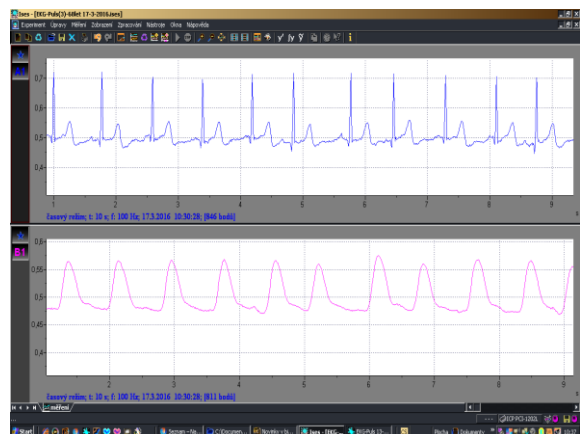
Zajímavým se jeví měření časového zpoždění nástupu tepenné hemodynamické rychlostní pulsové vlny (RPV) od R-kmitu EKG signálu, které bude využito pro určení rychlosti této vlny mezi krční a stehenní tepnou RPV_{cf} a v aortě RPV_a . Viz kap. 3.

Jako další novinku máme snímač pro invazivní měření krevního tlaku **IBP**. Kromě měření hemodynamických veličin v medicíně s ním lze měřit hydrostatické, hydrodynamické i pneumatické tlaky ve fyzice.

1. Snímání EKG a pulzové vlny (autor).



Obr. 1. Vlevo EKG elektrody a EKG modul
Vpravo ISES-USB a fotosnímač (autor)

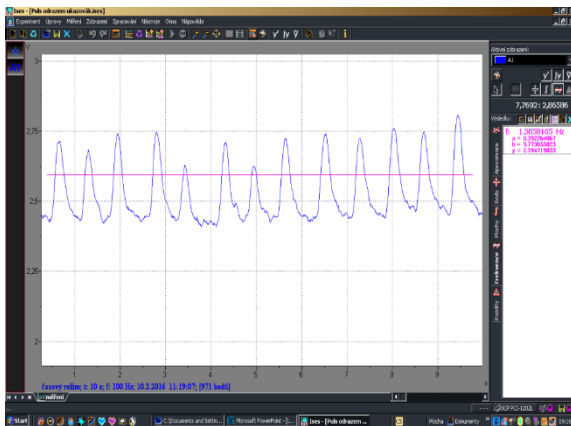


Obr. 2. 1. stopa EKG (modře),
2. stopa KTG karotidogram (fialově) (autor)

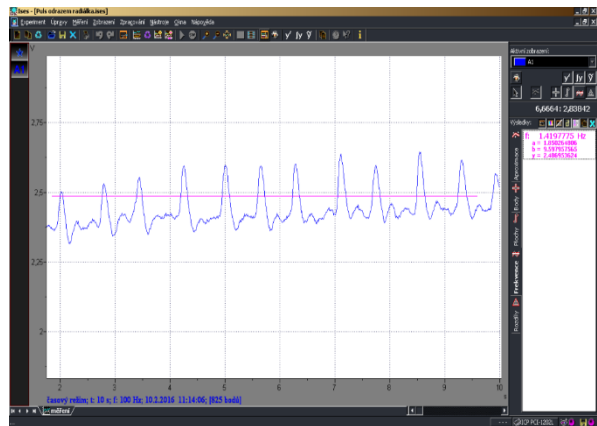
Na obr. 1. je černá krabička náš nový EKG modul. Vpravo na obr. 1 je fotoplethysmografický reflexní snímač (žluté pouzdro, zelená ledka). Na obr. 2 je nahoře 1. stopa EKG (modře), dole 2. stopa KTG karotidogram snímáný z krční tepny (krkavice). KTG je důležitý signál pro polygrafii hemodynamiky krevního řečiště.

2. Pulsově hemodynamické vlny velkých tepen (autor).

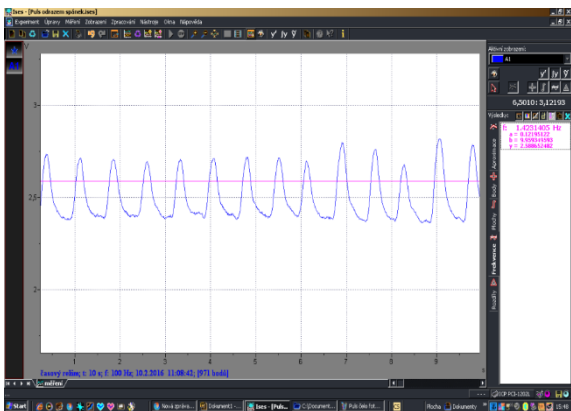
Na následujících obrázcích jsou ukázky různých pulzových vln velkých tepen:



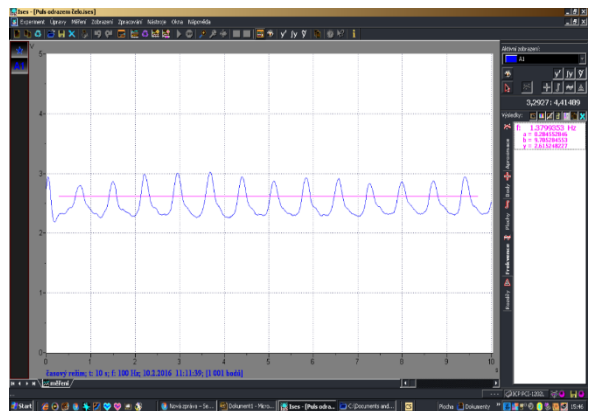
Obr. 3. Pulzová vlna z ukazováku.



Obr. 4. Vlna z arterie radialis (vřetenní tepny)



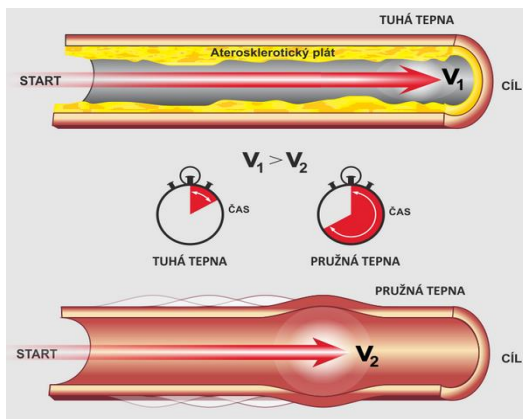
Obr. 5. Pulzová vlna ze spánku.



Obr. 6. Pulzová vlna z čela – Palencefalo gram

Pro snímání výše uvedených pulzových vln je použit reflexní fotoplethysmografický snímač obr. 1. Pulzová vlna z ukazováku obr. 3 je u běžných patientských monitorů snímána průchozím (transmisním) fotoplethysmografickým snímačem umístěným v příslušném klipsu a navíc se měří nasycení krve kyslíkem SpO_2 [%].

3. Rychlost hemodynamické pulsové vlny $v=RPV$ [m/s] a tuhost aorty [1].

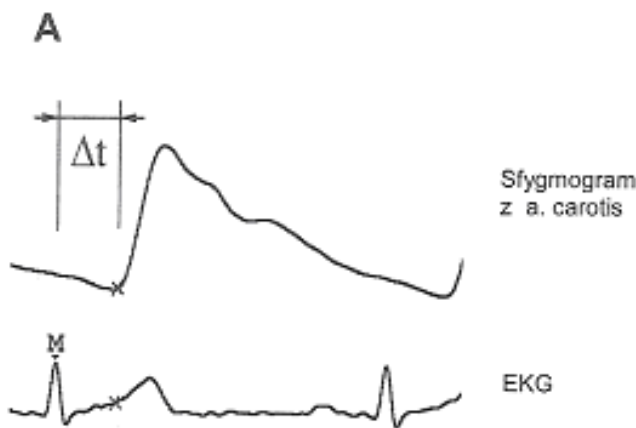


Rovnice continuity: $S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2$

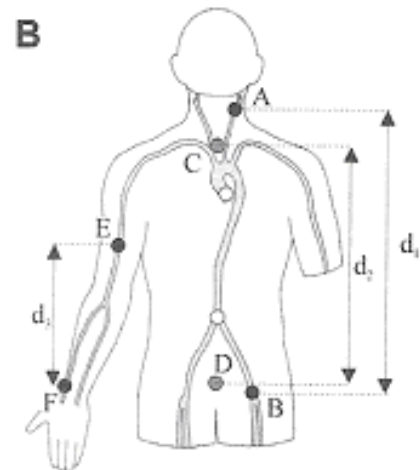
Tuhá tepna je zanesena tukovými pláty způsobujícími tuhost cévních stěn. Má menší průřez S_1 [m²], tím větší rychlost v_1 [m/s], větší hemodynamický odpor a kratší čas. Typické pro starší osoby.
Pružná tepna nemá tukové pláty, má větší průřez S_2 [m²], nižší rychlost v_2 [m/s], menší hemodynamický odpor, delší čas díky pružným stěnám. Typické pro mladší osoby.

Obr. 7. Srovnání tuhé a pružné tepny. Zdroj ICRC-FNUSA Brno

Rychlost pulsové vlny RPV předpovídá kardiovaskulární riziko úmrtnosti ze všech příčin, zvláště u choroby ledvin v posledním stádiu, u pacientů s hypertenzí, u pacientů s cukrovkou a u seniorů. K určení tuhosti aorty se v klinické praxi jako „zlatý standard“ používá karoticko-femorální (krkavico-stehenní) RPV (**RPV_{cf}**). Měří se tranzitní čas jako rozdíl (a.carotis – a.femoralis) a vzdálenost mezi oběma místy, viz další obrázek 8. Na základě této metody byla z několika klinických studií sestavena tabulka referenčních hodnot, viz tab. 8. RPV_{cf} je větší u tuhých tepen, proto roste s věkem a s hodnotami krevního tlaku. Vyšší RPV_{cf} vztahované k věku představuje zvýšené riziko výskytu hypertenze, která je hlavní příčinou úmrtí pro infarkt myokardu a cévní mozkovou příhodu



Obr. 8A. Měření zpoždění Δt mezi R-kmitem EKG (bod M) a nástupem pulsové vlny (viz sfygmogram) krční tepny [1].



Obr. 8B. d_1 =vzdálenost (AB) mezi krční a stehenní tepnou, d_2 =vzdálenost (CD) mezi horním okrajem manubrium sterny (C) a symfýzou (D) [1].

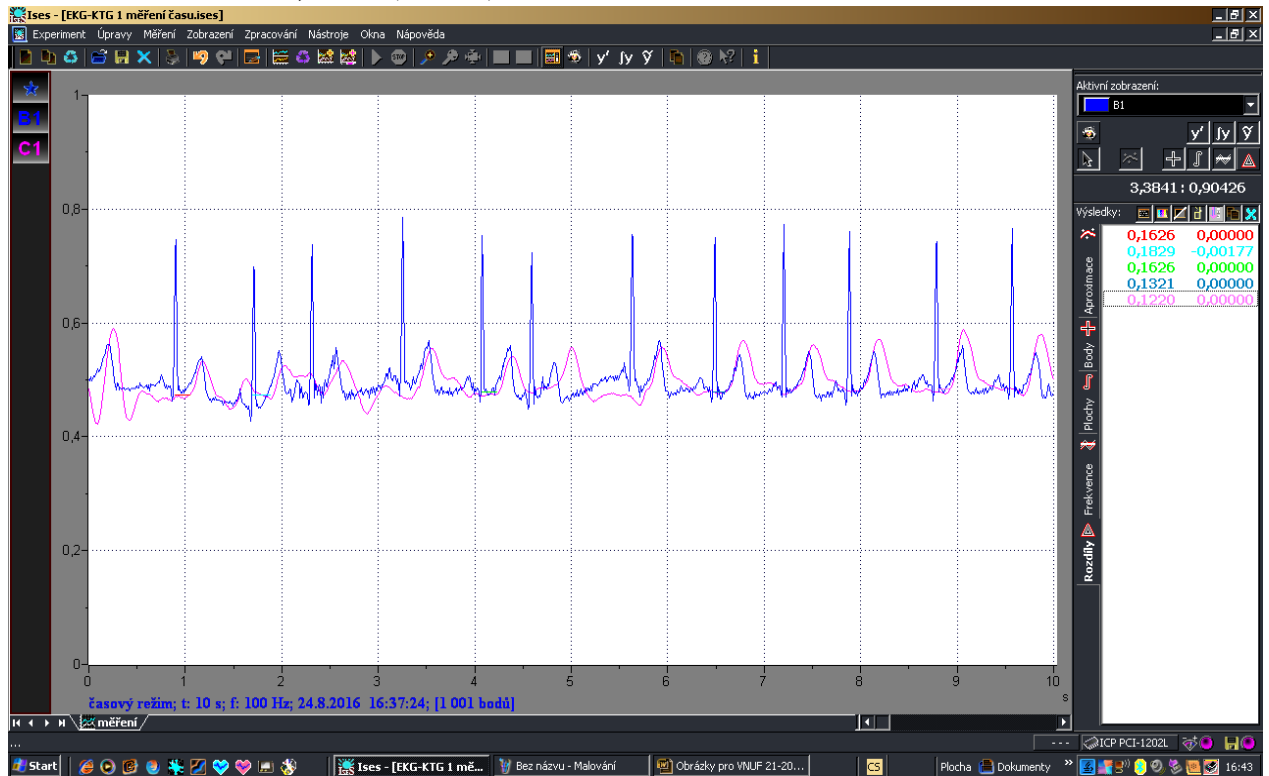
Měří se časový úsek Δt mezi kmitem $R \equiv M$ (EKG) a nástupem pulsové vlny krční tepny označený x . Dále se změří čas mezi kmitem $R \equiv M$ (EKG) a nástupem pulsové vlny stehenní tepny. Také se změří vzdálenost mezi krční a stehenní tepnou. Z měření se pak určí karoticko-femorální rychlost pulsové vlny **RPV_{cf}**. U mladých lidí je **RPV_{cf}** nižší, protože mají pružnější tepny a nemají tepny zaneseny tukovými pláty a také mají

menší hemodynamický odpor krevního řečiště. Měření se provádí novinkou foto-plethysmografickým reflexním snímačem pulsové vlny. Tímto snímačem lze měřit pulsové vlny většiny velkých podvrchových tepen.

Věk (roky)	Rychlost pulsové vlny (m/s)							
	2,5	5	10	50	75	90	95	97,5
20	5,93	6,31	6,76	8,36	9,28	10,27	10,94	11,58
30	5,72	6,15	6,66	8,45	9,47	10,58	11,33	12,05
40	5,59	6,07	6,63	8,63	9,75	11,02	11,86	12,66
50	5,57	6,10	6,71	8,90	10,14	11,51	12,43	13,30
60	5,70	6,27	6,94	9,33	10,68	12,17	13,18	14,13
70	6,01	6,63	7,36	9,96	11,38	13,06	14,15	15,19
80	6,48	7,15	7,93	10,72	12,27	14,04	15,21	16,32
90	7,15	7,87	8,70	11,68	13,39	15,23	16,48	17,67

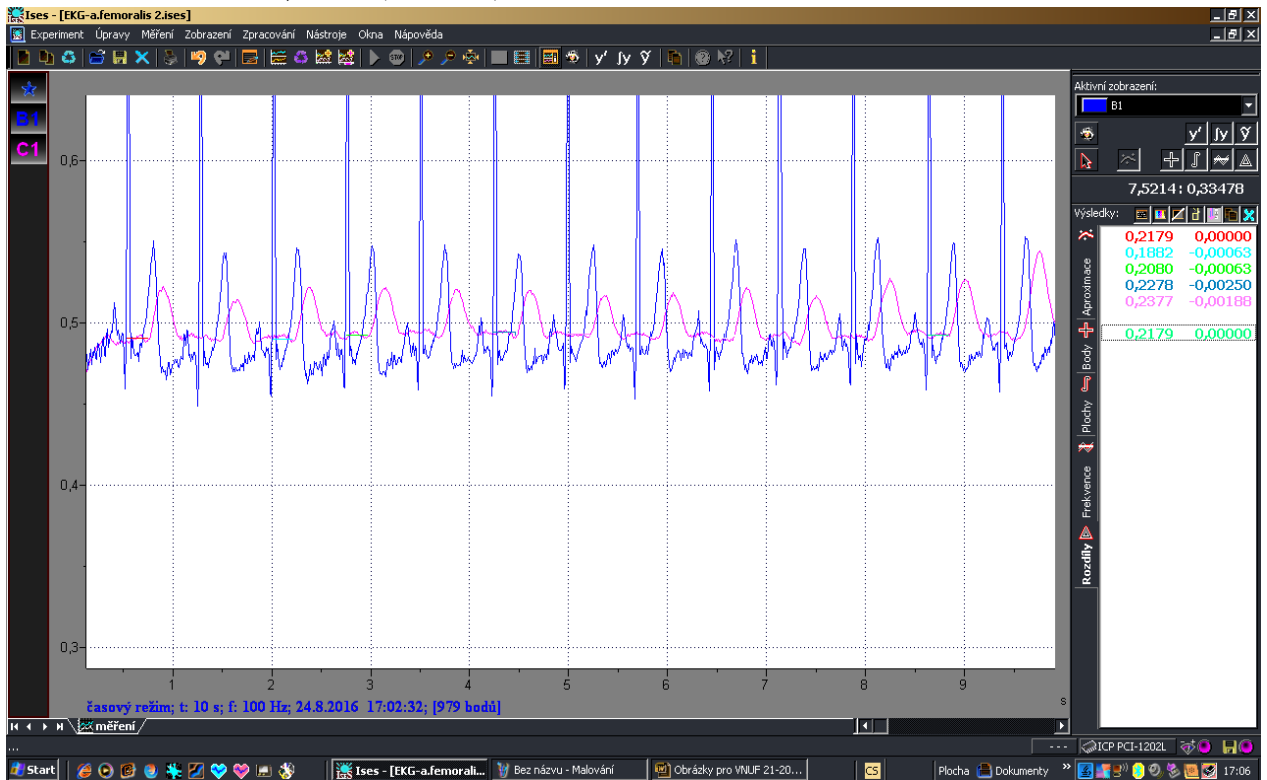
Tab. 1: Referenční intervaly rychlosti pulsové vlny RPV_{cf} pro vybrané percentily [1].

3.1. Měření zpoždění Δt_1 mezi R-kmitem EKG a a.carotis (krkavici). Průměr $\Delta t_1 = 0,152$ s (obr. 9).



Obr. 9. Měření zpoždění Δt_2 mezi R-kmitem EKG a a.carotis (krkavici) (autor).

3.2. Měření zpoždění Δt_2 mezi R-vlnou EKG a a.femoralis (stehenní tepnou). Průměr $\Delta t_2 = 0,216$ s (obr. 10)



Obr. 10. Měření zpoždění Δt_2 mezi R-vlnou EKG a a.femoralis (stehenní tepnou) (autor)

3.3. Výpočet karoticko-femorální RPV (RPV_{cf}) a rychlosti pulzové vlny v aortě RPVa.

a) Výpočet rychlosti karoticko-femorální pulzové vlny RPV_{cf} [m/s]:

dle obr. 9 je $\Delta t_1 = 0,152$ s a obr. 10 je $\Delta t_2 = 0,216$ s,

a dle obr. 8B je $d_1 = 0,67$ m, pak platí:

$$RPV_{cf} = d_1 / (\Delta t_2 - \Delta t_1) = 0,67 / (0,216 - 0,152) = \boxed{10,5 \text{ m/s}}$$

Dle tabulky 1 se blíží s $RPV_{cf} = 10,5$ m/s percentilu 50 pro věk 70 let. Nedosahují šedého pole pro percentily 95-97,5. Kdo přesahuje percentilu 90, měl by si měřit krevní tlak alespoň 2x ročně.

b) Výpočet průměrné hodnoty $MRPV_{cf}$ [m/s] pro věk 70 let:

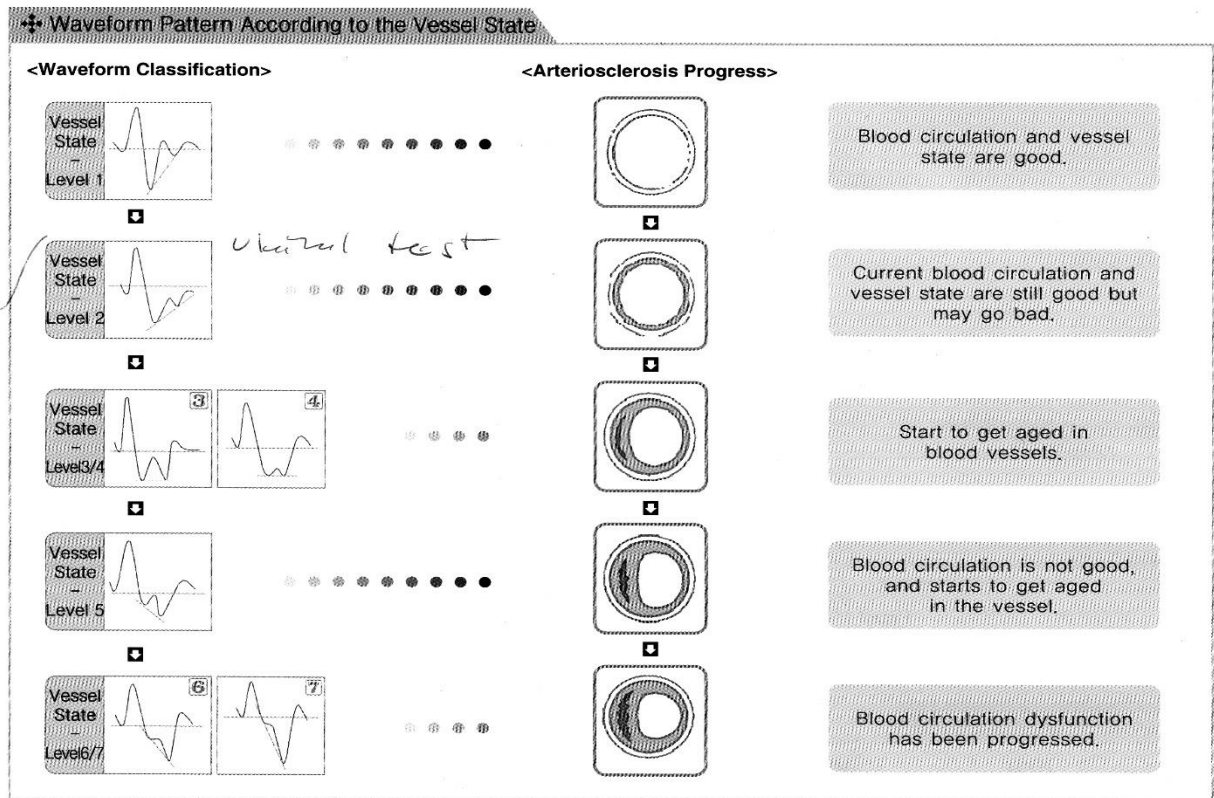
$$MRPV_{cf} = 8,325 + 0,005x(\text{věk}/10)\exp^3 = \boxed{10,04 \text{ m/s}}$$

Srovnání hodnot měřením $RPV_{cf} = 10,5$ m/s a výpočtem $MRPV_{cf} = 10,04$ m/s se hodnoty téměř neliší.

c) Výpočet skutečné rychlosti pulzové vlny v aortě RPVa pro $d_2 = 0,45$ m:

$$RPVa = (d_2 - 0,05\text{m}) / (\Delta t_2 - \Delta t_1) = (0,45 - 0,05) / (0,216 - 0,152) = \boxed{6,25 \text{ m/s}}$$

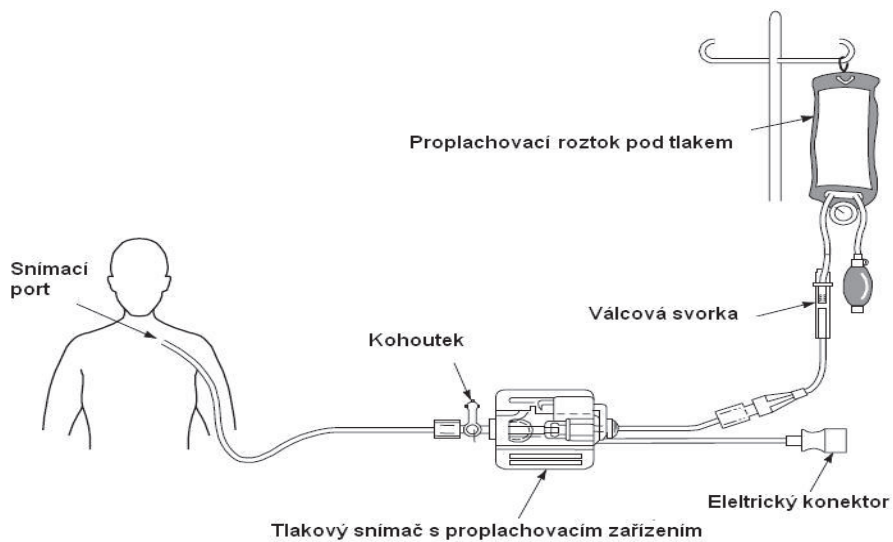
3.4. Pulzové vlny v závislosti na stavu tepen. (Měřeno na autorovi).



Obr. 11. Pulzové vlny v závislosti na stavu tepen (autor)

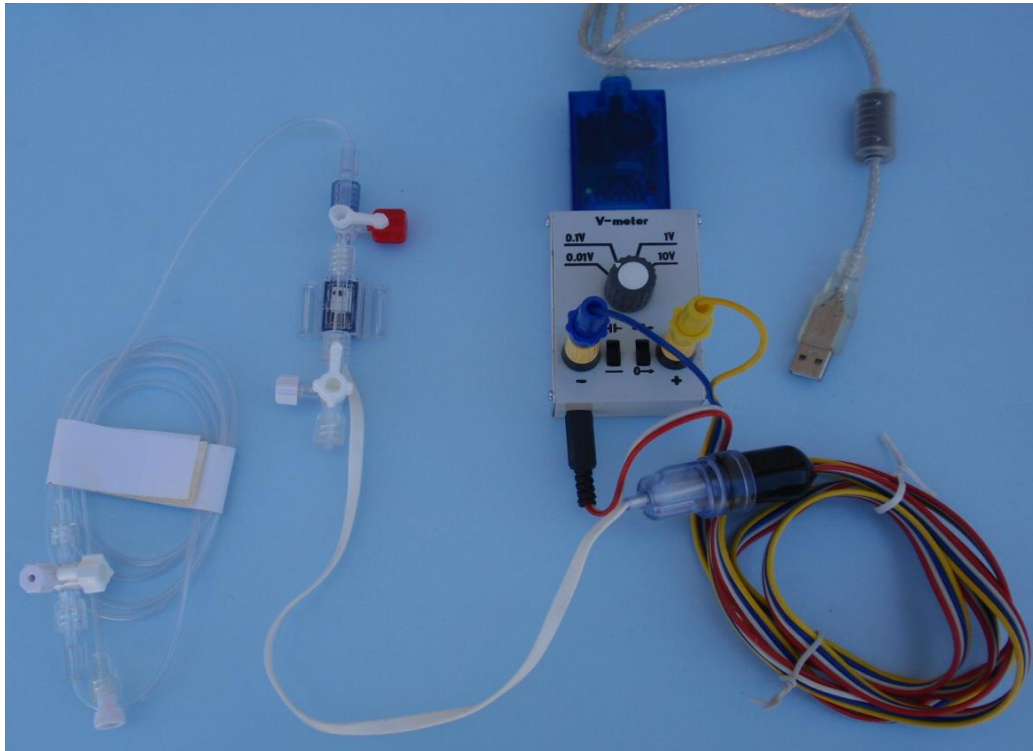
Levý sloupec – Klasifikace pulsových vln. Pravý sloupec – Stupeň arteriosklerózy.

4. Invazivní měření krevního tlaku IBP [2]



Obr. 12. Schéma měřicí linky pro invazivní měření krevního tlaku IBP [2]

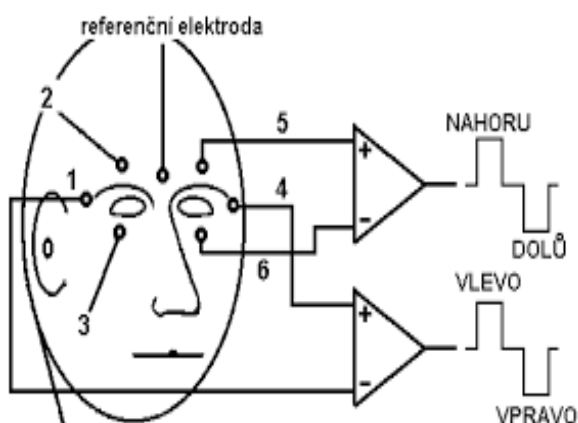
4.1. Zapojení pro invazivní měření krevního tlaku IBP s ISES-Link.



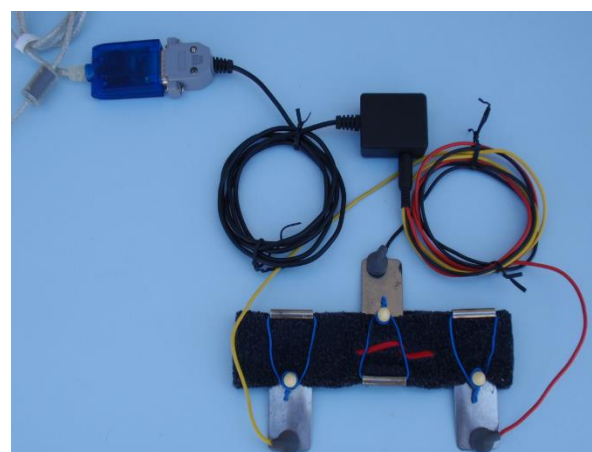
Obr. 13. Praktické zapojení pro invazivní měření krevního tlaku IBP s ISES-Link (autor)

Invazivní měření tepenného nebo žilního krevního tlaku se, mimo jiné, hlavně používá při kardiochirurgických operacích a na kardiochirurgických pooperačních jednotkách intenzivní péče. Tato invazivní měření jsou kontinuální. Okamžité průběhy krevních tlaků se zobrazují na obrazovkách lůžkových monitorů. Měřicí kanyly se zavádějí převážně do vřetenní tepny a vřetenní žíly. Žilní tlak se může také měřit z podklíčkové žíly, viz obr. 13 označený jako snímací port.

5. Elektrokulogram EOG. Elektrická aktivita okoohybných svalů.

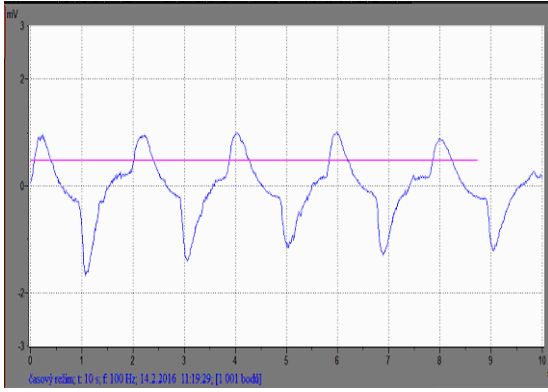


Obr. 14. Umístění EOG elektrod [3].

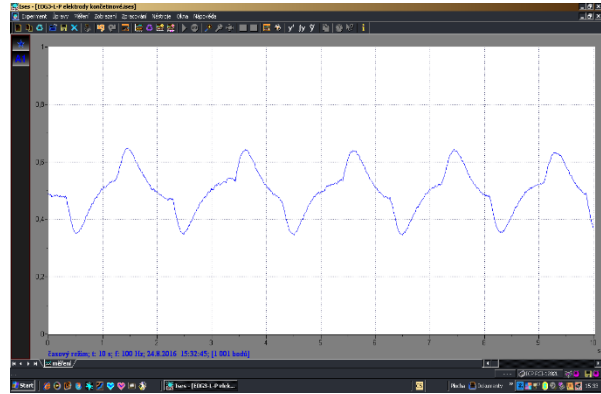


Obr. 15. EOG elektrody pro opakované použití zabudované v čelence (autor)

5.1. Grafy aktivity okohybných svalů EOG (autor)



Obr. 16. EOG při pohledu nahoru-dolů
Aktivní EOG elektrody 5 a 6.
Snímáno samolepicími elektrodami



Obr. 17. EOG při pohledu vlevo-vpravo
Aktivní EOG elektrody 1 a 4.
Elektrody pro opakované použití

5.2. Elektrokulogram EOG – teorie

Elektrokulogram registruje elektrické klidové oční potenciály mezi předním a zadním pólem oka, které vznikají při pohybech oka ve vodorovném nebo svislém směru. Oko může být uvažováno jako dipól kde rohovka (*cornea*) je kladná oproti sítnici (*retina*). Elektrody jsou umístěny vodorovně a svisle v těsné blízkosti oka. Signál z těchto elektrod je přiveden na vstup diferenčního zesilovače. Referenční elektroda je obvykle umístěna na spánku, ušním lalůčku nebo čele.

Signál má velikost řádově stovky μV až jednotky mV a frekvenční rozsah od 0,1 Hz do 30 Hz.

Elektrokulografie může diagnostikovat funkce okohybných svalů, vysunutí oka z očnínice, při sledování pohybu očí ve spánku, u kojenců a dětí předškolního věku při diagnostice některých cévních poruch. Analýza bočních pohybů očí se využívá také u psychofyziologických metod (např. logopedii), při hodnocení emocí, stresu, únavy nebo léčby psychofarmaky.

Literatura

- [1] Nováková, Z. a kol. *Praktická cvičení z fyziologie*. Masarykova univerzita Brno, 2011.
- [2] Balek, B. *Fyzikální experimenty okoreněné biologií-kardiomonitor*. Sborník VNUF2012/17.
- [3] Válková A. *Processing of short-period records of eye movements with interpretation of bioelectric activity*. Technical university of Ostrava, Conference YBERC 2006.

Několik poznámek o povrchovém napětí

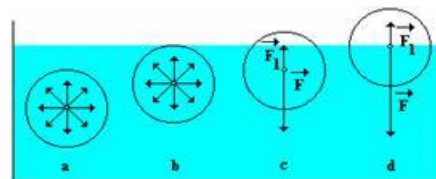
ZDENĚK BOCHNÍČEK

Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity, Brno

V příspěvku je navržen alternativní středoškolský výklad vzniku povrchového napětí včetně doprovodných experimentů. Jsou uvedeny málo zmiňované důsledky existence povrchové energie a podrobněji je rozebrán problém plavání drobných předmětů na vodní hladině.

Poznámka 1: Výklad povrchového napětí

Klasický učebnicový výklad vzniku povrchového využívá existence sil mezimolekulárního působení a jejich asymetrie v blízkosti hladiny. Výklad je doprovázen obrázkem 1 (nebo obrázkem podobným)



Obr. 1

Tento způsob výkladu má minimálně dvě slabá místa:

1) Výslednice sil působící na jednotlivou molekulu v povrchové oblasti nemůže mít směr pod hladinu kapaliny. To by podle druhého Newtonova zákona způsobilo zrychlení molekuly dovnitř kapaliny. V klidné kapalině jsou molekuly v silové rovnováze (zde neuvažujeme chaotický tepelný pohyb). Tento rozpor s Newtonovým zákonem je obvykle řešen tvrzením, že zakreslené šipky ukazují pouze přitažlivé síly, nikoliv výslednice všech sil. Stěží lze ovšem zdůvodnit, proč pouze přitažlivé síly jsou významné. V mechanice je vždy rozhodující výslednice všech působících sil.

2) I kdybychom připustili, že asymetrie přitažlivých sil je podstatná, nevysvětlíme tak existenci síly povrchového napětí, která leží v rovině povrchu. Existence síly se zdůvodňuje buď energetickými úvahami, nebo jako důsledek experimentu, například s rámečkem a pohyblivou příčkou.

K výkladu příčin vzniku povrchového napětí je možné použít alternativní způsob, který namísto sil využívá energetické úvahy. Autor tento postup používá řadu let ve fyzice pro studenty chemie a biochemie na Přírodovědecké fakultě MU. Vzhledem k reálným fyzikálním znalostem těchto studentů je výklad veden tak, že by měl být srozumitelný i pro žáky středních škol.

Alternativní výklad vzniku povrchového napětí

Výchozím bodem je opět mezimolekulární (meziatomární) interakce, ale tentokrát se použije energetický popis. Žáci znají z chemie graf závislosti potenciální energie mezi dvěma atomy či molekulami, a také pojem vazebná energie. Argumentační sled je následující:

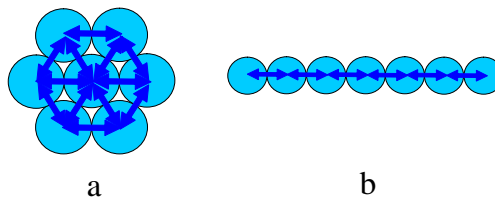
1) Každé vytvoření vazby znamená uvolnění energie, tedy systém sníží svoji potenciální energii.

2) Dosažení minimální potenciální energie je obecně cílený stav. Můžeme použít následující analogii: To, že těleso padá v tíhovém poli k zemi, můžeme vysvětlit dvěma způsoby

a) působí tíhová síla – tradiční postup

b) v menší výšce má těleso menší potenciální energii a to je stav, který příroda obecně upřednostňuje.

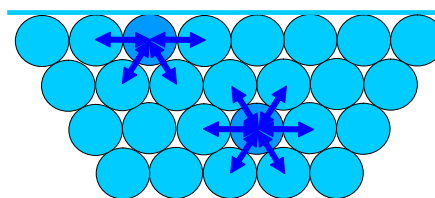
3) Je-li vznik každá vazby doprovázen snížením energie, pak pokles energie bude tím větší, čím více vazeb se vytvoří. Kdybychom například měli sedm v rovině volně pohyblivých molekul se vzájemnou přitažlivou interakcí, vytvoří spíše konfiguraci (a) než (b), protože v pozici (a) vytváří celkem 12 vazeb, zatímco v pozici (b) jen 6. viz obrázek 2, a tedy pozice (a) má nižší celkovou potenciální energii.



Obr. 2

Tuto část výkladu lze doplnit velmi pěkným experimentem. Volně pohyblivou molekulu znázorňuje drobná mince plovoucí na vodní hladině, přitom mezi blízkými mincemi působí přitažlivá síla. Pokud umístíme na hladinu do vzájemné blízkosti několik mincí, pravděpodobně se spontánně seskupí do tvaru blízkého s obrázkem (a). Pokus provádíme ve větší Petriho misce na zpětném projektoru, takže je velmi dobře sledovatelný i v početnějším publiku.

4) Molekuly v objemu kapaliny jsou obklopeny sousedními molekulami ze všech stran, vytvořily tedy maximální počet chemických vazeb a nejvíce snížily svoji potenciální energii. Zatímco molekuly v blízkosti povrchu tolik vazeb nenaváží a nedokáží tedy snížit energii na teoretické minimum, viz obrázek 3. S existencí povrchu (obecněji rozhraní) je tak spojena existence „energie navíc“. Říkáme jí povrchová energie a je zcela přirozené, že její velikost je přímo úměrná ploše povrchu. Konstantou úměrnosti je materiálová konstanta nazývaná povrchové napětí.

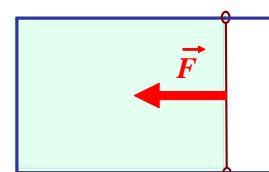


Obr. 3

$$E_s = \sigma \cdot S$$

5) Existenci síly povrchového napětí vysvětlíme na základě souvislosti mezi silou a mechanickou prací: Kapalina se snaží zmenšit velikost svého povrchu, Jaký má tedy směr síla, kterou kapalina musí působit na pohyblivou příčku v pokusu s rámečkem? Takovou, jaký je vyznačený směr na obrázku.

Vztah mezi velikostí této síly a povrchovým napětím se pak již odvodí snadno známým způsobem.



Obr. 4

Uvedený postup je sice argumentačně zdlouhavější, než obvyklý výklad, nemá však výše zmíněná slabá místa. Dle mínění autora má navíc následující výhody:

- a) Využívá znalostí o chemických vazbách z chemie, a tak prohlubuje mezipředmětové vztahy.
- b) Zdůrazňuje obecný koncept směřování fyzikálních systémů do minima potenciální energie.
- c) Připomíná a aplikuje souvislost mezi silou, mechanickou prací a změnou energie.

Poznámka č 2: Jevy související s povrchovým napětím

Povrchové napětí je v učebnicích součástí vlastnosti kapalin, ale ani tradiční ani zde uvedený způsob výkladu není omezen pouze na kapalnou fázi, všechny argumenty lze použít i na povrch pevných látek, obecně tedy na rozhraní kondenzovaných fází. Tato skutečnost bohatě rozšiřuje množství jevů souvisejících s povrchovým napětím, než jsou jevy obvykle zmiňované v učebnicích. Uvedeme několik příkladů.

Nukleace nové fáze

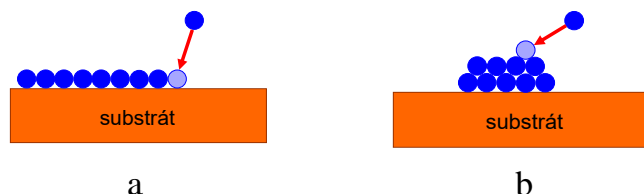
Nukleace nové fáze probíhá na samém počátku fázové změny. Současně se vznikem zárodku totiž vzniká i rozhraní původní a nové fáze, což zvyšuje energii systému a tvoří bariéru pro fázovou změnu. Bližší informace lze nalézt například v [1].

Nečistoty nebo různá poškození povrchu snižují výšku energetické bariéry, a tak usnadňují vznik zárodku. Tento proces se nazývá heterogenní nukleace. S heterogenní a homogenní nukleací souvisí řada více či méně známých jevů:

- existence přechlazené a přehřáté vody a jejich náhlé ztuhnutí či var
- vznik proudu bublinek na stěnách nádob se sycenými nápoji
- vznik oblačnosti (londýnská mlha)
- zahřívací polštářky
- apod.

Depozice tenkých vrstev

Technologie přípravy tenkých vrstev je v dnešním průmyslu zcela klíčová. Lze připravit vrstvy s atomárně rovinným rozhráním. Při růstu vrstvy jsou však zcela podstatné povrchové energie existujících rozhraní, takže vrstva může spontánně růst po jednotlivých rovinách anebo v ostrůvcích (obrázek 5a a 5b).



Obr. 5

Biomembrány

Biomembrány jsou tvořeny molekulami zvanými fosfolipidy, jejichž jedna část je tzv. hydrofilní a druhá hydrofobní. Ve světle předchozí argumentace lze říci, že povrchová energie rozhraní vody a hydrofobní části je velká, zatímco rozhraní vody a hydrofilní části má energii malou. Proto molekuly přednostně vystavují vodnímu prostředí hydrofilní část a skrývají před vodou část hydrofobní (koncept dosažení minima potenciální energie).

Sání vody do vysokého stromu

Ve kmeni stromu je spojitý sloupec vody, kterým je voda dopravována do všech částí rostliny. Voda je držena ve sloupci silou povrchového napětí vody v mikroskopických pórech listů. Pokud je sloupec vody vyšší než 10m, znamená to, že je v něm záporný tlak (záporná hodnota v pascálech, nikoliv pouze podtlak oproti atmosférickému tlaku). Kapalina snese záporný tlak, pokud je v ní potlačen vznik bublinek páry, podobně jako v přehřáté vodě. Povrchové napětí tedy umožňuje sání vody do vysokých stromů dvěma mechanismy: kapilárním tlakem udrží vysoký sloupec vody a současně umožní, že v tomto sloupci při záporném tlaku nezačne voda vřít.

Poznámka č 3: Plavání na vodní hladině

Jedním z příkladů, na kterém se demonstruje existence povrchového napětí, je plavání drobných předmětů na vodním povrchu, například mince, jehly či ve volné přírodě vodoměrky. Přesto je tento jev někdy nesprávně interpretován, protože samotná síla povrchového napětí by v některých případech k plavání nepostačovala. Ukážeme si to na jednom příkladu.

Stará 10 haléřová mince má průměr 15,5 mm a hmotnost 0,6 g a snadno ji na vodní hladinu umístíme. Povrchové napětí bude nadnášet minci maximální silou, pokud bude vodní hladina mít v kontaktu s mincí svislý směr, viz obrázek 6. Celkovou sílu povrchového napětí pak spočítáme jako

$$F = 2\pi r\sigma = 2 \cdot \pi \cdot 0,00775 \cdot 0,0728 = 3,55 \cdot 10^{-3} \text{ N},$$

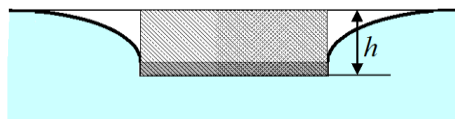
což je asi polovina síly potřebné pro kompenzaci tíhové síly působící na minci. V případě těžších mincí, jako například 20 hal a 50 hal je situace ještě nepříznivější. Přesto všechny tyto mince na vodní hladině bez problémů plavou.



Obr. 6

Je tedy zřejmé, že k vysvětlení plavání lehkých předmětů samotné povrchové napětí nepostačuje, i když je nepochybně nezbytné (kápneme-li na hladinu trochu jaru, mince se ponoří). Musí tam být nějaký jiný zdroj síly, který se k síle povrchového napětí přičítá.

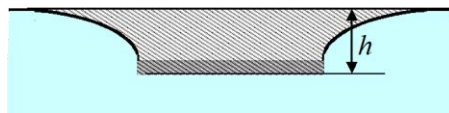
Je to Archimédův vztlak. Dno mince je v hloubce h , ve které je hydrostatický tlak $h\rho g$. Na horní straně mince je hydrostatický tlak nulový. Síla Archimédova vztlaku je rovna $h\rho gS$, kde S je plocha podstavy mince. Jinak řečeno hydrostatická vztlaková síla je rovna tíhové síle vyšrafovaného objemu kapaliny z obrázku 7. Celkovou sílu, kterou je mince nadnášena, můžeme zapsat jako



Obr. 7

$$F = 2\pi r\sigma + h\rho gS$$

Na situaci je možné pohlédnout ještě z jiné stránky. Můžeme si představit, že mince spolu s povrchovou blánou tvoří stěny fiktivní „lodičky“, která plave výhradně díky Archimédovu vztlaku. Vztlaková síla je pak rovna tíhové síle objemu tvořeného objemem celé prohlubně vodní hladiny plus objemu vlastní mince, tedy vyšrafovanému objemu z obrázku 8.



Obr. 8

Při tomto jevu musí být ve statické rovnováze nejen mince, ale i povrch kapaliny. Protože zde existuje volná hladina i v nižší úrovni, než je nezakřivený volný povrch vody, musí být hydrostatický tlak nějak kompenzován. I tuto funkci plní povrchové napětí, a to prostřednictvím zakřivení povrchu. Je známo, že v kapce vody je kapilární tlak roven

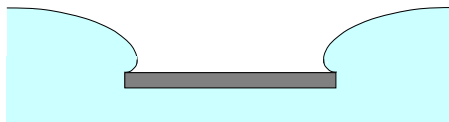
$$p = \sigma \frac{2}{r} \quad \text{pro kouli,} \quad \text{resp. } p = \sigma \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \quad \text{pro obecný tvar,}$$

kde r_1 a r_2 jsou principiální poloměry křivosti v daném bodě na povrchu. Za předpokladu, že poloměr mince je mnohem větší, než poloměr sklenutí menisku lze psát

$$p = \sigma \frac{1}{r} = mgh.$$

Výše uvedená rovnice současně vyjadřuje, že kapilární tlak musí být z důvodů statické rovnováhy roven hydrostatickému tlaku v dané hloubce h . S hloubkou tedy musí přímo úměrně růst zakřivení povrchu kapaliny.

Na obrázcích 6, 7 a 8 je znázorněna situace, kdy je svislá složka síly povrchového napětí maximální. Minci lze ale ponořit ještě hlouběji. Hladina se pak sklání k hornímu povrchu mince. Mezní ponoření nastane, až je hladina tečná k povrchu mince, viz obrázek 9, pak se mince zaplaví. I zde s rostoucí hloubkou roste zakřivení povrchu kapaliny.



Obr. 9

Experiment

Síly působící na těleso vtačované do povrchové vrstvy kapaliny lze dobře demonstrovat v jednoduchém experimentálním uspořádání. Sílu měříme pomocí citlivých digitálních vah, citlivost minimálně 0,01g. Byl použit přípravek zobrazený na obrázku 10. Tělísko, mince, bylo upevněno na konci tyčky, která byla zavěšena na otočnou rukojeť

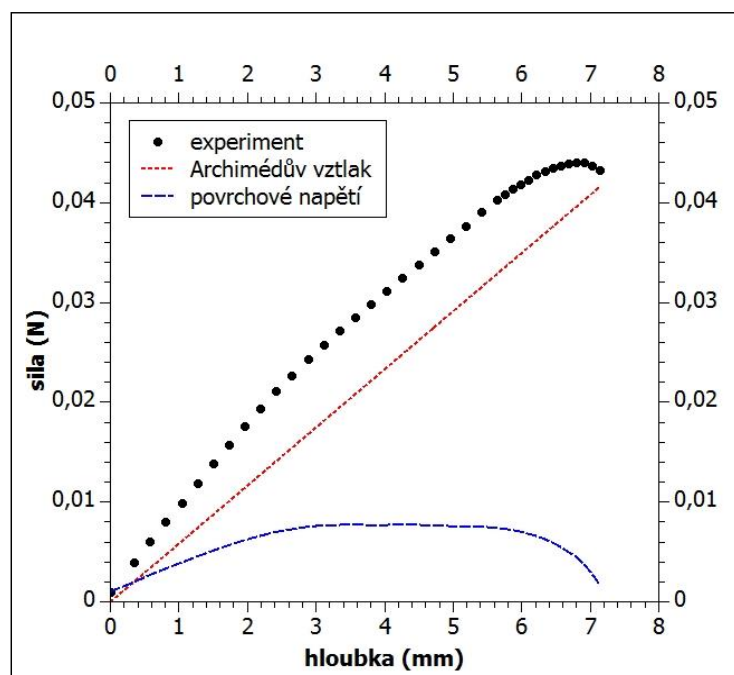
mikrometru. Mikrometr byl pevně uchycen k chemickému stojanu. Šroubováním mikrometru vlačujeme tělísko do kapaliny a váhami, na kterých je položena nádobka s vodou, měříme sílu. Výsledek měření s 50 Kč mincí je na obrázku 11.

Vidíme, že při vlačování mince lze rozlišit tři oblasti:

- 1) Od počátku klesá kontaktní úhel (měřený od svislé boční hrany mince) a celková síla roste rychleji, než odpovídalo Archimédovu zákonu.
- 2) Jakmile kontaktní úhel klesne na nulu a síla povrchového napětí dosáhne maxima, situace z obrázku 6. Od této pozice voda klouže podél svislé stěny mince a směrnice závislosti sílu na hloubce kopíruje Archimédův zákon.
- 3) Když povrchová vrstva kapaliny dosáhne horního okraje mince, začne se vydouvat nad horní plochu mince. Jelikož svislé složka síly povrchového napětí klesá k nule, blíží se výsledná síla síle dle Archimédova zákona. Po dosažení maxima vydutí, (obrázek 9) se mince zaplaví.



Obr. 10



Obr. 11

Literatura

- [1] Bochníček, Z. *Experimentální studium náhlého zamrznutí podchlazené vody*, Veletrh 14, Brno 2009.

Fyzika ve filmu

VERONIKA BURDOVÁ, JIŘÍ TESARŮ

Katedra aplikované fyziky a techniky, Pedagogická fakulta JU Č. Budějovice

Příspěvek popisuje využití vybraných scének z českých filmů při výuce fyziky. Dále podává vyhodnocení dotazníkového šetření zaměřeného na ověření efektivity výuky a na motivaci studentů při použití videosekvencí ve výuce. Součástí příspěvku je i fyzikální analýza zajímavé filmové scény známého českého filmu.

Teoretická východiska

Fyzika je pro žáky a studenty mnohdy nudným předmětem a její neuvěřitelný přesah do všednodenního života si vůbec neuvědomují. Základem hodiny fyziky by měl být pokus, ale ne vše lze pokusem ukázat. V době, kdy klesá časová dotace hodin fyziky, není vždy ani možné všechny pokusy dělat. Videosekvence trvají kolem 30 s a nejsou časově tolik náročné. Pro žáky a studenty jsou videosekvence zpestřením hodiny a prohlubují jejich zájem o danou problematiku.

Proto byla na katedře aplikované fyziky a techniky vypsána a posléze realizována diplomová práce [1], jejímž cílem bylo provést didaktickou analýzu fyzikálních scén z vybraných českých filmů, navrhnout a odzkoušet jejich zařazení do výuky fyziky na ZŠ, resp. na gymnáziu. Součástí této diplomové práce bylo také dotazníkové šetření, jehož cílem bylo ověřit přínos této metody.

Zda je použití videosekvencí ve výuce fyziky efektivní, bylo následně ověřeno v případové studii, která ověřovala rozvoj poznatkové struktury a porozumění učivu. Další dotazníkové šetření se zabývalo tím, jak tuto metodu vnímají samotní žáci a studenti. Třetí část dotazníkového šetření byla zaměřena na faktickou znalost vybraných filmů mezi žáky.

Výsledky dotazníkového šetření

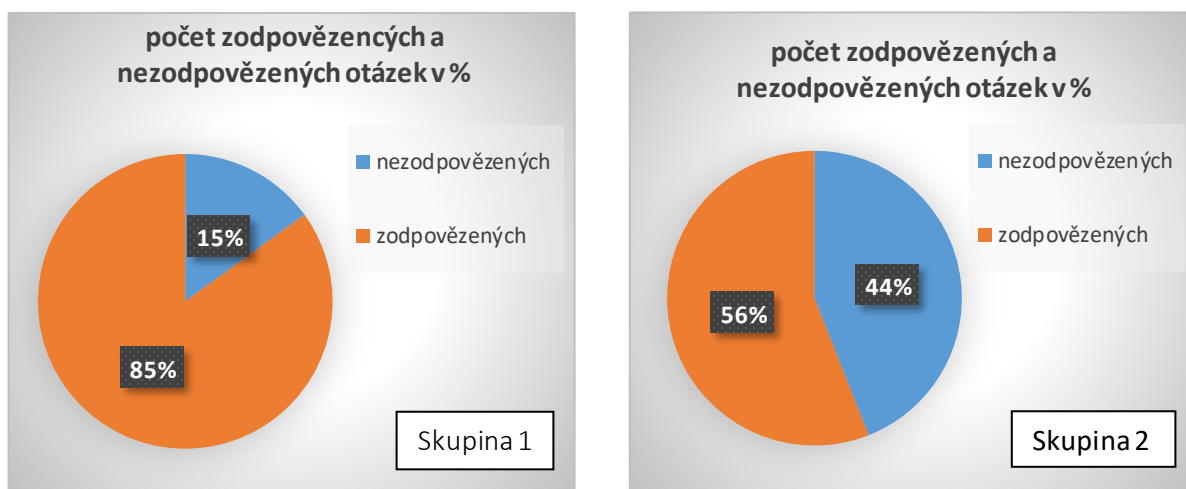
Pedagogická sonda na ZŠ – efektivita výuky

První pedagogickou sondu jsme uskutečnili na Základní škole Máj v Českých Budějovicích. Cílem sondy bylo zjistit, zda bude rozdíl mezi třídou, kde budou využívány videosekvence – skupina 1 (30 žáků) a třídou, kde využity nebudou – skupina 2 (28 žáků). Abychom v obou třídách získali stejné výzkumné podmínky a nebyla jedna třída znevýhodněná, tak jsme chybějící videosekvence v kontrolní skupině nahradili demonstračními pokusy. Výklad v obou třídách probíhal stejně. U obou ročníků se jednalo o závěrečné opakování učiva základní školy. Vybrali jsme tato 4 témata: Archimédův zákon, Newtonovy zákony – Zákon setrvačnosti, Akustika – ozvěna, termodynamika – délková teplotní roztažnost.

K těmto tématům jsme vybrali následující filmy: Raftáci – výroba vlastního plavidla na vrakovišti, Slunce, seno, jahody – výskok z vlaku a rada třísetletého občana, Král Ozvěny – podvod s ozvěnou, díky jemuž se snaží Nebeskníže získat dceru princezny,

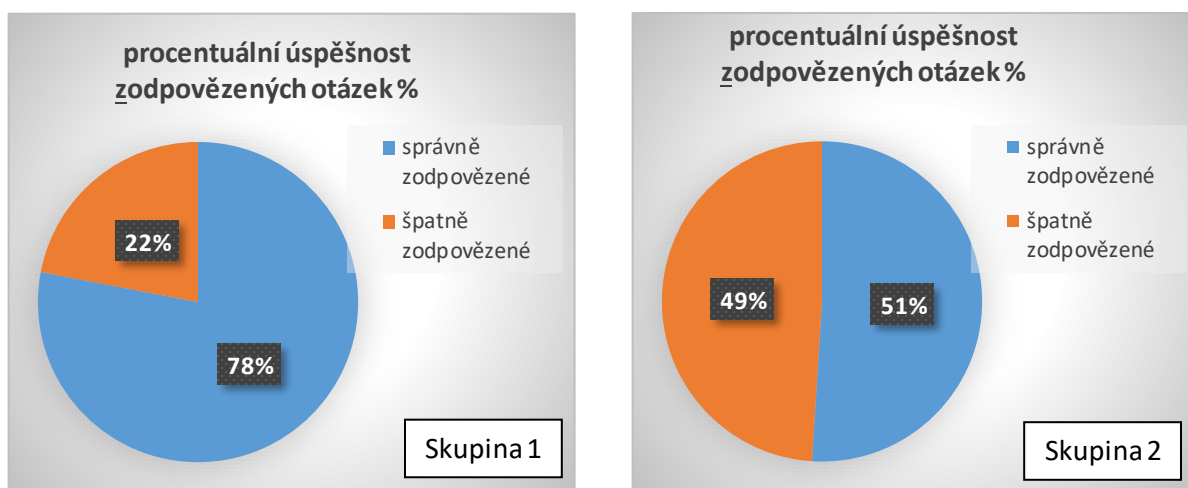
Gympl – reparát z fyziky, jehož tématem je délková teplotní roztažnost. Výzkum probíhal po dobu tří týdnů. Na závěr každého tematického celku jsme žákům obou tříd rozdali pracovní listy, které měly za úkol ověřit, co si z daných tematických celků zapamatovali.

Z vyhodnocení výsledků lze odvodit i různou motivaci u sledovaných skupin. Skupina pracující s videy prokazovala mnohem větší motivaci a zájem o dané jevy. V dotaznících se snažili zodpovědět všechny otázky, i když nebyly všechny odpovědi správné. V druhé skupině se našlo mnohem více nevyplněných otázek. Porovnání obou skupin znázorňuje graf 1. Dalším zajímavým porovnáním je počet správně zodpovězených otázek vztahených k zodpovězeným otázkám. Zde nezahrnujeme ty, na něž žáci neodpověděli vůbec.



Graf 1

Než shrneme celkovou úspěšnost obou skupin, tak se ještě vrátíme k některým otázkám z dotazníků. V prvním pracovním listě měli žáci největší problémy s otázkou. Na čem závisí vztahová síla? U první skupiny to bylo 40 % studentů. U druhé skupiny dokonce přes 50 %. První skupině pomohlo, že se žáci snažili rozebrat plavidlo z filmu Raftáci. Mnohem větší rozdíl ale nastal u otázky: S jakou délkovou roztažností se musí počítat u mostů? Zde u první skupiny skoro žádné špatné odpovědi nebyly a u 15 % studentů zakroužkovali centimetry. U druhé skupiny se objevili u 20 % žáků dokonce i metry. Správnou odpověď milimetry mělo pouze 40 % žáků. Pět studentů z této skupiny dokonce u otázky: Je reálné, aby se most roztáhl o 1,7 m? Napsali ano. U třetího pracovního listu se rozdíl výrazně neprojevil. První skupina měla mnohem lepší popisy místa, kde může nastat ozvěna. Domníváme se, že tento výsledek může být dán scénkou, ve které žáci hledali, zda kníže používá ozvěnu, nebo je podvodníkem. Na otázku týkající se dozvuku ale na druhou stranu odpověděla pouze jedna žákyně z druhé skupiny. U pracovního listu číslo čtyři byl zásadní rozdíl u otázky: Jak by se mělo správně vyskakovat z jedoucího vlaku? Zde byla převaha správných odpovědí u první skupiny jasně převažující. Dali na radu dlouholetého občana a i si ji zapamatovali. Zároveň u této otázky napsalo 60 % všech respondentů, že výskok považují za blbost. Celkové výsledky popisuje graf 2.



Graf 2

Pedagogická sonda na gymnáziu – motivace k výuce

Druhá pedagogická sonda proběhla mezi studenty tábořského gymnázia. Tato sonda se zabývala vlivem videosekvencí na výuku fyziky. Sonda byla provedena u dvou skupin. První skupinu tvořila kvinta a 1. A bilingvní sekce. Videosekvence byly v těchto dvou třídách používány po dobu celého školního roku. Druhou skupinu tvořily zbylé třídy bilingvní sekce, u nichž byly videosekvence využívány ve čtvrtém čtvrtletí školního roku. V obou skupinách nás zajímalo zhodnocení očima studentů, u nichž byly použity. Tato sonda měla longitudinální povahu a bylo do ní zapojeno 110 studentů. I přes tento počet se jedná o sondu, protože délka výuky s videosekvencemi se u obou skupin výrazně lišila. Studenti dostali anonymní dotazník. Součástí sondy bylo i pozorování v jednotlivých třídách.

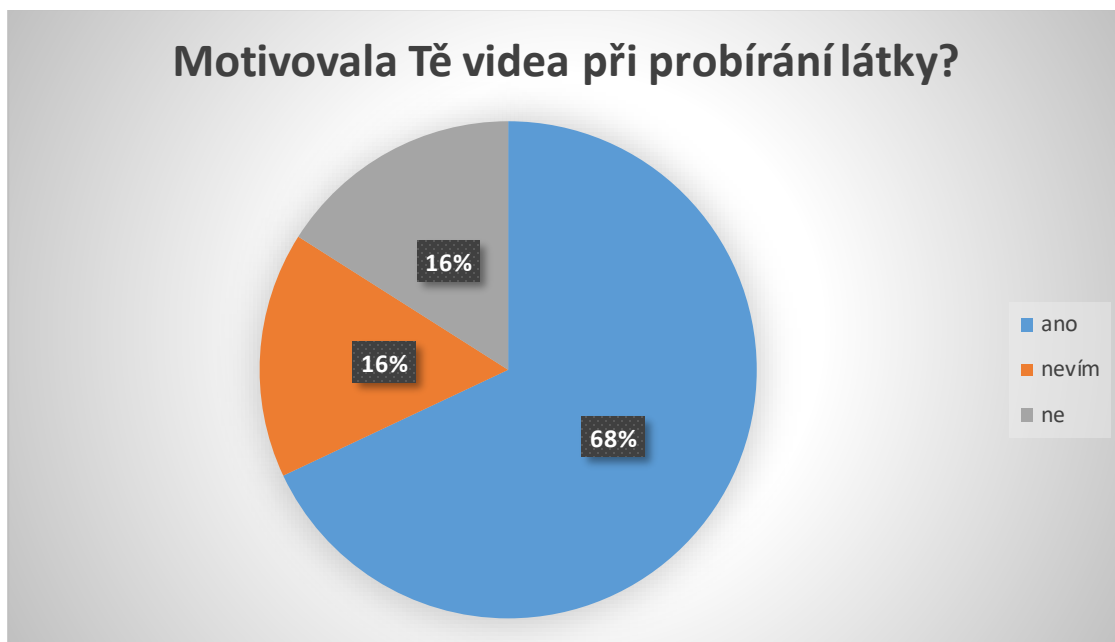
První otázka:

V čem vidíš přínos používání videosekvencí při hodině fyziky? U 85 % studentů byla odpověď kladná, u 8 % studentů byla záporná a 7 % studentů na otázku neodpovědělo. I když záporné odpovědi byly jen u 8 % studentů, tak je do odpovědí zahrnujeme také, neboť nám ukazují i možná rizika využití videosekvencí. Nás zaujaly nejvíce tyto odpovědi. „Ukázka fyziky ve všedních situacích.“ „Názorná výuka ze života, osvětlení aplikací fyziky do života, oživení hodiny = lepší pochopení.“ „Pro někoho to může být přínos, protože má fotografickou paměť. Mně to osobně nic nedává.“

Vyhodnocení dalších otázek je zpracováno v následujících grafech.

Otázka č. 2

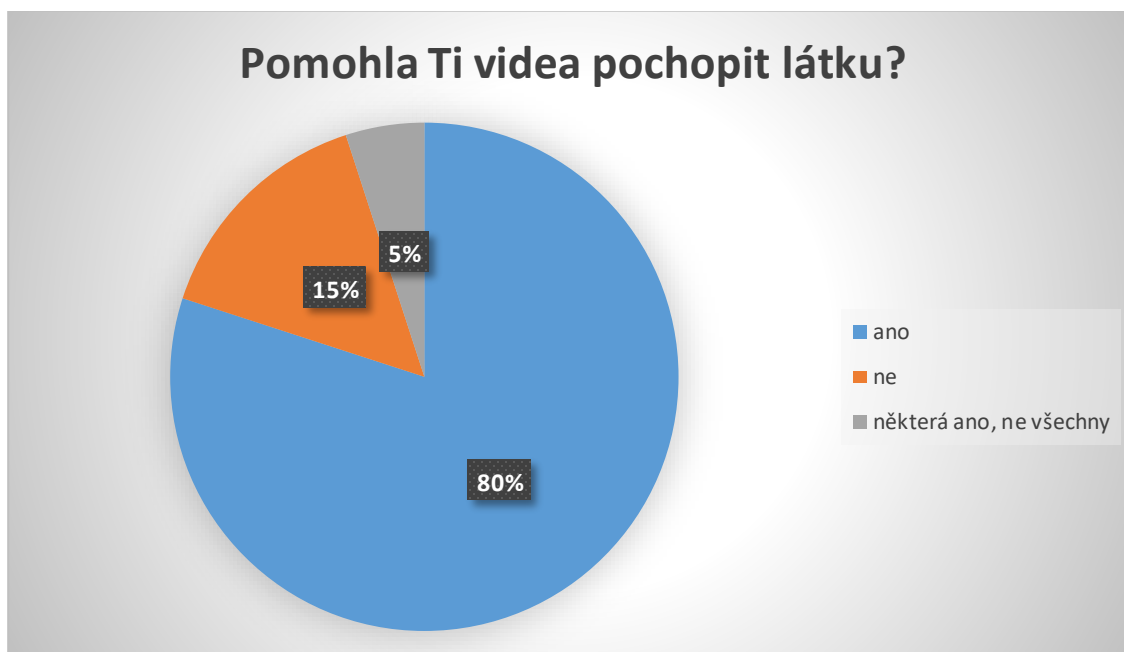
Motivovala Tě videa při probírání látky? – viz graf 3.



Graf 3

Otázka č. 3

Pomohla Ti videa pochopit látku? – viz graf 4.



Graf 4

Otázka č. 4

Jaká negativa spatřuješ v používání videosekvencí při výuce fyziky? – viz graf 5.

Zde jsme studenty požádali, aby i když se jim videosekvence líbí, tak zkusili nějaká negativa vymyslet. Negativa vymyslelo 45 % studentů, ostatní žádná negativa neuvádí.



Graf 5

Otázka č. 5

Zvětšily u Tebe videosekvence zájem o fyziku? – viz graf 6.



Graf 6

Otázka č. 6

Zvětšily u Tebe videosekvence zájem o fyziku?

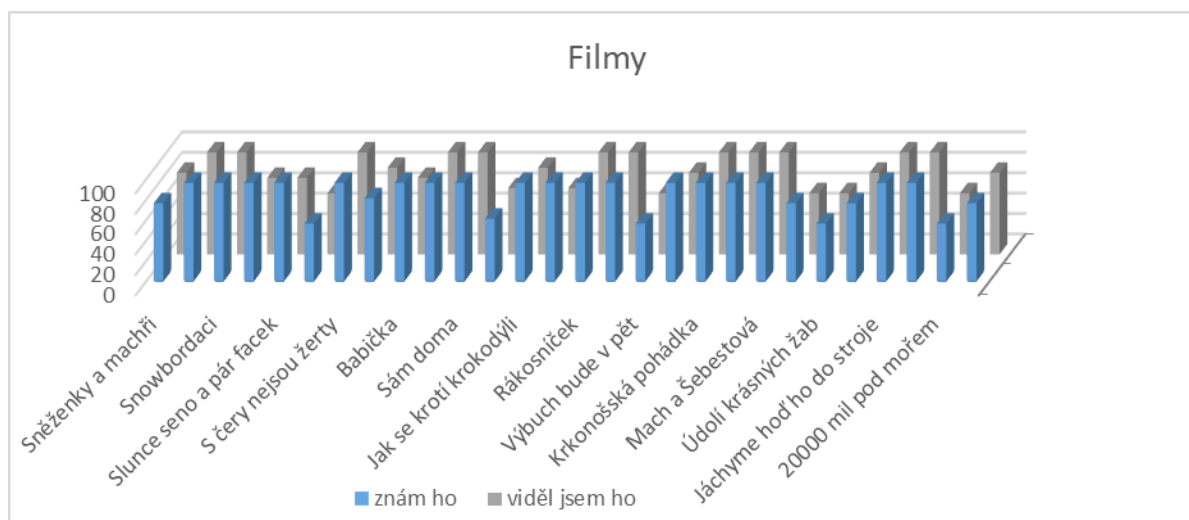
Možnost vlastního vyjádření: Uvádíme doslovné přepisy studentů. Vybrali jsme ty, které se nejvíce opakovaly nebo nás zaujaly.

1. „Myslím si, že videosekvence jsou dobré, lépe se pochopí látka a potom si třeba člověk všímá takových věcí, když se kouká na filmy.“
2. „Na mě to mělo neutrální dopad.“
3. „Fyzika mě začala bavit a většinou jí i chápu.“
4. „Videa mi někdy přijdou zbytečná, přijde mi to jasné rovnou i bez nich.“
5. „Videa, na která navazují pokusy, se mi hrozně líbí a vybaví se mi to rovnou i v testech.“
6. „Fyziku mám rád ale s videosekvencí to je ještě lepší.“
7. „Fyziku mám ráda, jelikož se liší od spousty jiných hodin tím, že nemá nudné, ale zábavné vyučovací metody.“
8. „Jsem s tím velice spokojená a díky tomu mám i dobré známky.“
9. „Chtěla bych v hodině více pokusů, ale videosekvence jsou super.“
10. „Videa mě celkem baví, ale z hodiny moc nemám. Sama fyzika mě moc nebaví a nevyhovuje mi styl učení, ale je to i má chyba.“
11. „Protože máme tu možnost vidět nebo si dokonce vyzkoušet fyziku v praxi, tak je hodina zajímavější a hlavně jí lépe chápu.“

Pedagogická sonda na ZŠ – znalost filmů

I tato sonda proběhla na ZŠ Máj České Budějovice a na Gymnáziu v Táboře. Zahrnovala 130 žák. Všem byly rozdány dva seznamy filmů, o kterých se domníváme, že jsou mezi nejširší veřejností známé. V prvním měli za úkol zakroužkovat filmy, které znají. Ve druhém seznamu filmy, na které se sami dívají. Druhý seznam jsme zařadili na základě předvýzkumu, neboť žáci některé filmy znají, ale nikdy se na ně sami nedívali. To může být způsobeno tím, že se jedná většinou o notoricky známé filmy.

Výsledky tohoto dotazníkového šetření jsou uvedeny v grafu č. 7.



Graf 7

Pedagogické sondy – shrnutí

Výsledky první sondy jsou statisticky nevýznamné, neboť byla provedena na malém počtu žáků. I tak lze konstatovat, že v uvedeném případě se použití videosekvence kladně projevilo na upevnění a porozumění fyzikálních poznatků při závěrečném opakování v 9. ročníku ZŠ.

Druhá sonda ukázala pozitivní vliv videosekvencí na studenty a jejich vztah k fyzice. Tyto pozitivní výsledky bude v budoucnu nutné ověřit seriózním pedagogickým výzkumem na větším počtu studentů.

Tato sonda ukazuje, že vybrané české filmy jsou mezi studenty notoricky známé. Na filmy, které nejsou v televizi často opakované, si někteří studenti pouze vzpomněli, ale neviděli je, tj. neznají přesně jejich obsah.

České filmy ve výuce fyziky

Cílem uvedené diplomové práce bylo vytipování a fyzikální rozbor známých převážně českých filmů. Vytipováno bylo více jak 80 filmů, rozbor byl proveden u 65 filmů, do práce bylo zařazeno 35 fyzikálních scén z nejznámějších českých filmů. U každé videosekvence je proveden didaktický rozbor, který zahrnuje možné zařazení do struktury vyučovací hodiny. V rámci didaktického rozboru navrhuje i další možné využití scének.

Videosekvence byly po dobu celého školního roku používány při výuce na gymnáziu Pierra de Coubertina v Táboře. Během těchto hodin k nim vznikala zpětná vazba, jež je poslední částí didaktického rozboru. Některé scénky byly do práce zařazeny na základě doporučení samotných studentů gymnázia, kteří postupně přicházeli i se svými návrhy.

Milým zjištěním u většiny českých filmů byl fakt, že tvůrci našich filmů se snaží držet fyzikálních zákonů a nevytvářejí fikce.

Vybrané ukázky videosekvencí

Vesničko má středisková



„To něco uvidíte, Drápalík si lehl pod kombajn na břicho a chtěl si posvítit baterkou na převody. Vtom na něj Turek nacouval předním kolem, a když jsme na něj volali, máš tam chlapa, tak ho převálcoval ještě jednou cestou nazpátek. Pojd'te se podívat, pane doktore, to něco uvidíte.“
Údiv pana doktora, poté co viděl Drápalíka a jeho komentář: „To není možný.“

Obr. 1

Jaká je fyzikální realita této scénky?

Nejprve určíme přibližný tlak, kterým působí pneumatika na Drápalíkovo tělo:

Celková hmotnost kombajnu i s lištou je 6 880 kg, viz [2]. Tomu odpovídá tíhová síla 68 800 N. Na přední nápravu připadají $\frac{2}{3}$ této síly, tj. jedno kolo přední nápravy tlačí silou 23 000 N.

Styčnou plochu mezi kolem a tělem Drápalíka lze odhadnout ze scénky: šířka zad je 30 cm, šířka pneumatiky je 50 cm, viz [2]. Celková styčná plocha je cca 0,15 m².

Výsledný tlak působící na Drápalíka tedy je:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{23000}{0,15} = 153\,333 \text{ Pa} = 0,15 \text{ MPa}$$

To je tlak vyvolaný celou šířkou pneumatiky. Na obrázku jsou vidět šípky, které plochu zmenšují. Odhadem stanovíme plochu působících šípů na jednu třetinu, tj. tlak bude 3krát větší, tj. cca. 0,46 MPa.

Porovnejme tento tlak s tlakem, který je schopný přežít člověk, bez následných komplikací. Člověk se může potopit do hloubky 80 m, viz [3] v této hloubce na něj působí tlak 0,8 MPa. Z porovnání obou hodnot vyplývá, že Drápalík by opravdu tuto nehodu přežil.

Uvedená scéna má ale ještě další fyzikální aspekt.

Jak velkou silou by musel na Drápalíka kombajn tlačit, aby ho zatlačil cca 20 cm hluboko do hlíny, jak ukazuje obrázek č. 2?



Obr. 2

Provedli jsme experiment v terénu, přímo na poli. K pokusu jsme použili traktor Zetor 7 745, prkno kruhovitého tvaru průměru 580 mm a dva svinovací metry. Drápalíka kombajn přešel v noci, a proto i náš experiment se uskutečnil večer. Vzorky pro porovnání máme tři – úplně suchý terén – méně suchý – mokřejší terén, více mokřý už by byl problematický, neboť by mohlo dojít k zapadnutí traktoru a ani kombajn, který je o hodně těžší, by na něm jet nedokázal. Z pokusu jsme zjistili, jak hluboko zatlačil desku traktor. Poté trojčlenkou určili, jak velkou silou by musel na Drápalíka působit kombajn, aby ho celého zatlačil do hloubky přibližně 20 cm.

Z technické příručky k Zetoru 7 745 určíme tíhovou sílu připadající na zadní kolo traktoru. Obě kola zadní nápravy působí tíhovou silou 21 880 N, na jedno kolo 10 925 N.

Protože vtažení tělesa do měkké půdy je přímo úměrné působící síle, určíme sílu, kterou by kombajn zatlčil celého Drápalíka do půdy. Z provedeného experimentu vychází velikost síly přibližně 55 000 N. Z předchozího výpočtu vyplývá velikost působící tíhové síly kombajnu na Drápalíka je 23 000 N, tj. o polovinu menší. Kombajn by Drápalíka zatlčit nejspíš nedokázal. Šlo by to v bahnitě až kašovitě půdě, ale v té by sám zapadl a sklizení úrody by v ní bylo nereálné.

Dáme-li vše dohromady, tak tato scéna reálná není, Drápalík by musel mít aspoň pohmožděniny, které při prohlídce nemá. Dále si povšimněme, že na obrázku č. 2 chybí okolo otisku Drápalíka otisk kol pneumatiky kombajnu. Ale podle [4] lidé, kteří přejezd od kombajnu přežili, existují.

Na závěr citace z rozhovoru s představitelem Drápalíka panem Hrušínským: „A co film Vesničko má středisková, když vás jako družstevníka Drápalíka přejel kombajn? To už musel být trik“. „Ano, spočíval v tom, že celou moji postavu udělali ze sádry a mě do ní při děláním odlitku úplně pohřbili. Pro mě bylo právě tohle horší, než kdyby mě ten kombajn přejel doopravdy. Nikomu bych to nepřál.“ viz [5].

Závěr

V článku jsou nastíněny možnosti využití videosekvencí při výuce fyziky. Jejich zařazení vyplývá z provedeného dotazníkového šetření, které potvrzuje oprávněnost této vyučovací metody jak z hlediska efektivity výuky, tak i z hlediska motivace žáků k fyzice jako školního předmětu.

Největší předností této metody je její atraktivnost a tím vznikající zájem žáků a studentů o fyzikální rozbor běžných jevů z praxe. Jak ukazuje zmiňovaná diplomová práce o fyzikální náměty ze známých českých filmů s různou tematikou, není nouze.

Celá tato problematika volá po hlubší analýze a seriózním pedagogickém výzkumu, který by ověřil zmiňované poznatky.

Literatura

- [1] Burdová, Veronika. *Užití filmových scén při výuce fyziky*. České Budějovice 2016. Diplomová práce, katedra aplikované fyziky a techniky PF JU. Dostupné z: <http://goo.gl/tuFd9c>
- [2] *Návod k obsluze E-512* [online]. [cit. 2014-04-24]. Dostupné z: <http://www.uloz.to/x8EPGnx/navod-k-obsluze-e-512-pdf>.
- [3] *Na hranici: Technical diving* [online]. 2014 [cit. 2014-04-24]. Dostupné z: <http://www.seawolf.cz/clanky-o-potapeni/na-hranici>
- [4] *Říkají mi Drápalíku!* [online]. 2006 [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <http://www.blesk.cz/clanek/zpravy-udalosti-zajimavosti/50896/rikaji-mi-drapaliku.html>
- [5] *Rudolf Hrušínský: rozhovor* [online]. 2011 [cit. 2014-04-26]. Dostupné z: <https://hobby.blesk.cz/clanek/hobby-moje-hobby/149856/rudolf-hrusinsky-chytat-ryby-menaucil-tata.html>

Další nápady z Malé Hrašnice: Jáma a kyvadlo

LEOŠ DVORÁK

Katedra didaktiky fyziky MFF UK, Praha

Kyvadlo je ve fyzice užitečným nástrojem už minimálně od dob Galilea Galileiho. O klasickém „školním“ vzorečku se uvádí, že platí do amplitudy kyvu 5 stupňů. Ukážeme, že i s jednoduchými pomůckami lze zkoumat, jak je tomu pro větší amplitudy. Příspěvek doplňuje několik námětů na další pokusy související s kyvadlem.

Úvod

O námětech z jarních soustředění pro budoucí učitele fyziky pořádaných MFF UK informovalo už několik příspěvků na Veletrhu nápadů, viz např. [1]. Hlavní téma letošního soustředění bylo „Časem i nečasem“. Kyvadlo s časem souvisí, byla tedy příležitost vyzkoušet, jak je to s kmity kyvadla, třeba právě s velkým rozkyvem.

Název příspěvku, jak je asi zřejmé, je inspirován známou povídkou Edgara Alana Poea [2]. (Jakmile mne název napadl, nedalo se mu odolat.) Najít fyzikální souvislost kyvadla s jámou byl trochu oříšek, pokud jsem nechtěl mluvit o potenciálové jámě, ale i to se nakonec podařilo. Předem ale raději upozorním, že tato část je „méně seriózním bonusem na konec“; hlavní část příspěvku se týká periody kmitů kyvadla.

Kyvadlo: trocha teorie

Vzorec pro periodu kmitů matematického kyvadla s malým rozkyvem se uvádí i ve středoškolských učebnicích: $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$. Zdůrazňuje se přitom, že perioda nezávisí na amplitudě kmitů. Jak je tomu ale pro větší výchylky? Kmitání pak přestává být harmonické a perioda s rostoucí amplitudou vzrůstá, ovšem nelineárně.

Výsledek lze najít ve vysokoškolských učebnicích (např. ve [2] na s. 411 až 414):

$T = T_0 \frac{2}{\pi} K\left(\sin \frac{\alpha_{\max}}{2}\right)$, kde α_{\max} je maximální výchylka kyvadla a $K(k)$ je *úplný eliptický integrál prvního druhu*. (Při pohledu na tohle konstatování se člověku maně vybaví citát ze Sherlocka Holmese: „*Vždyť je to tak prosté, milý Watson!*“)

Vidíme, že příslušná teorie zřejmě „poněkud přesahuje“ úroveň základní či střední školy, takže věnovat se jí ve výuce fyziky na daných školách asi nejde. Možnost, že by jí vysokoškolsky vzdělaný fyzikář mohl středoškoláky alespoň oslňovat (tedy, řečeno na rovinu, vytahovat se její znalostí), také asi není příliš reálná. Jednak by se učitel neměl nad žáky vytahovat, jednak by to většinu žáků asi nechalo zcela chladnými a navíc – to malé procento žáků, které by to zaujalo, si příslušný vzorec může nechat bez problémů spočítat na webu v systému WolframAlpha [4]. ☺

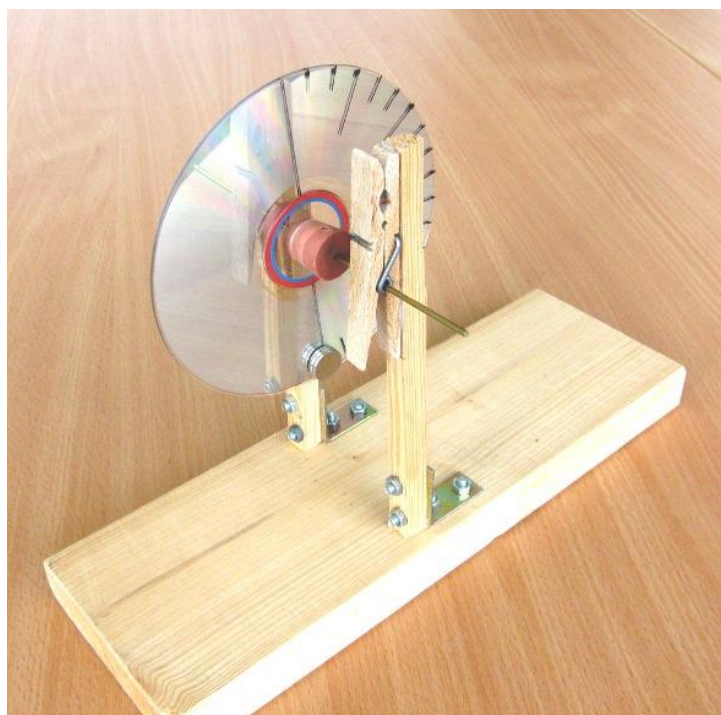
(Poznámka pro ty, kdo by to chtěli zkusit: Pozor, ve WolframAlpha použijte vztah

$T = T_0 \frac{2}{\pi} K\left(\sin^2 \frac{\alpha_{\max}}{2}\right)$. Značení eliptického integrálu totiž není jednoznačné, stejným

symbolem $K()$ se označují v různých pramenech dvě různé funkce. Formálně bychom mohli napsat $K_{\text{Brdička,Hladík}}(k) = K_{\text{WolframAlpha}}(k^2)$.)

Kyvadlo: větší výchylky prakticky

Při výchylce 60° je perioda kyvadla oproti malým rozkvyvům delší jen asi o 7 %, při výchylce 90° pak o 18 %. Aby bylo prodloužení periody dostatečně výrazné, potřebujeme zřejmě výchylky přes devadesát stupňů. Pak nám ovšem nestačí závaží zavěšené na provázku. Realizovat tuhý závěs se zanedbatelnou hmotností by bylo problematické, je tedy rozumné užívat fyzické kyvadlo. Jednoduchou konstrukci vyrobenou na jarním soustředění ukazuje obr. 1.



Obr. 1. Jednoduchá konstrukce kyvadla s velkým rozkvyvem

Kyvadlem je CD naražené na gumovou zátku vhodného průměru. Zátka je provrtána a je jí prostrčena tenká mosazná tyčinka, která slouží jako osa. Pro „ložiska“ byly využity dřevěné kolíčky na prádlo – v jejich pružinkách se osa otáčí. Na CD jsou na okraji „přicvaknuty“ dva malé neodymové magnety. Jejich posouváním lze měnit vzdálenost těžiště kyvadla od osy (a samozřejmě i moment setrvačnosti).

Tření osy v ložiskách bohužel není zanedbatelné; kyvadlo z maximální výchylky udělá jen asi třicet kmitů. Namazání „ložisek“ olejem na šicí stroje nepřineslo prakticky žádné zlepšení. Amplituda kmitů tedy rychle klesá, přesto lze naši konstrukci alespoň pro přibližné měření použít.

Jak snímat a analyzovat kmity

Měřit periodu stopkami je značně nepřesné, neboť doba kmitu je jen asi 0,85 s. Protože se v kyvadle pohybují magnety, lze použít malou cívku (stačí několik závitů zvonkového drátu) a napětí indukované při pohybu magnetu přivést na mikrofonní vstup notebooku. Výsledný signál lze nahrát programem Audacity a změřit časy, kdy magnet míjel cívku. Měření časů je dost přesné, ovšem chybí informace o velikosti rozkyvu. Proto byl nakonec pohyb kyvadla natočen na video a to pak bylo analyzováno.

Na soustředění bylo video natočeno nejprimitivnějším způsobem: na tablet držení v ruce a opřený o stůl. Výsledný záznam byl analyzován ve volně dostupném programu *VLC Media Player* [5] doplněném o plugin *Jump to time* [6]. V tomto SW můžeme v záznamu krokovat o snímek a měřit přesný čas daného snímku.

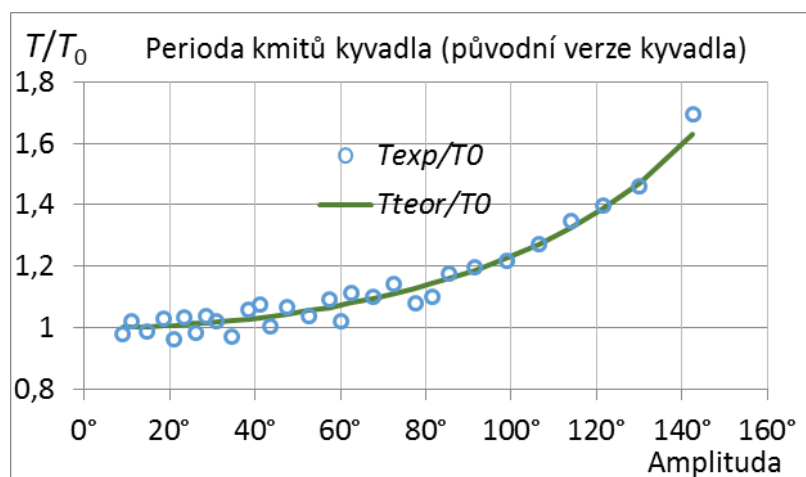
Při první analýze natočeného videa byly měřeny časy, v nichž má kyvadlo maximální výchylky. (Obvykle je přesnější měřit časy průchodů kyvadla „dolní úvratí“, ale při snímkové frekvenci 30 snímků/s je obraz kyvadla při průchodu minimem rozmazán.)

S čím měřené výsledky srovnat

Teoretický výpočet periody kmitu kyvadla s velkým rozkyvem lze provést výrazně jednodušeji, než bylo uvedeno výše. Článek [7] prezentuje metodu, pomocí níž lze periodu počítat třeba v Excelu. Nebudeme zde uvádět zdůvodnění, jen samotný algoritmus výpočtu: Označíme $a_0 = 1, b_0 = \cos(\alpha_{\max}/2)$ a pak z daných veličin spočteme aritmetický a geometrický průměr: $a_1 = (a_0 + b_0)/2, b_1 = \sqrt{a_0 \cdot b_0}$. Stejně postupujeme v dalších krocích: $a_2 = (a_1 + b_1)/2, b_2 = \sqrt{a_1 \cdot b_1}$ a tak dále. Veličiny a a b k sobě velmi rychle konvergují, po čtyřech iteracích se pro $\alpha_{\max} < 170^\circ$ liší o méně než 10^{-8} . Označíme-li limitu a_∞ , je perioda kyvadla $T = T_0/a_\infty$.

Srovnání výsledků pokusu s teorií

Srovnání naměřených výsledků s teoretickou předpovědí ukazuje obr. 2.



Obr. 2. Perioda kmitů první verze kyvadla

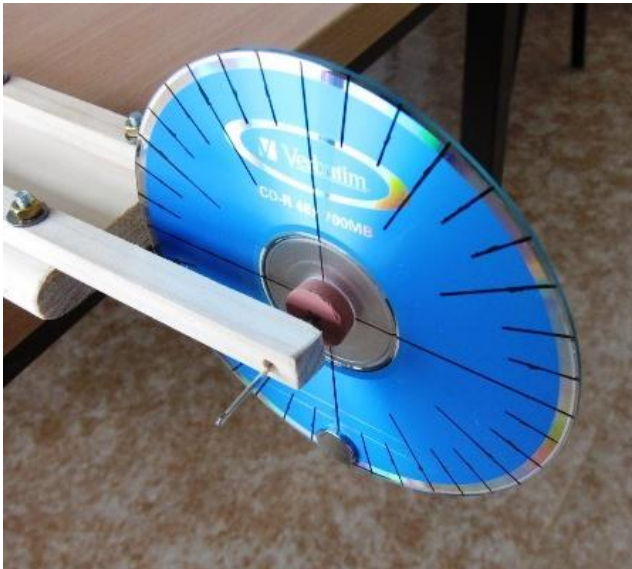
Je vidět, že přes značnou jednoduchost konstrukce kyvadla dávají měření výsledky, které jsou až v překvapivém souladu s teorií. Zejména při menších výchylkách kyvadla ale zjevně chyby měření činí odhadem 5 % i víc.

Pro přesnější a průkaznější měření je ovšem třeba konstrukci vylepšit, zejména zmenšit tření.

Vylepšené verze kyvadla

Následně vznikly dvě vylepšené verze kyvadla. Jedna stále velmi amatérská, při jejím zhotovení vystačíme s vrtačkou. CD je opět naraženo na gumovou zátku, viz obr. 3. Osičkou je silnější jehla pro práci s kůží, ložisky jsou malé korálky. Tření v ose je v této konstrukci o poněkud menší, kyvadlo do zastavení kmitne více než padesátkrát.

Druhou vylepšenou konstrukci vytvořil ing. Ludvík Němec z KDF MFF UK, viz obr. 4. Osička z modelů vláčků se v ní otáčí v hrotových ložiskách (také z modelů, obě části byly koupeny jako náhradní díly). V této konstrukci je tření výrazně menší, kyvadlo do zastavení udělá až čtyři sta kmitů.



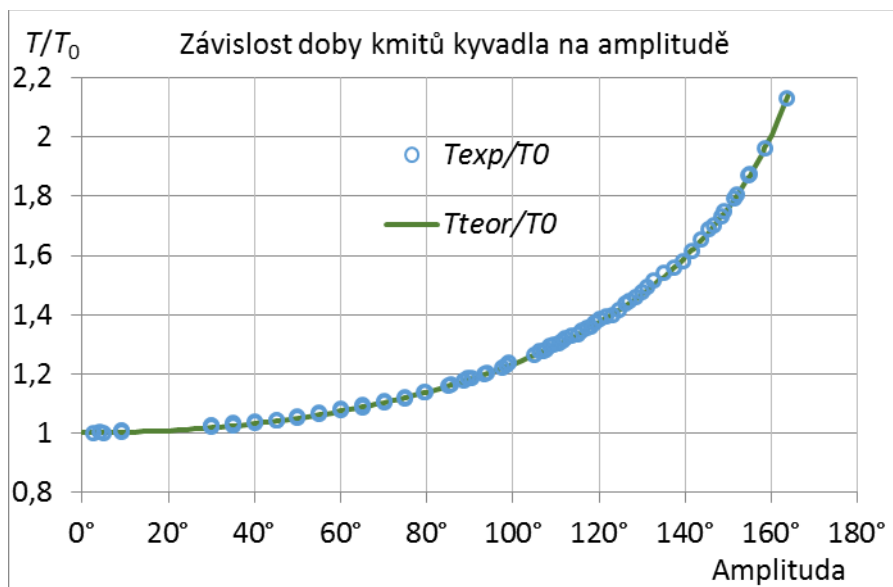
Obr. 3. Vylepšená verze kyvadla



Obr. 4. „Profí“ verze

Pohyb obou kyvadel byl nahrán jako vysokorychlostní video fotoaparátem Casio Exilim EX-FH 20 při snímkové frekvenci 210 snímků/s a následně analyzován opět v softwaru VLC Media Player. Měřeny byly časy průchodů kyvadla „dolní úvratí“. Přesnost měření časů můžeme odhadnout na asi 3 ms, přesnost odečítání amplitud na zhruba 1°.

Výsledky pro nejlepší („profí“) verzi kyvadla ukazuje obr. 5; naměřené výsledky se většinou neodchylují od teoretických o více než půl procenta, maximální odchylka činila asi 0,8 %. I měření na verzi kyvadla podle obr. 3 ale dává dobré výsledky, odchylka naměřených period oproti teoretickým hodnotám nepřesahuje 2 % a většinou se pohybuje v desetinách procenta.



Obr. 5. Srovnání naměřených a teoretických period kmitů kyvadla (pro verzi kyvadla z obr. 4)

Prodloužení periody kmitů při vyšším rozkvyvu a to, že odpovídá teorii, lze tedy ilustrovat a měřit dostatečně přesvědčivě; přitom jednodušší konstrukce by mohli zhotovit i sami žáci, třeba v rámci různých projektů. Další možností využití vytvořených kyvadel je ukazovat závislost periody na momentu setrvačnosti (přidáváním dalších magnetů na CD) nebo závislost periody na tíhovém zrychlení – při naklonění osy kyvadla (tzv. Machovo kyvadlo).

Jáma a kyvadlo

A na závěr něco k možné fyzikální souvislosti jámy a kyvadla. Dokonce bychom s trochou nadsázky mohli říci „jáma je kyvadlo“. Necháme-li v jámě kulového tvaru koulet kuličku sem a tam, koná (při malých rozkmitech) harmonické kmity. Z teorie lze odvodit, že perioda kmitů je $T_0 = 2\pi\sqrt{(7/5)(R/g)}$, kde R je poloměr kulové plochy (resp. přesněji rozdíl poloměru kulové plochy a poloměru kuličky). Můžeme tak třeba poněkud nezvyklým způsobem měřit poloměr křivosti dutého zrcadla a porovnat ho s tím, co vyjde z optického měření. Pro levné kosmetické zrcátko (u něhož byl dost problém určit ohnisko) se výsledky shodovaly lépe než na 10 %.

Poděkování

Děkuji RNDr. Zdeňce Koupilové, Ph.D. a Mgr. Petru Kácovskému, Ph.D. z KDF MFF UK, kteří se uvolili převzít organizaci a vedení hraštického soustředění (takže já jsem se na něm už nemusel o nic starat a mohl jsem se koncentrovat na hraní si s fyzikou). Soustředění bylo finančně podpořeno z nadačního příspěvku Nadace Depositum Bonum a z prostředků Institucionálního rozvojového plánu MŠMT pro UK. Ing. Ludvíku Němcovi děkuji za zhotovení vylepšené verze kyvadla.

Literatura

- [1] Dvořák, L. *Další nápady z Malé Hraštic 5: Jak silné jsou magnety?*. In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 20. Ed. V. Koudelková, P3K, Praha 2016. s. 58-63.
- [2] Poe, E. A. *The pit and the pendulum*. In: *The Gift: A Christmas and New Year's Present for 1843*. Carey & Hart, 1842. (Údaj z Wikipedie, dostupný online na https://en.wikipedia.org/wiki/The_Pit_and_the_Pendulum. Daný almanach je nabízen na webu Amazonu.) Český překlad Jáma a kyvadlo vyšel zřejmě v řadě povídkových sbírek a je dostupný i na internetu.
- [3] Brdička, M., Hladík, A. *Teoretická mechanika*. Academia, Praha, 1987.
- [4] *WolframAlpha*. Dostupné z: <https://www.wolframalpha.com/> . Cit. 24. 8. 2016.
- [5] *VideoLAN: VLC media player*. Dostupné z: <http://www.videolan.org/vlc/> . Cit. 24. 8. 2016.
- [6] Jump to time (Previous frame) v2.1. Dostupné z: <http://addons.videolan.org/content/show.php/Jump+to+time+%28Previous+frame%29+v2.1?content=156396> . Cit. 24. 8. 2016.
- [7] Carvalhaes, C. G., Suppes, P. *Approximations for the period of the simple pendulum based on the arithmetic-geometric mean*. *Am. J. Phys.* 76 (Dec. 2008), 1150-1154.

Reflexe ve výuce fyziky ???!

IRENA DVOŘÁKOVÁ

KDF MFF UK, ZŠ a MŠ Červený Vrch, Praha

Úvod

Reflexi asi většina učitelů zná spíše ze zážitkových či adaptačních kursů, kdy po skončení aktivity účastníci pod vedením instruktora diskutují o tom, jak aktivitu vnímali, jak se při ní cítili, co si z ní odnášejí do dalšího života. Ve školní praxi se s ní však moc často nesetkáváme. Ve stejné situaci jsem byla i já ještě před třemi lety. Pak jsem se díky účasti na projektu Elixír do škol a díky mentorskému vedení Z. Dlaboly začala tímto tématem více zabývat a zjistila jsem, že reflektivní aktivity mohou být zajímavé jak pro žáky, tak i pro mne. Zpočátku jsem měla obavy, zda tento způsob práce se žáky budu zvládat, ale v praxi to nakonec nebylo příliš složité. Velkou výhodou dle mého názoru je, že zařazování reflexí do hodin lze dělat velmi pomalu a „nenápadně“, učitel si může lehce vyzkoušet, co mu vyhovuje. Nabízím tedy svoje (zatím jen velmi malé) zkušenosti i dalším učitelům a budu ráda, když některé z aktivit vyzkoušíte a třeba mi i napíšete, jak to ve třídě dopadlo.

Reflexí budu v tomto příspěvku rozumět takové aktivity, při kterých žáci zpracovávají zážitky z předchozí činnosti a převádějí je do zkušeností, které mohou uplatnit v budoucnu. Hlavním cílem reflexe je vést žáky k tomu, aby si uvědomovali, co se naučili a současně jaký byl cíl aktivit, které dělali. Je to tedy jeden z prostředků učení, v žádném případě by tyto aktivity neměly sloužit k jakémukoliv hodnocení žáků (a to nejen známkou, ale ani formou pochvaly či pokárání), neměly by také vést k soutěžení mezi žáky.

Reflektivní aktivity pomáhají učiteli, aby zjistil, jak žáci výuku vnímají, jak se při ní cítí, a také aby si ověřil, nakolik žáci učivo zvládli. Může sledovat jejich reakce při plnění úkolů, které jsou pro ně v zásadě bezpečné, neboť žáci nejsou stresováni známkou či jinou formou hodnocení. Učitel volí reflektivní aktivity podle toho, jaký má cíl, čeho chce se žáky dosáhnout. Reflexi je možné dělat při běžné výuce, kdy se učitel ptá na to, co se v hodině dělo (viz aktivita b), ale i jako netradiční aktivity.

Je samozřejmé, že zařazování reflexe do hodin vezme čas, který by jinak byl věnován výkladu nové látky či procvičování. V loňském školním roce jsem různé reflektivní aktivity do hodin cíleně zařazovala (cca jednou měsíčně v šesté třídě, kde jsem vnímala, že je příležitostí nejvíc, ve vyšších třídách jsem vyzkoušela několik aktivit v průběhu celého školního roku). Zjistila jsem přitom, že žáci na ně reagují velmi dobře, že i slabší žáci při nich velmi intenzivně pracují (na rozdíl od běžných hodin, kdy bylo obtížné některé žáky k práci přimět), a že výsledky žáků jsou i pro mne velmi zajímavé. Přestala jsem tedy reflexi vnímat jako něco, co nám „bere čas“ k učení, ale jako příležitost k jinému typu učení. Pro mne je dalším bonusem to, že mohu získat konkrétní „důkazy“ o tom, čemu a do jaké míry děti rozumí (a nejsou to jen moje pocity z práce s nimi), a tedy svoji další práci se třídou podle toho upravit.

V dalším textu uvedu některé konkrétní aktivity, které jsem vyzkoušela při své výuce na základní škole a pokusím se popsat jak to, jak jsem tyto aktivity zadávala a také to,

jak na ně žáci reagovali. U některých aktivit uvedu i výsledky práce žáků. Budu uvádět jak příklady krátkých aktivit, které zaberou pouze několik minut, tak i náměty na delší činnosti, kterým je vhodné věnovat celou vyučovací hodinu. Vždy záleží na tom, s jakým CÍLEM učitel danou aktivitu do výuky zařazuje.

Dovolím si ještě jednu poznámku. Je možné, že mnohé z níže uvedených aktivit ve třídě se žáky děláte a používáte je s jiným cílem. Jestli chcete, zkuste k nim ještě přidat otázku – *K čemu to bylo? Proč jsme to dělali? Co jsem chtěla, abyste se při této aktivitě naučili?* Uvidíte sami, že vyznění aktivity bude jiné, než když ji jenom provedete a reflexi neuděláte.

Příklady reflektivních aktivit

a) „Teploměr“

Učitel položí jednoduchou otázku, a žáci pozvednutím ruky na škále „nejmíň“ (na úrovni lavice) a „nejvíc“ (ruka až nahoře) odpovídají. Např. *Jak se vám hodina líbila? Jak se vám dnes pracovalo?* Lze použít pro velmi rychlou zpětnou vazbu třeba v případě nějaké málo běžné hodiny. Žáky vede k alespoň krátkému zamyšlení nad tím, co v hodině dělali, a učitel dává hrubý obrázek o tom, jak žáci výuku vnímali. Například pokud pracujete se třídou převážně frontálně a dnes jste zařadili několik aktivit, kdy děti pracovaly ve skupině, je možné se jich zeptat, jak se jim práce ve skupinách dařila, zda a do jaké míry se v průběhu hodiny komunikace ve skupině zlepšovala, apod.

b) „Klasické“ reflektivní otázky (učitel vybírá jednu či dvě dle svého cíle):

Čím bylo téma pro vás nové?

S čím téma souviselo (v rámci předmětu, mimo něj)?

Jakou máte s tématem osobní zkušenost? Na co jste si v průběhu hodiny vzpomněli, co s ním souvisí?

Co jste se nového dozvěděli/naučili?

Vzhledem k tomu, že máme obvykle kolem 30 žáků ve třídě, je vhodnější, když učitel nechá žáky na danou otázku odpovídat ve dvojici či v malé skupince, a přitom sám prochází po třídě a sleduje, jak žáci diskutují. Na závěr pak může dva či tři žáky vyvolat, aby řekli svůj názor. Sice má učitel z této aktivity málo „tvrdých dat“ pro sebe, avšak umožní mluvit a říci svůj názor všem žákům – na rozdíl od situace, kdy mu na položenou otázku několik žáků frontálně odpovídá, a ostatní se ke slovu nedostanou. Lze zařadit například na poslední tři minuty v hodině a je dle mého názoru efektivnější, než tyto poslední tři minuty věnovat například frontálnímu opakování.

c) Hry

Někdy je možné hru vymyslet k danému cíli (např. viz Přebíjení), avšak lze také najít různé zdroje her použitelných ve výuce fyziky, ať už přímo nebo po mírné modifikaci. Viz například diplomová práce M. Šrajlové [1] či metodické materiály a pracovní listy J. Reichla [2]. Znovu opakuji, že doporučuji aktivity nezadávat jako soutěž, do her

a ostatních reflektivních aktivit vůbec nevnašet soutěživý prvek (kdo toho vyřeší víc či rychleji, je lepší).

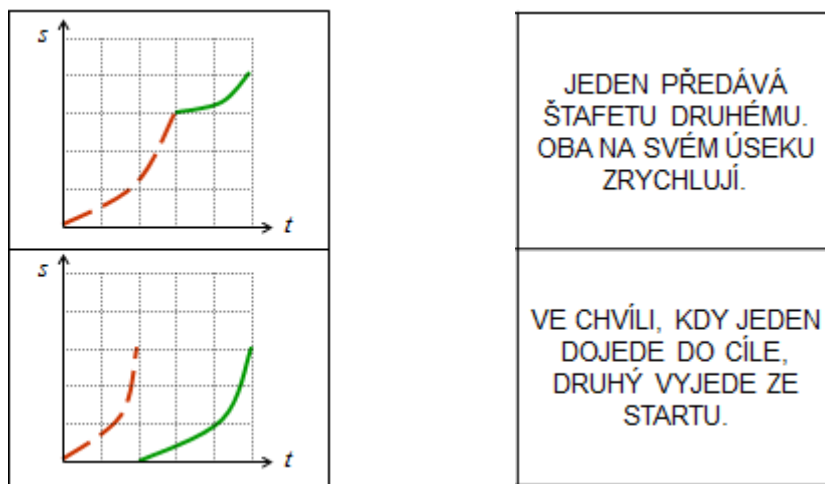
Jen několik příkladů:

- **Domino**

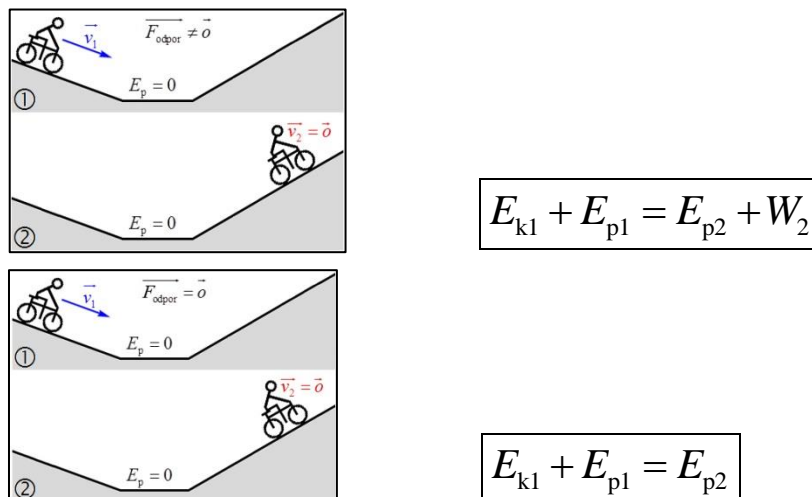
Žáci dostanou několik prázdných kartiček (doporučuji 6 až 12 kusů dle úrovně žáků a obtížnosti tématu) a mají vytvořit domino na zadané téma (např. převody jednotek, fyzikální veličiny, atd.). Svoje domino si na jedné kartičce zezadu podepíší, pak sepnou sponkou, předají učiteli a ten ho dá k vyluštění jinému žáku. Pokud tam řešitel najde chybu, domluví se s autorem, aby chybu opravil. Pokud žák domino vyřeší, může si vzít na katedře jiné od někoho dalšího. Při této aktivitě jsou žáci schopni vyřešit během zadané doby velké množství úloh. Je zajímavé, že když se žáků po skončení aktivity ptám, proč jsme to dělali, tak si toho jsou vědomi, že vyřešili mnohem víc úloh, než kdyby počítali ze sbírky, a říkají, že je to i bavilo mnohem víc. Lze použít na libovolné úrovni a v libovolné třídě, kupodivu i deváťáci jsou ochotni se zapojit.

- **Grafseso**

Předem připravené kartičky s dvojicemi, které k sobě patří. Původně se jednalo o dvojice graf pohybu + text popisující pohyb [1], [3], dnes však již existuje mnoho variant [4]. Při této aktivitě si žáci navzájem vysvětlí mnoho nejasností, které v tématu měli, a také to jsou schopni po skončení hry pojmenovat. Grafseso je původně určeno pro žáky 7. třídy, jeho variace jsou ale i pro vyšší třídy (včetně středoškoláků).



Obr. 1. Dvě dvojice kartiček z původního Grafsesa ([1], dostupné z [3])



Obr. 2. Dvě dvojice kartiček na téma Zákon zachování mech. energie [4]

- **Přebíjení**

Po probrání části tématu Vlastnosti látek v 6. třídě si žáci zahráli krátkou hru, při které si velmi rychle zopakovali tyto vlastnosti. Jeden z dvojice řekl nějakou vlastnost kapalin či pevných látek, druhý odpověděl odpovídající vlastností druhého skupenství. Pokud to bylo správně, počítali si jako skupina jeden bod. (Příklad: 1. žák: „Kapaliny mají tvar nádoby.“ 2. žák: „Pevné látky mají svůj tvar.“) Po cca 1 až 2 minutách jsem hru ukončila a zeptala se, kolik která dvojice získala bodů, avšak nehodnotila jsem (a to ani pochvalou či pokáráním) ty žáky, kteří získali bodů nejvíce či nejméně. Cíl hry byl dětem jasný a bez problémů ho na můj dotaz formulovaly.

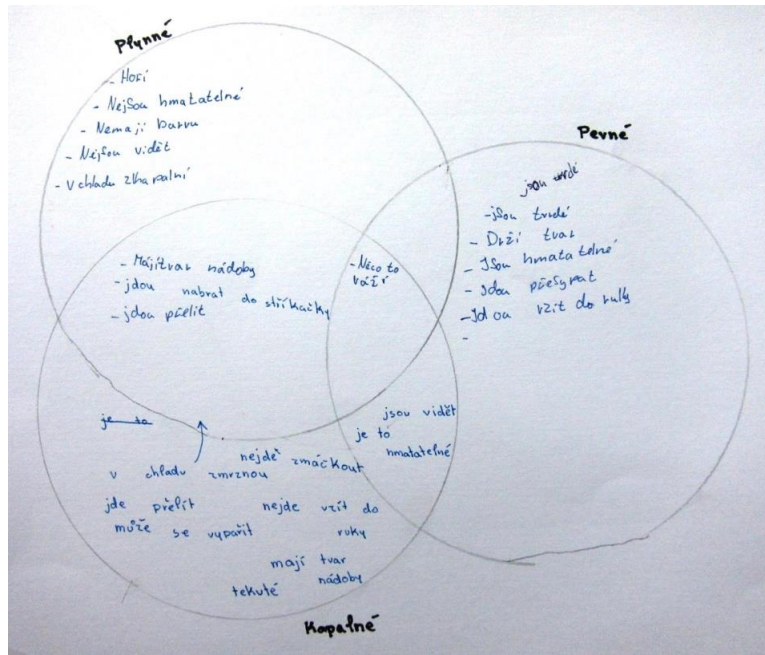
d) Shrnující aktivity, které pomáhají dětem vytvořit si strukturu v probírané látce.

Tyto aktivity obvykle zaberou víc času, avšak dle mého názoru jsou důležité a do hodin fyziky je proto vhodné je občas zařazovat.

- **Vlastnosti látek ve Vennově diagramu¹**

Žáci 6. třídy (skupiny po čtyřech) dostali za úkol nakreslit na čtvrtku tři protínající se kružnice (na tabuli byl vzor), každou kružnici označit jedním skupenstvím látek a do jednotlivých oblastí napsat ty vlastnosti látek, které jsou buď společné, nebo případně jedinečné. Například do průniku Kapalin a Plynů žáci napsali – nemají vlastní tvar, jdou přelít, jdou nabrat do stříkačky, atd. Po skončení samostatné práce ve skupinách jsem nechala žáky podívat se na práce ostatních skupin a případně svoji práci doplnit. Ani společným přemýšlením se nám však nepodařilo najít něco, co by bylo společné pouze pevným látkám a plynům. Po skončení práce žáci říkali, že je práce bavila, že si mohli uspořádat, co o vlastnostech látek vědí. Některé práce jsme pak pověsili na nástěnku na chodbě.

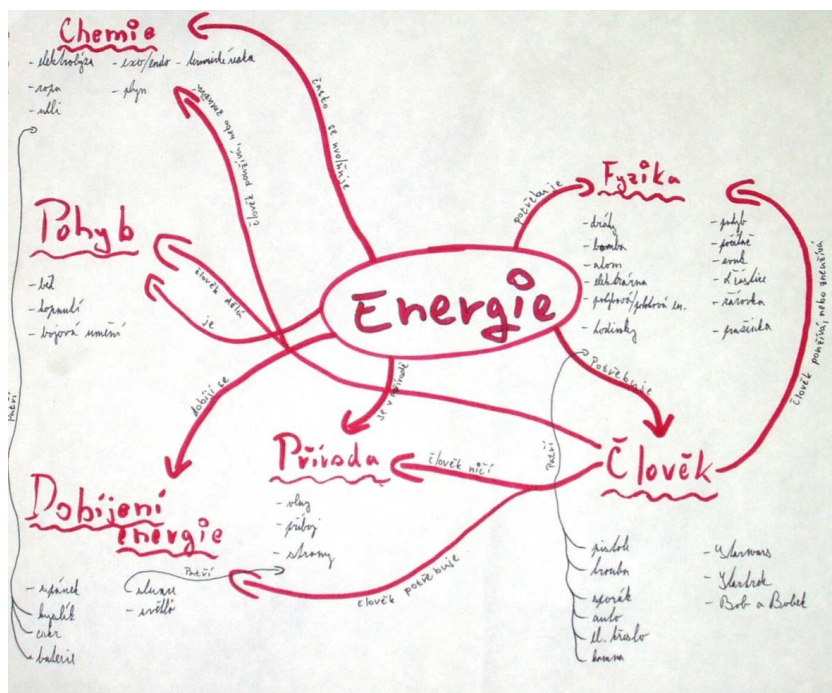
¹ Aktivita vznikla v rámci přípravy paralelního cyklu seminářů Heuréky pro nové zájemce, autoři S. Gottwald, V. Koudelková.



Obr. 3. Vlastnosti látek

• **Mapa myslí**

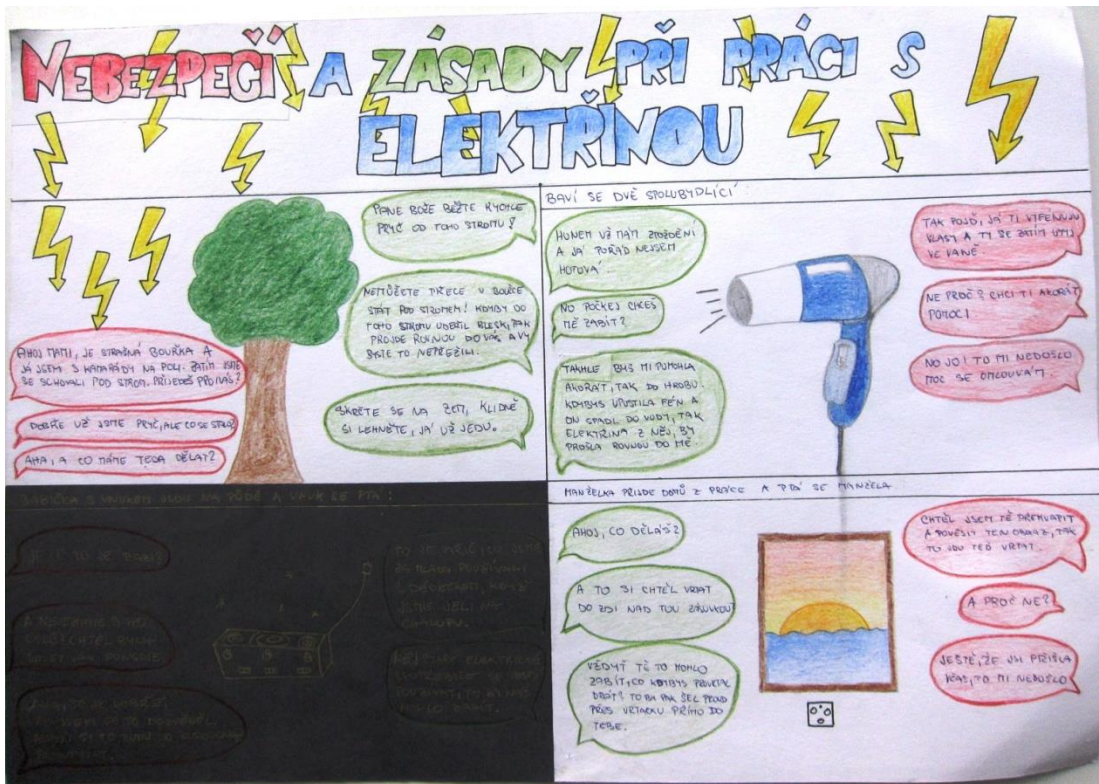
Vcelku běžná metoda uspořádání informací, používaná v mnoha oblastech. Ve fyzice ji lze použít velmi dobře pro témata, která jsou komplexnější, náročnější. Já ji používám například v 9. třídě pro shrnutí tématu Energie. Žáci pracují samostatně, práce jim zabere obvykle celou vyučovací hodinu, mohou používat sešit či učebnici. Je samozřejmé, že některé žáky práce baví hodně, některé méně, přesto však obvykle oceňují, že si při práci ujasnili některé souvislosti. Někteří žáci říkali, že je bavila i grafická stránka práce.



Obr. 4. Mapa myslí

• **Plakát na nástěnce**

Na závěr tematického celku Elektromagnetismus jsem zadala žákům 9. třídy, aby vypracovali plakát na nástěnce, kde popíší, jaké nebezpečí hrozí při práci s elektrickým zařízením a jaké jsou zásady bezpečnosti. Jejich práce jsme pak skutečně na nástěnce na chodbě pověsili. Na závěr jsem se ptala žáků, k čemu tato aktivita byla, co se z ní naučili. Bylo pro mne zajímavé sledovat, jak jednotlivé dvojice svoji práci pojaly, jaké zvolily grafické řešení a poslouchat jejich komentáře k tomu, jak je důležité dodržovat pravidla bezpečnosti při zacházení s elektřinou. V dalších dnech pak bylo zajímavé pozorovat žáky jiných tříd, jak si plakáty prohlížejí a čtou.



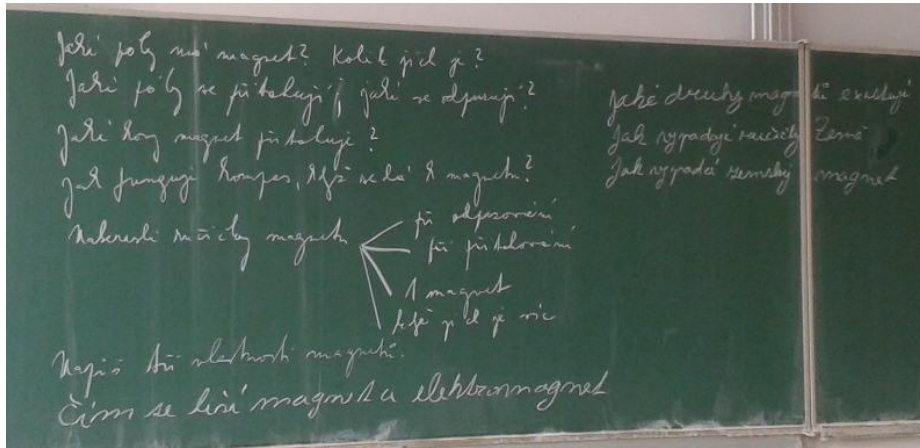
Obr. 5. Plakát na nástěnce

e) **Netradiční opakování**

Všichni učitelé považují za důležité občas zopakovat probranou látku. Nabízím zde inspiraci pro trochu netradiční opakování.

• **Návrh úloh do písemky**

Nechala jsem žáky 6. třídy (ve dvojicích), aby si pomoci sešitu zopakovali, co všechno se naučili o magnetech. Pak měli za úkol naformulovat jednu otázku, kterou by dali do písemné práce. Otázky jsem psala na tabuli, a řekla dětem, že v příští písemné práci budou dvě z jejich otázek, přesně tak, jak je navrhly. (Děti měly možnost si tabuli po skončení hodiny nafotit.) Po písemce jsem se žáků ptala, jestli tam „svoje“ otázky našly a zda pro ně bylo zajímavé otázky tvořit. Aktivita byla hodnocena velmi dobře, děti si přály podobně postupovat i u některých dalších tématach.



Obr. 6. Úlohy do písemky

- **Nakresli tři zajímavé experimenty, které si pamatuješ za půl roku výuky fyziky**

Tuto aktivitu do hodiny přinesla moje tandemistka (asistentka z projektu Elixír do škol), když jsem po ní chtěla, aby nějak smysluplně zabavila zbytek šestáků v době, kdy jsem s několika žáky potřebovala uzavřít známky před pololetím. Rozdala žákům čtvrtky a řekla jim výše uvedené zadání (děti mohly použít sešit). K jednotlivým experimentům měly děti napsat i vysvětlení, komentáře, apod. Vyšly z toho moc pěkné práce, které však nemám k dispozici, děti si je odnesly.

- **Jak se měří svět?**

Na konci školního roku v 6. třídě jsem zadala dětem úkol, aby ke každé fyzikální veličině, kterou již znají, vymyslely, kdo – v jakém povolání a při jaké činnosti – ji skutečně musí a potřebuje měřit. Děti pracovaly ve dvojicích na čtvrtku. Strávily tím celou hodinu a vymyslely mnoho zajímavých příkladů. A přitom si jen tak mimochodem uvědomovaly, že měření fyzikálních veličin není jen nezáživná činnost ve třídě, ale dovednost, kterou lidé běžně potřebují.



Obr. 7. Jak se měří svět

uvědomit, s čím by bylo nejvhodnější začít, a co naopak kamarádovi ukazovat až později. Pro mne bylo zajímavé se podívat, jak některé dvojice v podstatě zachovaly pořadí experimentů, které jsme dělali ve škole, jiní to ale změnili a byli schopni mi změnu zdůvodnit. Došli jsme tedy v diskuzi k tomu, že neexistuje jedno správné řešení této úlohy, že každý si může pořadí experimentů zvolit tak, jak mu to připadá nejvhodnější.

- **Bublinové úlohy (Obrázkové úlohy, Concept cartoons)**

Tomuto typu úloh se hodně věnuje Ed van den Berg [5] a u nás Eva Hejnová [6], [7]. Základní princip je takový, že žáci vidí obrázek, na kterém je uveden problém a rozhovor několika dětí (viz obr. 9) Žáci mají rozhodnout a zdůvodnit, se kterým dítětem na obrázku souhlasí a s kterým ne, a splnit další úkoly. Uvedu zde jen jednu svoji úlohu, další lze nalézt v citovaných pracích.

- Obrázková úloha - zadání**
- Přečti si pozorně, co říkají děti na obrázku.
 - Rozmysli si, se kterým dítětem souhlasíš a se kterým ne.
 - Zapiš si svůj názor.
 - Prodiskutuj své řešení ve skupině.
 - Vymyslete společně, jakými experimenty byste mohli dokázat nebo vyvrátit tvrzení v bublinách.
 - Zapište své návrhy.
 - Experimenty proveďte a ověřte své názory.
 - Ddú: nakresli svoji obrázkovou úlohu týkající se nějaké vlastnosti kapaliny či plynu.



Obr. 9. Obrázková úloha

Úloha nemusí mít jednoznačné řešení, jejím úkolem je vzbudit zájem žáků a vyprovokovat je k přemýšlení (bod, ve kterém žáci sami provádějí experimenty, je samozřejmě možné vynechat). Velmi pěkné úlohy mi také žáci přinesli jako dobrovolné domácí úkoly. Zadalá jsem je pak některou z dalších hodin jako práci pro ostatní žáky.

Závěr

Na závěr bych ještě jednou chtěla zdůraznit, že se necítím být expertem v reflexi a reflektivních aktivitách, stále se tyto metody učím ve třídě používat, vyčlenit na ně dostatek času, nezapomínat na ně v průběhu (a často i běhu) jednotlivých hodin. Domnívám se však, že má smysl se to učit, zkoušet nabízet tyto aktivity žákům, sledovat jejich reakce a vidět hmatatelné výsledky jejich práce (jiné než pouze zápisy v sešitě a písemky). Věřím, že moje zkušenosti mohou pro vás být inspirací, uvítám libovolné Vaše komentáře.

Pokud se o reflexi chcete dozvědět více ze spíše teoretického pohledu, doporučuji k přečtení článek P. Frišové [8]. Další náměty na aktivity ve fyzice lze najít v člancích V. Meškana [9], [10].

Literatura

- [1] Šrajlová, M. *Katalog námětů k opakování učiva fyziky na ZŠ formou hry*. Diplomová práce. MFF UK, Praha 2005.
- [2] Reichl, J. *Fyzikální show. Reportáže z různých akcí, k nim připojeny použité hry, kvízy apod.* (online). Dostupné z: <http://www.jreichl.com/fyzika/show/show.htm> (cit. 17. 8. 2016)
- [3] Dvořáková I. *Grafseso a jiné hry*. In: *Sborník konference „Jak učím fyziku?“*, Vlachovice 2011. (online). Dostupné z: <http://fyzweb.cz/materialy/vlachovice/2011/dilny/grafseso-dvorakova/Dvo%20C5%99%C3%A1ko%20v%C3%A1%20%20Grafseso%20a%20jin%C3%A9%20hry.pdf> (cit. 17. 8. 2016)
- [4] Reichl, J. *Heuréka – 2. seminář*. (online). Dostupné z: http://www.jreichl.com/fyzika/show/2016_heureka/heureka_02.htm (cit. 17. 8. 2016)
- [5] Van den Berg, E. *Learning to investigate with concept cartoons*. In: *Dílky Heuréky 2013, Sborník konference projektu Heuréka (Náchod 2013)*. Ed.: V. Koudelková, L. Dvořák. (online). Dostupné z: https://kdf.mff.cuni.cz/heureka/sborniky/DilnyHeureky_2013.pdf (cit. 17. 8. 2016)
- [6] Hejnová, E. *Rozvoj kritického myšlení pomocí úloh zadaných formou diskuze*. In *sborník z konference „Jak učím fyziku?“* Vlachovice 2013. (online): Dostupné z: [http://fyzweb.cz/materialy/vlachovice/2013/materialy/hejnova/p-hejnova-ulohy_diskuse.pdf_\(cit.17.8.2016\)](http://fyzweb.cz/materialy/vlachovice/2013/materialy/hejnova/p-hejnova-ulohy_diskuse.pdf_(cit.17.8.2016))
- [7] Hejnová E. *Úlohy zadané formou diskuze na téma optika*. Letní škola pro učitele, Bedřichov 2015. (online). Dostupné z: [http://physics.ujep.cz/~ehejnova/Pro_ucitele/bublino ve_ulo hy_pdf/Bublino ve_ulohy_optika_v3.pdf_\(cit.17.8.2016\)](http://physics.ujep.cz/~ehejnova/Pro_ucitele/bublino ve_ulo hy_pdf/Bublino ve_ulohy_optika_v3.pdf_(cit.17.8.2016))
- [8] Frišová, P. *Potenciál reflexe ve vyučování*. Metodický portál RVP. (online). Dostupné z: [http://clanky.rvp.cz/clanek/s/Z/8331/POTENCIAL-REFLEXE-VE-VYUCOVANI.html/_\(cit.17.8.2016\)](http://clanky.rvp.cz/clanek/s/Z/8331/POTENCIAL-REFLEXE-VE-VYUCOVANI.html/_(cit.17.8.2016))
- [9] Meškan, V. *Rozvoj tvořivosti ve výuce fyziky I. – Tvůrčí řešení problémů, pedagogicko-didaktické aspekty rozvoje tvořivosti ve fyzice*. Školská fyzika 2013/4. (online). Dostupné z: http://sf.zcu.cz/data/2013/sf2013_04_3.pdf (cit. 17. 8. 2016)
- [10] Meškan, V. *Rozvoj tvořivosti ve výuce fyziky II. — Překážky tvořivosti a motivace žáků*. Školská fyzika 2014/1. (online). Dostupné z: http://sf.zcu.cz/data/2014/sf2014_01_3.pdf (cit. 17. 8. 2016)

Tvarová paměť chytrých materiálů

JIŘÍ ERHART

Katedra fyziky, Fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická, Technická univerzita v Liberci

Príspevek prináša čtenářům vysvětlení jevu tvarové paměti i dalších vlastností materiálů s tvarovou pamětí a jejich nejběžnějších aplikací. Obsahuje také praktické informace k provedení vlastního pokusu s drátem ze slitiny Nitinol.

Úvod

Jev tvarové paměti je jedním z novějších jevů u slitin kovových materiálů. Jev je aplikován v řadě průmyslových zařízení, v lékařství, ale i v předmětech denní potřeby. Samotné vysvětlení jevu je poněkud složitější a zahrnuje kombinaci tří vlastností kovových slitin – intermetalikum, strukturní (martenzitická) transformace a superelasticitu – které se tak šťastně setkaly právě u materiálu Nitinol. Materiál Nitinol je dnes běžně dostupný komerčně v tvaru drátů a lze ho použít pro vlastní experimentování i při výrobě fyzikálních hraček. V následujících odstavcích vysvětlíme nejprve jednotlivé jevy a pojmy, dále pak samotný jev tvarové paměti a jeho použití v aplikacích a podáme praktické informace o Nitinolu pro vlastní experimentování.

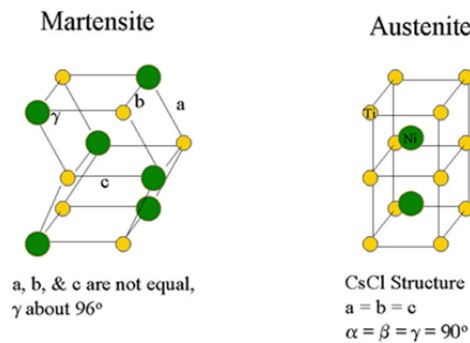
Slitiny kovů – Intermetalika

Kovové materiály doprovázejí lidstvo již od jeho počátků, kdy objev bronzu (slitina mědi a cínu) dal název celé historické epoše. Slitiny kovů netvoří ve struktuře nové chemické vazby mezi atomy, ale jde pouze o rozmístění atomů dvou či více druhů do krystalové mřížky, tzv. *tuhý roztok*. I když tedy slitiny nejsou charakterizovány novými molekulami sloučenin zúčastněných kovů, mohou atomy na sebe působit silami a to má vliv na vlastnosti slitiny. Pokud budeme dva typy atomů (např. měď a cín v případě bronzu) umísťovat do krystalické mřížky, můžeme se dočkat buď zcela nepravidelného uspořádání atomů, částečně uspořádaného rozmístění atomů, nebo zcela uspořádaného tuhého roztoku charakterizovaného dvěma pravidelnými podmřížkami tvořenými jednotlivými typy atomů. Takové podmřížky na sebe ve slitině navzájem silově působí a to zásadně mění vlastnosti materiálu. Tyto uspořádané slitiny se zvláštními (většinou jednoduchými) poměry počtů atomů a s anomálními vlastnostmi se nazývají *intermetalika*. Zatímco pro neuspořádané slitiny lze jejich vlastnosti určit váhovým průměrováním z vlastností jednotlivých zúčastněných prvků, intermetalika mají díky svému uspořádání mimořádné vlastnosti jako je např. hustota, odolnost proti korozi, pevnost a další. Tak lidstvo v minulosti vynalezlo slitinu bronz s výtečnými vlastnostmi, blížkou intermetaliku o strukturním vzorci Cu_3Sn . Podobně se přišlo na slitinu mědi a zinku (mosaz) a další. Metalurgie obohacuje fyzikální poznávání již po mnoho století, kdy např. Archimédův zákon je „vedlejším produktem“ řešení metalurgického problému čistoty složení zlaté koruny syrakuského krále. Významní metalurgové také často pracovali pro státní mincovny (např. Newton, Austen) nebo pro železnice (např. Martens),

kde byla největší potřeba slitin s definovanými vlastnostmi. Vývoj v této oblasti probíhá dodnes a je úzce provázen aplikacemi takových slitin. Podrobněji o intermetalických viz text [1].

Strukturní (martenzitická) transformace

Slitina tvořená dvěma nebo více atomy prochází se změnou teploty fázovými transformacemi spojenými se změnou symetrie krystalové mřížky – viz obr. 1.



Obr. 1. Struktura martenzitu a austenitu pro slitinu niklu a titanu [2].

Při vyšších teplotách bývají atomy uspořádány více symetricky (mají např. kubickou mřížku), neboť mají větší kinetické energie a tak snadno překonávají energetické bariéry a snadno se tak „usadí“ v rovnovážném stavu s tou nejnižší možnou potenciální energií. Tato fáze se nazývá *austenit* po anglickém metalurgovi W.Austenovi.



Sir William Chandler Roberts-Austen (1843–1902). Pracoval v Královské mincovně (Royal Mint), kde zkoumal nejen mincovní slitiny zlata, stříbra a mědi, ale také slitiny železa používané na razicí nástroje a odlévací formy. Je autorem jednoho z prvních fázových diagramů oceli (systém Fe-C) a průkopníkem používání termočlánků pro měření teploty během fázových přechodů slitin. Podrobněji viz [3].

Při snižování teploty kinetická energie atomů klesá a tak někdy nejsou schopny překonat energetickou bariéru a dostat se do rovnovážné polohy s tou nejmenší potenciální energií, tj. zůstávají v metastabilním stavu. Struktura je potom vůči austenitu mechanicky deformovaná a má mřížku s nižší symetrií (např. monoklinickou). Tato fáze se nazývá *martenzit* po německém metalurgovi A. Martensovi.

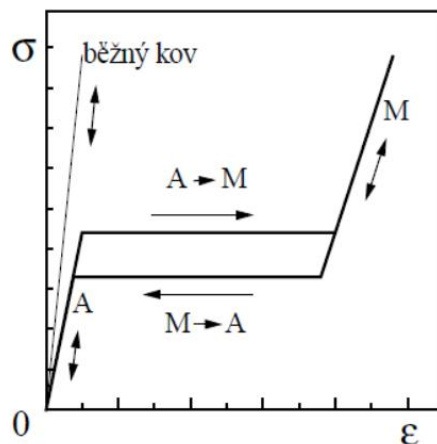


Adolf Karl Gottfried Martens (1850–1914). Pracoval jako inženýr u Královských Pruských drah (Königliche Preussische Staatseisenbahn) na testování ocelových strojních dílů. Stal se ředitelem ústavu pro mechanické testování v Berlíně (Königliche Mechanisch-Technische Versuchsanstalt) a zakladatelem Královského úřadu pro testování materiálů (Königliche Materialprüfungsamt). Zabýval se vývojem metod a zařízení pro mechanické testování strojních dílů a s firmami Carl Zeiss Jena a Franz Schmidt & Haensch, Berlin se podílel na vývoji metalografického mikroskopu. Podrobněji viz [4].

Důležité je, že transformace mezi austenitem a martenzitem může v některých materiálech probíhat pouze lokálním přeuspořádáním atomů v nejbližších buňkách krystalové mřížky bez difuze atomů na dálku v mřížce. Mřížka tak zůstává bez poruch (dislokací) a transformace může probíhat při další změně teploty vratně. Změny struktury jsou také doprovázeny změnou tvaru a rozměrů látky. Vzhledem k tomu, že deformace martenzitu vůči austenitu má vždy několik ekvivalentních variant (až 24 možností), je výsledkem transformace náhodné uspořádání různých možností martenzitu a transformace proběhne beze změny tvaru. Jednotlivé deformace elementárních buněk se však při uspořádání vnějším tlakem také mohou vzájemně sčítat a látka pak dosahuje značných deformací.

Superelasticita

Deformace martenzitu můžeme dosáhnout také vhodným mechanickým působením (tlakem) i nad teplotou fázového přechodu v austenitické fázi. Mřížka však nezůstane deformovaná trvale, ale pouze po dobu působení tohoto tlaku, materiál se silou brání této deformaci. Průběh silového působení nejprve popisuje Hookův zákon (malá napětí, k transformaci na martenzit ještě nedochází) – viz počátek křivky na obr. 2. Při určité hodnotě mechanického napětí začne docházet k postupné deformaci austenitu na martenzit (stále je teplota nad teplotou fázového přechodu!), postupně se zvyšuje deformace, aniž by se nějak významněji měnilo mechanické napětí – viz oblast ve středu grafu. Po úplné rekonstrukci mřížky austenitu na martenzit se pak dále zvyšuje napětí úměrně mechanické deformaci, ale tady již s obecně jiným Youngovým modulem pružnosti (viz jiná směrnice křivky). Při uvolňování mechanického napětí probíhá deformace obráceně, mezní napětí pro změnu martenzitu na austenit je však nižší – látka jeví hysterezi. Rozsah napětí kdy dochází k transformaci austenit-martenzit je oblastí *superelasticity*, kdy se materiál bez zjevnějšího přírůstku napětí významně protahuje, u některých materiálů o velké deformace řádu až několika %.



Obr. 2. Superelastické chování při mechanické deformaci v austenitické fázi [1].

Připomeňme ještě analogii mezi táním ledu na vodu a diagramem na obr. 2. Tání ledu na vodu popisuje stejný diagram jako v obr. 2 s dodávaným/odebíraným teplem na vodorovné ose a teplotou na svislé ose. Oblast pod vodorovnou částí křivky pak odpovídá skupenskému teplu pro tání/tuhnutí vody. Také pro transformaci austenit-martenzit jde o fázový přechod prvního druhu s latentním teplem přechodu a hysterezi.

Tvarová paměť

Jev tvarové paměti spočívá v návratu materiálu do svého „původního“ tvaru při změně teploty nad teplotu fázového přechodu, tj. jde o změnu struktury mezi martenzitem a austenitem. Kus drátu z paměťové slitiny vytvarujeme za vyšší teploty (austenit), po ochlazení za nižší teploty libovolně deformujeme (martenzit) a po zvýšení teploty se drát vrací do svého původního tvaru (austenit). Tato operace je opakovatelná a doprovázená překvapivě velkou deformací. Pokud bychom v návratu do původního tvaru materiálu bránili, dokáže vyvinout značnou sílu.



W. J. Buehler
(1923–2014)

I když první poznatky o existenci jevu pocházejí ze slitin Au-Cd již ze 30. let 20. století, o skutečně prakticky použitelné tvarové paměti mluvíme až s vývojem slitiny NiTi, dnes známé pod komerčním názvem Nitinol (Nickel Titanium Navy Ordnance Laboratory) podle výzkumných laboratoří amerického námořnictva. Vývoj a výzkum tohoto materiálu je spojen se jménem W. J. Buehlera, který tam byl pověřen vývojem odolného materiálu pro „nosy“ balistických raket Polaris. Spolu s F. E. Wangem přispěli také k prvním aplikacím Nitinolu pro spojování potrubí u proudových motorů stíhaček F-14. O historii objevu slitiny a jevu tvarové paměti podrobněji viz [5].

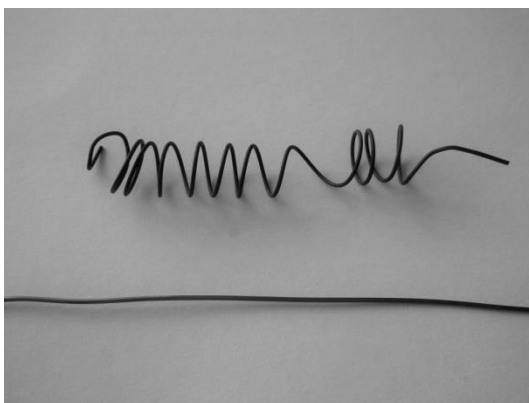
Transformační teplota Nitinolu může být chemickým složením slitiny modifikována v rozsahu teplot od $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+110\text{ }^{\circ}\text{C}$, přičemž transformace jeví hysterezi asi $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při transformaci se dosahuje deformace až $8,5\%$, slitina má Youngův modul pružnosti pro austenit 83 GPa , pro martenzit pak jen $28\text{--}41\text{ GPa}$. Nitinol je relativně dobře vodivý

s rezistivitou pro austenit $100 \mu\Omega \text{ cm}$, pro martenzit $70 \mu\Omega \text{ cm}$ (srovnatelné např. s mosazí), což se využívá v aplikacích pro změny teploty pomocí ohřevu elektrickým proudem. Latentní teplo transformace je 167 kJ kg^{-1} . Více o vlastnostech paměťových slitin lze nalézt např. v publikaci [6].

Prakticky se materiály s tvarovou pamětí používají pro samotný jev tvarové paměti (např. spojovací prvky potrubí, míchací baterie na vodu s pružinou z paměťové slitiny zavírající/otvírající šoupátkový ventil, různé hračky atd.). Další významné použití je pro superelasticitu slitiny od zubních (ortodontická rovnátka zubů) a cévních stentů, flexibilních rámečků brýlí až po výztuže podprsenek atd.

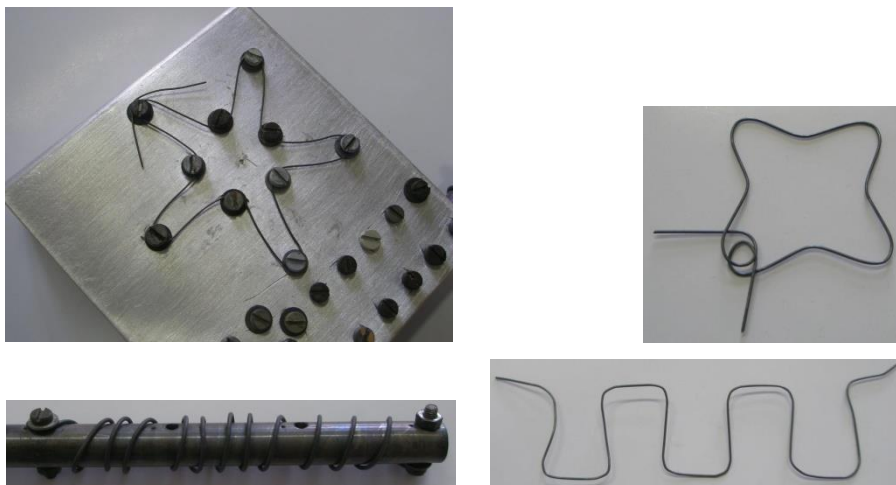
Experiment a praktické rady

Slitinu Nitinol můžeme zakoupit v ČR za přijatelnou cenu ve tvaru drátů s různými průměry ($\varnothing 0,25 - 0,5 - 1 - 2 \text{ mm}$) v e-shopu smartwires.eu. Materiál má transformační teplotu $70 \text{ }^\circ\text{C}$ a k demonstraci změny tvaru tak postačí ponoření do vřelé vody. Jev nejlépe demonstrujeme v porovnání s jiným drátem stejného průřezu ale bez tvarové paměti, např. měděným drátem – viz obr. 3.



Obr. 3. Nitinolový (nahore) a měděný drát po změně tvaru ohřátím ve vřelé vodě.

Drát můžeme vytvarovat do různých tvarů, a pokud nepřesáhneme deformaci $8,5 \%$, bude změna tvaru vratná. Vyšší deformace již povede k částečné nevratnosti změn tvaru (např. pro ostré ohyby drátu). Pokud drát vložíme do horké vody v jeho původním (vysokoteplotním) tvaru, nepozorujeme žádnou změnu tvaru.



Obr. 4. Držáky pro tvarování Nitinolového drátu do tvaru spirály, hvězdy (vlevo) za vysoké teploty a vytvarované dráty.

Pro vlastní pokusy s tvarováním drátu do žádaného tvaru za vyšších teplot musíme použít vhodného držáku (viz obr. 4 pro spirálu a plošné útvary) a drát zafixovaný v žádaném tvaru vyhřát na teplotu vysoko nad teplotou martenzitické transformace. Pro Nitinol se doporučuje 450–500 °C po dobu 10–30 min. Takto tvarovaný Nitinolový drát jeví tvarovou paměť a při transformační teplotě se vrací do původního tvaru.

Nakonec připomeňme, že studiu tvarové paměti slitin se věnuje Oddělení funkčních materiálů ve Fyzikálním ústavu AVČR v Praze, kde jev předvádějí zájemcům na dnech otevřených dveří.

Literatura

- [1] Novák V. *Tvarová paměť*, FzÚ AVČR Praha, populární přednášky, 1999.
- [2] <http://education.mrsec.wisc.edu/148.htm>
- [3] Kayser F.X., Patterson J.W. *Sir William Chandler Roberts-Austen – His role in the development of binary diagrams and modern physical metallurgy*, Journal of Phase Equilibria 19, 1 (1998) str. 11-18
- [4] Portella P.D., Helmerich R. *Adolf Martens and his contribution to materials engineering*, Engineering Failure Analysis 43 str. 2-10, 2014.
- [5] Kaufman G.B., Mayo I. *The Story of Nitinol: The Serendipitous Discovery of the Memory Metal and Its Applications*, The Chemical Educator 2, 2, str. 1-21, 1996.
- [6] Hodgson D.E., Wu M.H., Biermann R.J. *Shape Memory Alloys*. Dostupné z: <http://web.stanford.edu/~richlin1/sma/chem.html>

Fun with Archimedes' principle

HAJDUSIANEK ANNA^{1,2}, CIŽMAN AGNIESZKA²

*¹Wroclaw University of Technology, Department of Theoretical Physics,
Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Poland*

*²Wroclaw University of Technology, Department of EXPERIMENTAL Physics,
Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Poland*

Archimedes law stating that anybody completely or partially submerged in gasses as well as liquids (i.e. a fluid) rest is acted upon by an upward, or buoyant, force the magnitude of which is equal to the weight of the fluid displaced by the body. We are going to show few simply experiments demonstrating Archimedes' principle. Proposed experiments allow us to determine the density of examined liquid. Physics experiments can be done at home and involves very basic elements that anyone has access to, like water, plastic box, coins and balance. This complex concept is made more accessible to young explorers through the use of interesting demonstrations and experiments like the ones described below.

Experiments

1. Salt water eggs experiment

Using Archimedes' principal, children can determine if an object will sink or float in different density of water. Prepare a clear transparent beaker with warm water. Add an egg and it will sink (Fig. 1a). Add salt to the beaker and the egg begins to float (Fig. 2b). According to the Archimedes' principal: If an object weighs more than its own volume in fluid, it will sink. The mass per unit volume of water due to adding the salt was increased and was equal or more dense than egg and caused the egg float.

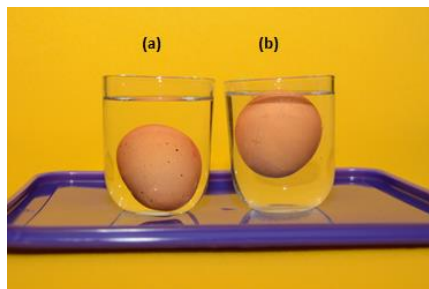


Fig. 1. (a) Egg into beaker of water without salt; (b) Egg into beaker of salt water

2. Density

An interesting experiment for the young explorers is to show how the weight changes result on the object flowing. Use two the same volume elements but with different mass. Lower exanimated objects into a beaker of water and observe the level of immersion of object with different mass (Fig. 2).



Fig. 2. The level of immersion of two objects with different mass but with the same volume.

3. “Smuggling boat”

Using Archimedes’ principle, children can determine if an object with different volume will sink or float in water. Prepare a main big transparent plastic box with water, stone and a smaller plastic box. Put the stone into a small plastic box and *put this in a box with water*. It will sink (Fig. 3a). Now, do the same experiment, but this time fix a stone to the bottom of a small box **using a tape (Fig. 3b)**. *In this case the boat floats. In the second case, the boat’s density is less than the water’s density causing the boat to float.*

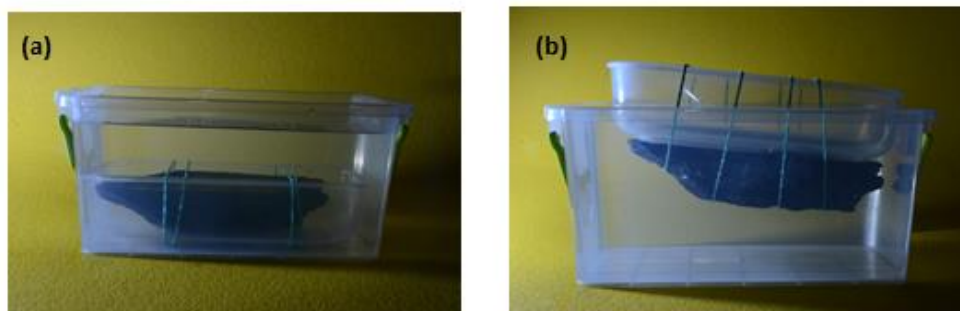


Fig. 3. A boat made of identical mass pieces. (a) Boat sink (b) Boat floats

4. Eureka! Eureka!

Determination of metal density by direct measurement of volume and mass.

The legend has it that the King Hieron II of Syracuse had summoned Archimedes and asked him to devise a way of finding out if the crown created for him by goldsmith was made from lump of gold. King Hieron suspected that the smith had stolen some of the gold, replacing it with cheaper silver.

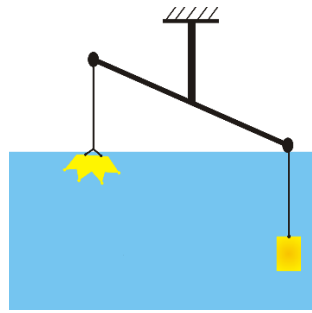


Fig. 4. Scheme of Archimedes experiment

As legend relates, the solution came to Archimedes as he bathed; he sat in the bath, noticed how the water level rose and this suddenly inspired him. To solve this problem Archimedes had prepared two equal mass crowns, one from a block of gold and one from a block of silver. Then, Archimedes had immersed each in water, carefully measuring how much water was displaced (Fig. 4). After this experiment he had calculated that the crown was less dense than the gold but denser than the silver, indicating that the smith had cheated the King Hieron.

5. Determination of water density.

Archimedes' principle says that when an object is immersed in a water, the apparent loss of weight of an object is equal to the upthrust and this is also equal to the weight of the liquid displaced. The children can check this theory by the simple experiment. Prepare a main big transparent beaker with water, object (e.g. aluminum cylinder) with the density greater than examined liquid, the spring and pan balance, thread and a tape. Weigh the beaker with water using pan balance m_t (Fig. 5a). Estimate the volume of a cylindrical object V . Using the tape glue the thread to object. Lower examined object into a beaker of water that is not resting on a top pan balance and does not touch any of the beaker wall. Weigh the beaker with object inside m_p (Fig. 5b).

If you already know the volume of the object then you can simply measure the density of water (liquid) using following formula $\frac{m_c}{V} = \frac{m_p - m_t}{V} = \rho_{liquid}$ (where m_c – is the mass of the fluid displaced by the body)



Fig. 5. (a) Mass of the beaker of water; (b) Mass of the beaker of water with cylindrical object inside

Conclusion

The aim of this paper is to present the main physical problems in a very approachable and interesting way and using very basic elements. Presented experiments were realized during the Academy of Young Explorers to increase the attractiveness of STEM classes for all young people. We believe that access to high quality STEM learning gives the chance to become the innovators and researchers. Participation in Academy of Young Explorer would support development of experimental skills of the participants, which may be useful in their future carriers.

Literature

[1] www.amo.pwr.edu.pl

[2] Hewitt P.G. *Fizyka wokół nas*, ISBN: 9788301182212, PWN, Warszawa, 2015.

[3] www.britanica.com

[4] Paipetis S.A & Ceccarelli M., *The Genius of Archimedes: 23 Centuries of on Mathematics, Science and Engineering*. Proceedings of and International Conference held at Syracuse, June 8-10, Dordrecht, Germany, Springer, 2010.

Acknowledgment

The project of Academy of Young Explorers was supported by the Boeing Company.

Photo by I. Hajdusianek

Demonstrační sada pro výuku optiky s pomocí 3D tiskárny

KAREL HAVLÍČEK, MATĚJ RYSTON

Katedra didaktiky fyziky, MFF UK

Tímto příspěvkem bychom rádi seznámili čtenáře s vývojem demonstrační optické sady na magnetickou tabuli, která se opírá z velké části o technologii 3D tisku. Snahou je vytvořit relativně levnou a funkční variantu ke komerčním optickým sadám, kterou si po nakoupení několika dalších komponentů bude učitel s přístupem k 3D tiskárně moci vyrobit sám.

Proč další sada a proč 3D tisk?

Motivací pro tvorbu této sady bylo pro nás mimo jiné to, že žádnou rozumnou sadu pro výuku paprskové optiky nevlastníme a při jejich cenách si ji ani nemůžeme dovolit pořídit. Jistým řešením by byla tvorba pomůcek podle návodů Mgr. Václava Piskače [1]. Tyto jsou cenově velmi dostupné a relativně snadno vyrobitelné, avšak jde o žákovskou sadu. My jsme chtěli vlastnit sadu demonstrační, použitelnou pro experimenty dobře viditelné z celé učebny. To pro nás znamenalo pomůcky přichycené na tabuli, velké a jasně viditelné i z dálky. Vzhledem k tomu, že se na naší katedře věnujeme 3D tisku, jsme se rozhodli jej při výrobě použít. Umožňuje totiž přesné tvarování materiálů na míru našim potřebám a téměř sériovou výrobu komponent. Navíc jsme se rozhodli hotové modely uveřejnit spolu s kompletním postupem výroby a nákupními seznamy dalších součástí, aby si kdokoliv další s přístupem k 3D tiskárně mohl sadu také pořídit a využít tak plody naší práce.

Komponenty

Sada se skládá z několika různých dílů, které je možné vyrábět postupně a nezávisle na sobě. Je tak možné si sadu postupně vylepšovat a rozšiřovat. Všechny komponenty jsou na tabuli přichyceny několika neodymovými magnety. Základní komponentou, kterou je ovšem těžké efektivně nahradit (ač to do jisté míry jde laserovým ukazovátkem) je laserový zdroj.

Laserový modul

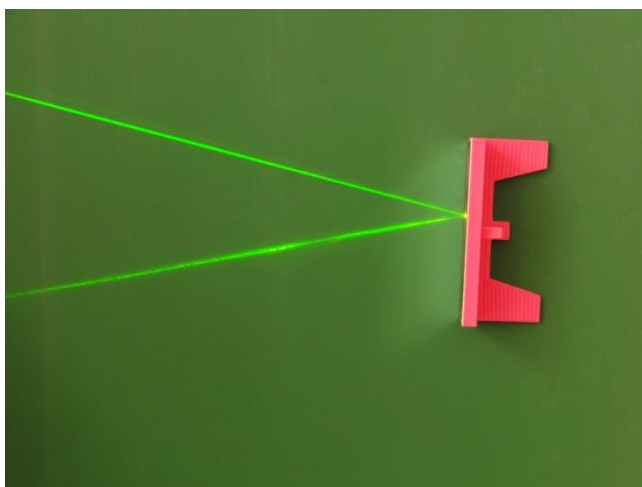


Obr. 1. Laserový modul

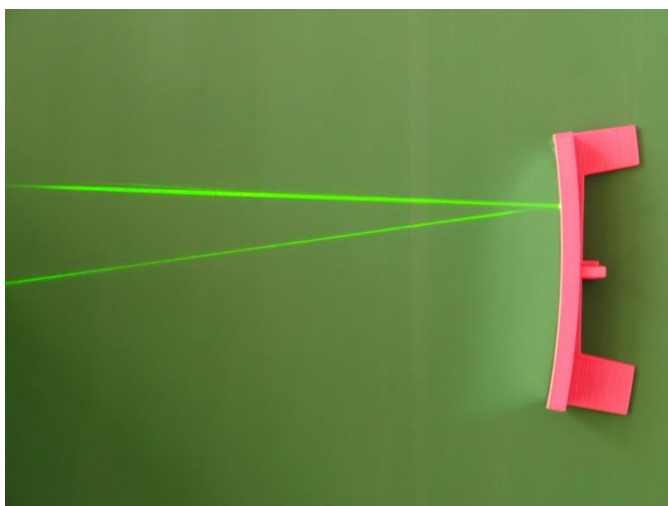
Laserový modul je samostatná součástka (cca 19x7x5 cm) napájená Li-ion baterií, osazená červenou laserovou diodou (cca 2 V a 50 mW)¹. Paprsek je roztahován do krátkého pruhu pomocí válcové čočky vyrobené uříznutím kusu plexisklové kulatiny. Na tabuli je držen 8 tenkými neodýmými magnety na dně boxu. Jde o nejkomplicovanější část sady, vyžadující kromě tisku na 3D tiskárně ještě vyrobení tištěného spoje sloužícího jako regulace napájení diody. Při běžném používání pak již modul není potřeba otevírat, neboť nabíjení baterie je vyřešeno pomocí micro-USB kabelu.

¹ Vysoký výkon laserové diody je zvolen proto, aby roztažení paprsku válcovou čočkou do šířky po tabuli bylo dobře viditelné po třídě.

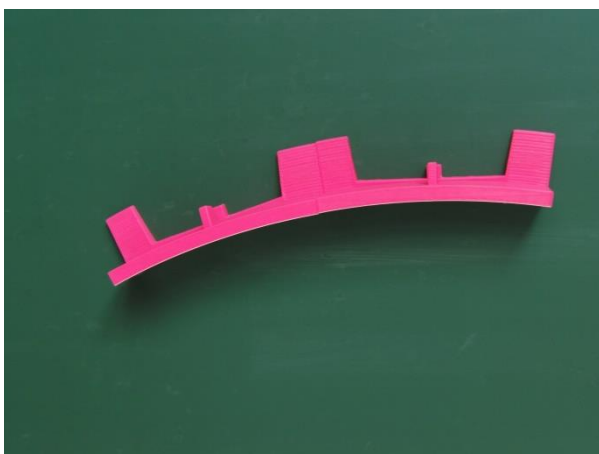
Zrcadla



Zrcadla jsou téměř kompletně tisknutelným dílem, s minimální náročností výroby. Po vytištění modelu se na jeho povrch nalepí samolepicí zrcadlová tapeta a spodek se osadí magnety. Zrcadel je navrženo několik typů podle geometrie. Základní je rovinné zrcadlo délky 10 cm (na obrázku vlevo s laserovým ukazovátkem). Dlouhé nožičky zabraňují kývání a madlo uprostřed slouží k jednodušší manipulaci s pomůckou.

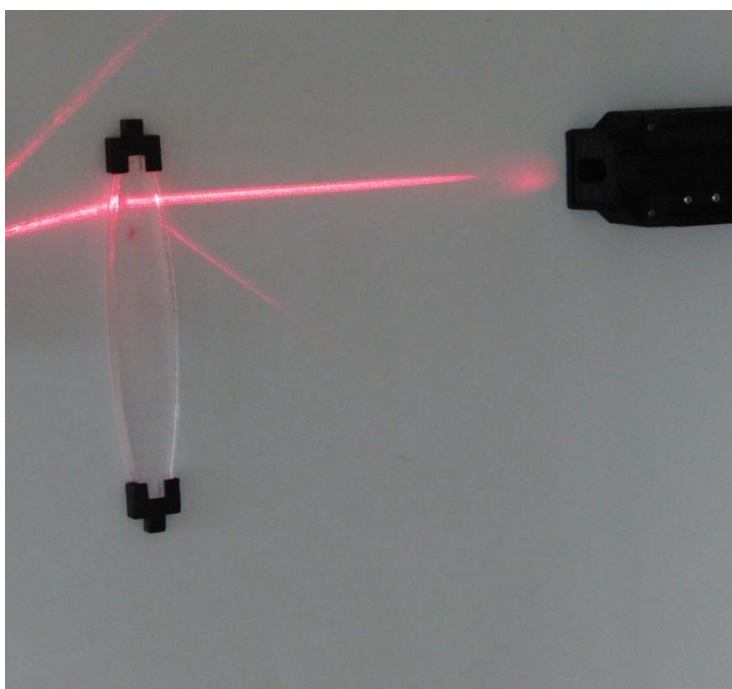


Dalšími navrženými typy jsou pak dutá a vypuklá zrcadla. Zrcadlová plocha je v obou případech úsekem stěny válce s poloměrem 50 cm. Jednotlivé moduly na sebe navazují a dá se z nich tedy udělat až metrové duté/vypouklé zrcadlo, podle toho kolik úseků si uživatel postupně vyrobí (na obrázku vlevo použito laserové ukazovátko svítící skrz válcovou čočku).



Obr. 2. Dvou-modulové zrcadlo

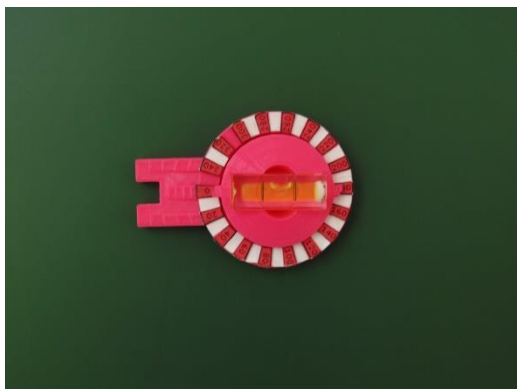
Čočky



Všechny čočky a optické hranoly jsou nahrazeny podélnými průřezy válcových čoček. Tak může student na tabuli vidět cestu paprsku před, v a za optickým prvkem. Jako materiál používáme dvousložkovou průhlednou pryskyřici. Tu po smíchání zbavíme bublin pomocí kuchyňské sady na vakuování potravin nebo vývěvy a pak nalijeme do připravených forem. Formy odléváme ze silikonu a jako předloha pro formu slouží polotovary výsledných čoček natištěné na 3D tiskárně. Forma může být po očištění několikrát znovu použita a je tedy

možné si snadno udělat náhradní díly, či si pořizovací cenu silikonové formy rozložit mezi několik zájemců o stejný díl. Momentálně jsou navrženy spojky a rozptylky o mohutnostech 2D a 4D a trojboký hranol. Plánujeme je ještě doplnit o obdélníkový a zahnutý profil pro simulaci tenké vrstvy a principu optického kabelu.

Libela



Poslední navrženou komponentou je libela. Její výroba vyžaduje kromě tisku na 3D (samotný model) a normální (číselník) tiskárně také nákup přívěšku s vodováhou za cca 20 Kč. Libela zuby vlevo zapadá do příslušného reliéfu na jednotlivých dílech sady a umožňuje je natočit do požadovaného úhlu vůči vodorovné rovině. Díky tomu můžeme všechny komponenty na tabuli vyrovnat vůči libovolně natočené optické ose.

Stav vývoje a výsledná podoba

V době, kdy je psán tento příspěvek, je naše demonstrační sada v prototypové fázi. Jednotlivé komponenty jsou až na malé úpravy funkční a v blízké době budou testovány ve výuce. Po jejich odladění máme v plánu všechny modely zveřejnit jako nekomerčně volně šiřitelné a doprovodit je návody, popisem postupu výroby, seznamem potřebných součástí, popisem, kde se dají součástky a potřebné materiály sehnat a schématem tištěného spoje regulujícího napájení laseru.

Slova závěrem

Rádi bychom tímto poděkovali Katedře didaktiky fyziky na MFF UK za materiální podporu při vývoji této sady a Bc. Martinu Stránskému za navržení vyhotovení tištěného spoje regulujícího napájení laseru. Tento vývoj byl také podpořen grantem SVV č. 260329/ 2016.

Pokud se mezi čtenáři najdou zájemci o tuto sadu nebo další informace o sadě, necht' nás laskavě kontaktují na emailové adresy výše.

Literatura

- [1] Piskač V. *Žákovská optická deska – zrcadla*. Dostupné z:
http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/optika/zakovska_opticka_deska_-_zrcadla.pdf – [Cit. 18. 08. 2016]

Bublinové úlohy z optiky s náměty na jednoduché pokusy

EVA HEJNOVÁ

Katedra fyziky, Přírodovědecká fakulta UJEP, Ústí nad Labem

V příspěvku je prezentován soubor 27 úloh zadaných formou diskuze na téma optika. Úlohy zahrnují typické mylné představy, které žáci v této oblasti mají. Vybrané úlohy jsou doplněny náměty na pokusy, které jsou realizovatelné s jednoduchými pomůckami a jsou dobře použitelné v běžné školní výuce.

Charakteristika souboru úloh

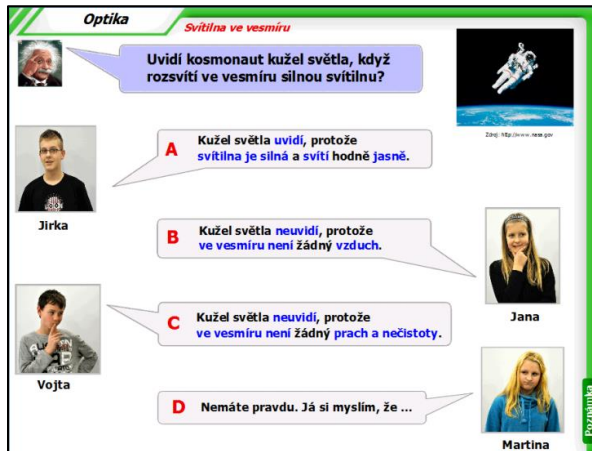
Ačkoliv optika patří spíše k oblíbenějšímu učivu, setkáváme se v této oblasti s mnoha chybnými představami (miskoncepce), které jsou v rozporu s vědeckými poznatky. Prezentované úlohy zahrnují nejčastější miskoncepce, jež byly identifikovány v zahraničních i tuzemských výzkumech [1]. Úlohy pokrývají celou oblast učiva optiky; konkrétně jsou zaměřeny na problematiku světlených zdrojů a šíření světla, vznik a velikost stínu, na odraz a lom světla a barvu těles.

Úlohy jsou zadány ve formě diskuze, v zahraničí jsou tyto úlohy nazývány „concept cartoons“ [2], [3]. Podrobněji bylo o těchto úlohách pojednáno v příspěvku na Veletrhu nápadů učitelů fyziky v roce 2014 (příspěvek je dostupný na http://physics.ujep.cz/~ehejnova/Publikace/PDF/Prispevek_Veletrh_Cheb_2014.pdf). Ve stručnosti zde pouze uvedme, že v úloze zadané formou diskuze vystupuje několik mluvčích (nejčastěji tři nebo čtyři), přičemž počet diskutujících a jejich tvrzení vycházejí z miskonceptů, které byly v dané oblasti identifikovány. Diskutovaný problém je uveden ve formě otázky, což usnadňuje dětem pochopení toho, k čemu se jednotliví mluvčí vyjadřují. Pro názornost je každá úloha doplněná fotografií nebo jednoduchou ilustrací a pro usnadnění čtení jsou klíčová slova vyznačena barevně.

Ke každé úloze je zpracována metodická poznámka, ve které je předložený problém podrobněji diskutován, u některých úloh jsou uvedeny i náměty na další aktivity a pokusy, jež může učitel s žáky realizovat. Úlohy jsou určeny pro žáky 1. a 2. stupně základních škol, ale některé z nich lze dobře využít i na středních školách. Učitelé mohou pomocí úloh zjistit, jaké představy jejich žáci mají, a následně jim poskytnout bezprostřední zpětnou vazbu při jejich učení.

V dalším textu uvedeme ukázky několika úloh a popíšeme některé jednoduché pokusy, které vhodně doplňují diskusi a které pomáhají žákům potvrdit, či vyvrátit vyslovená tvrzení. Soubory úloh (ve formátu PDF a FLP pro interaktivní tabuli typu ActivBoard) a metodické poznámky k úlohám včetně řešení jsou dostupné na http://physics.ujep.cz/~ehejnova/Pro_ucitele/index4.html.

Svítilna ve vesmíru (obr. 1)



Stručný komentář k úloze „Svítilna ve vesmíru“

Správná je odpověď C. V prostoru, ve kterém se kosmonaut nachází, nejsou žádné částice (prach a nečistoty), na kterých by se světlo ze svítilny rozptylovalo. Co se týče odpovědi Jany (B), pokud bychom se nacházeli v prostředí, ve kterém by byl vzduch velmi čistý (např. v jeskyni), kužel světla (resp. paprsky světla) bychom také neviděli.

Obr. 1. Úloha Svítilna ve vesmíru

Ověřující pokus: Jednoduchý pokus lze provést např. s laserovým zdrojem, ze kterého necháme úzký světelný svazek procházet různě znečištěnými prostředími (např. vzduchem znečištěným kouřem nebo prachem). Zdrojem kouře může být např. vonná tyčinka, která vytváří dostatečné množství kouře, jež můžeme snadno jímat do čiré PET lahve (obr. 2a). Lahví s kouřem pak necháme procházet laserový paprsek (obr. 2b). Tímto způsobem lze jednoduše a rychle ukázat zviditelnění paprsku ve znečištěném prostředí.

V návaznosti na tento pokus lze pak žákům zadat za úkol, aby vyhledali informace o laserových radarech, které se používají k měření znečištění zemského ovzduší. Laserový paprsek se částečně odrazí a částečně rozptyluje na částicích obsažených v ovzduší. Odražené signály se pak vyhodnocují. Tímto způsobem je možno určit rozložení a směr pohybu kouřových částic a dalších znečišťujících látek v ovzduší.



Obr. 2a, 2b. Zviditelnění paprsku v kouři

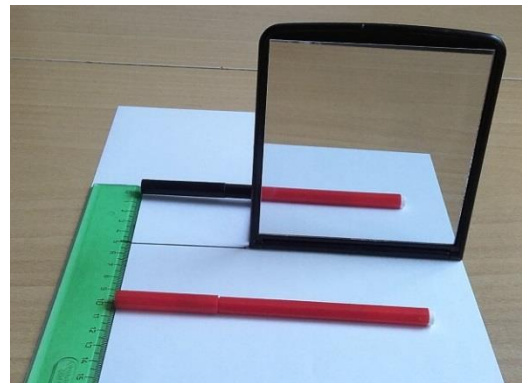
Fotografování v zrcadle (obr. 3)

Obr. 3. Úloha Fotografování v zrcadle

Stručný komentář k úloze „Fotografování v zrcadle“

Správná odpověď je A. Děti si velmi často chybně myslí, že obraz předmětu leží v rovině zrcadla, proto volí odpověď B.

Ověřující pokus: V učebnicích fyziky se hledání obrazu předmětu často řeší tak, že se předmět položí na pravítko, které se rovinným zrcadlem zobrazí společně s předmětem. Tento pokus ale nelze považovat za dostatečný důkaz toho, že předmět a jeho obraz mají od rovinného zrcadla stejnou vzdálenost, neboť lze vyslovit pochybnost, že zrcadlo může délky nějak zkreslovat. Vhodnější je vzít dva stejné nebo velmi podobné předměty (např. fixy apod.) a najít místo, kde splyne druhý předmět s obrazem prvního předmětu (obr. 4). Tak jednoznačně ukážeme, že obraz je ve stejné vzdálenosti od rovinného zrcadla jako předmět [4].



Obr. 4. Pokus potvrzující stejnou vzdálenost předmětu a jeho obrazu od zrcadla

Míchání barev (obr. 5)

Obr. 5. Úloha Míchání barev

Stručný komentář k úloze „Míchání barev“

Správná odpověď je B. Děti si často myslí, že složením světelných základních barev vznikne černá nebo hnědá barva. Zdrojem těchto představ je zřejmě skutečnost, že jestliže smícháme několik barev, dostaneme obvykle nějakou „špinavou“ barvu (např. hnědou nebo černou).

Ověřující pokus: Složit základní barvy lze např. pomocí LED diod, podrobněji je skládání základních barev pomocí LED diod popsáno v příspěvku Václava Piskače ([5], [6]).

V rámci tématu skládání barev můžeme se žáky provádět mnoho zajímavých a jednoduchých experimentů, které mohou děti provádět i samy (např. jako domácí pokus). Uvedme zde alespoň dva náměty na takové pokusy.

1. **Skládání dvou barev** lze demonstrovat poněkud netradičně pomocí míchání dvou vhodných kapalin, např. ústní vody a olivového oleje [7]. Do čiré nádoby s uzávěrem nalijeme modrou ústní vodu tak, abychom vytvořili asi 5 cm vysoký sloupec. Na ni nalijeme vrstvu olivového oleje o výšce asi 0,5 cm. Olej na ústní vodě plave (obr. 6 a). Jestliže kapaliny protřepáním smícháme, uvidíme jasně zelenou barvu (obr. 6 b). Pokud je nádoba v klidu, olej a ústní voda se od sebe poměrně rychle opět oddělí, což děti obvykle zaujme (této skutečnosti můžeme využít i k diskusi o hustotách kapalin). Výhodou této varianty pokusu je jeho snadná příprava i provedení. Lahvičku s kapalinami lze uchovat i několik měsíců.



Obr. 6a, 6b. Míchání barev pomocí kapalin

2. Mnoho zajímavých pokusů lze provádět také s **dělením barev** [8]. Na bílou křidu uděláme asi 2 cm od okraje barevnou fixou krátkou, dostatečně výraznou čárku nebo tečku. Na každou stěnu můžeme použít jinou barvu, přičemž dbáme na to, aby se čárky nespojily. Křidu pak postavíme do malé misky s vodou (obr. 7).



Obr. 7. Křída s vyznačenou barvou na začátku pokusu

Křída nasaje vodu a barvy se rozloží (obr. 8 a, b; použita byla oranžová, zelená, fialová a černá barva, jejichž pigmenty se dobře rozkládají do několika barev).



Obr. 8 a, 8b. Rozklad barev na křídě

Tento pokus můžeme provést i v jiné variantě, kdy místo křídly použijeme savý papír (např. nastříhané proužky z kuchyňské utěrky). Na proužek papíru uděláme přibližně 2 cm od okraje fixou barevnou tečku. Proužky papíru vložíme do misky s vodou tak, aby barevné tečky nebyly ponořeny přímo do vody. Opět můžeme pozorovat rozklad barvy (obr. 9; byly použity stejné barvy jako v předchozím případě).

Protože barevné odstíny fixů nebo přírodních barviv jsou směsí různých barev (pigmentů), můžeme pozorovat rozklad původní barvy do několika různých barev. Molekuly každého pigmentu mají různou barvu, liší se ale také např. velikostí a tím, jak dobře se „drží“ na hladině. Menší molekuly se udrží na hladině déle, proto urazí na papíře delší vzdálenost, než na něm ulpí [9]. Na obr. 8 a, b i na obr. 9 lze vidět, že molekuly žlutého pigmentu „docestují“ nejdale, molekuly modrého pigmentu urazí naopak nejmenší vzdálenost.



Obr. 9. Rozklad barev na proužcích z kuchyňské utěrky

Závěr

Vytvořený soubor úloh může učitelům sloužit k odhalování mezer ve znalostech žáků z oblasti optiky a také k identifikaci představ konkrétních dětí. Většina úloh může být také doplněna jednoduchými pokusy, pomocí nichž si děti mohou ověřit pravdivost, či nepravdivost jednotlivých tvrzení. V příspěvku jsme několik takových námětů na pokusy s jednoduchými pomůckami uvedli. Výhodou těchto experimentů je, že je děti mohou provádět i samy doma.

Kontakt: eva.hejnova@ujep.cz.

Literatura

- [1] Mandíková, D., Trna, J. *Žákovské prekoncepce ve výuce fyziky*. Paido Brno, 2011.
- [2] Naylor, S., Keogh, B. *Concept Cartoons in Science Education. 1. díl*. Milgate House Publishers Sandbach, 2010.
- [3] Naylor, S., Keogh, B.: *Concept Cartoons in Science Education. 2. díl*. Milgate House Publishers Sandbach, 2010.
- [4] Heuréka, kdf.mff.cuni.cz/heureka, Geometrická optika, červenec 2015.
- [5] <http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/15-23-Piskac.html>
- [6] http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/fyzika/barevna_svetla.pdf.
- [7] Arnold, N. *Rizikantní experimenty*. Egmont ČR Praha, 2005.
- [8] Klečková, M. a kol. *Chemická dobrodružství*. Univerzita Palackého Olomouc, 2000.
- [9] Brownová, C. L. *Úžasné chemické pokusy v kuchyni*. Edika Brno, 2015.

Science on Stage a European STEM League

JITKA HOUFKOVÁ

Katedra didaktiky fyziky, MFF UK Praha

Science on Stage je evropská iniciativa určená k povzbuzení učitelů z celé Evropy ke sdílení osvědčených postupů ve výuce přírodovědných předmětů. Hlavním cílem Science on Stage je zlepšit výuku přírodních věd a motivovat tak více žáků ke kariéře v oblasti vědy a techniky.

30. 9. 2016 se v iQLandii v Liberci v rámci Noci vědců bude konat Česká národní přehlídka Science on Stage 2016, na kterou je možné se přihlásit do 10. 9. 2016. Na této přehlídce budou vybráni reprezentanti ČR na mezinárodní festival Science on Stage 2017, který se bude konat 29. 6. – 2. 7. 2017 v maďarském Debrecínu a setká se na něm 350 nejlepších učitelů přírodních věd a matematiky z celé Evropy a z Kanady.

Přihlásit se mohou všichni učitelé a lektori přírodních věd a matematiky od mateřských školek výše, kteří se chtějí podělit se svými zkušenostmi s ostatními učiteli. Informace naleznete na <http://science-on-stage.cz/>.

Účast v European STEM League, kterou pořádá Science on Stage ve spolupráci se SAP, je dalším způsobem, jak získat možnost zúčastnit se mezinárodního festivalu Science on Stage. Informace naleznete na <http://www.science-on-stage.eu/page/display/3/91/0/european>.

Science on Stage jde do dalšího ročníku

Zveme aktivní učitele a lektory biologie, chemie, fyziky, zeměpisu, matematiky a informatiky ze všech typů škol a volnočasových zařízení, kteří se chtějí podělit se svými zkušenostmi, na Českou národní přehlídku vzdělávacích aktivit – Science on Stage, která proběhne v rámci Noci vědců 30. 9. 2016 v iQLandii v Liberci. Pojd'te předvést to nejlepší, co děláte, a vyměnit si zkušenosti s ostatními nadšenci z celé ČR i Evropy!

Přihlášky přijímáme do 10. 9. 2016.

Co je Science on Stage



Science on Stage je evropský projekt, který je zaměřen na učitele přírodních věd, matematiky a informatiky. Hlavním cílem Science on Stage je zlepšit výuku přírodních věd a motivovat tak více žáků ke kariéře v oblasti vědy a techniky. Protože důležité je i vytváření vzájemných kontaktů mezi učiteli z různých evropských zemí, zprostředkovává Science on Stage výměnu zkušeností, materiálů a nápadů mezi učiteli přírodních věd a matematiky v celé Evropě. Dalším cílem je vytvářet podmínky pro spolupráci učitelů a škol se špičkovými odborníky a vědeckými pracovišti.

Science on Stage je určena i pro učitele z mateřských škol, učitele prvního stupně škol základních a lektory volnočasových zařízení a školních družin. Vítání jsou i učitelé matematiky a informatiky.

Česká národní přehlídka vzdělávacích aktivit – Science on Stage proběhne 30. září v rámci Noci vědců v liberecké iQLANDII. Devět vybraných učitelů pak pojedou reprezentovat Českou republiku na mezinárodní festival učitelů přírodních věd Science on Stage, který se uskuteční 29. 6. – 2. 7. 2017 v maďarském Debrecínu a setká se na něm 350 nejlepších učitelů přírodních věd a matematiky z celé Evropy a z Kanady.



Podrobné informace naleznete na <http://www.science-on-stage.cz/>.

Kdo se může Science on Stage zúčastnit?

Science on Stage je určena učitelům přírodních věd (fyziky, chemie, biologie, zeměpisu) a také matematiky a informatiky od mateřských škol přes všechny typy základních a středních škol a lektory volnočasových zařízení a školních družin. Vítání jsou i doktorandi, jejichž témata disertačních prací spadají do těchto oblastí.

Co se bude na Science on Stage dít?

Veletrh

Všichni účastníci prezentují své projekty a experimenty na stáncích. Každý účastník má k dispozici malý stůl a nástěnku, kde se prezentuje. Veletrh je hlavní složkou celého festivalu.

Dílny

V Dílnách se vytváří materiály a doporučení pro výuku a diskutuje se o důležitých tématech přírodovědného vzdělávání.

Semináře

Semináře jsou určeny pro předvedení učebních metod a koncepcí doplněných prostorem pro diskuzi.

Pódiová vystoupení

Plenární přednášky, divadelní vystoupení a předvádění pokusů na jevišti.



Z historie Science on Stage

ČR se Science on Stage účastní již od prvního mezinárodního festivalu v roce 2000, tehdy ještě zaměřeného jen na fyziku – Physics on Stage, a vždy její reprezentanti sklízeli úspěchy.

Na posledním mezinárodním festivalu Science on Stage v roce 2015 v Londýně získala Renata Rydvalová z MŠ U Potůčku v Liberci jednu ze sedmi cen European Science Teacher Award 2015. Se svým projektem Medové království vyhrála první místo v kategorii Science and its Applications. A dílna Fotoluminiscence v experimentech Zdeňka Poláka z Jiráskova gymnázia v Náchodě byla účastníky mezinárodního festivalu Science on Stage v Londýně vyhodnocena jako třetí nejlepší ze 41 dílen, které se tam uskutečnily.



Vítězka Renata Rydvalová



Úspěšná dílna Zdeňka Poláka

Přihlášky a další informace

*JITKA HOUFKOVÁ, NÁRODNÍ ŘÍDÍCÍ VÝBOR SCIENCE ON STAGE
KDF MFF UK, V HOLEŠOVIČKÁCH 2, 182 00 PRAHA 8
SCIENCEONSTAGE@SEZNAM.CZ, WWW.SCIENCE-ON-STAGE.CZ*

Přihlášky zašlete do 10. 9. 2016 na adresu: scienceonstage@seznam.cz

Další aktivity Science on Stage

Kromě národních přehlídek a mezinárodního festivalu pořádá Science on Stage řadu dalších návazných aktivit, které slouží k propojování učitelů a vzájemnému sdílení zkušeností. Patří mezi ně například Vývoj výukových materiálů, mezinárodní workshopy a cestovní stipendia pro výměnné pobyty učitelů (v letech 2013 – 2015 bylo realizováno 48 workshopů a 15 mezinárodních aktivit), a v tomto roce nově vzniklá Evropská STEM liga (European STEM League).

Fotbal ve výuce přírodních věd

Učitelé z patnácti různých zemí pracovali dva roky na tvorbě výukových přírodovědných modulů, které se nějakým způsobem týkají fotbalu, hry, která mnohé žáky zajímá a lze proto využít jako motivace pro jejich zájem o přírodní vědy. Vznikla tak publikace **iStage 3: Fotbal ve výuce přírodních věd**, která je v tištěné formě k dispozici v angličtině a němčině a během podzimu bude přeložena do šesti dalších jazyků: češtiny, francouzštiny, maďarštiny, polštiny, španělštiny a švédštiny.

Obsahuje dvanáct tematických jednotek ve čtyřech kapitolách: Biosféra, Lidské tělo, Míč, Velká data.

Brožuru v angličtině či němčině si můžete objednat zdarma nebo stáhnout ve formátu PDF na <http://www.science-on-stage.eu/page/display/5/28/1324/istage-3-football-in-science-teaching>

Evropská STEM liga

Pro sdílení zkušeností z používání a úprav materiálů z brožury Fotbal ve výuce přírodních věd vznikla platforma nazvaná Evropská STEM liga (European STEM League) [2]. Pokud Vás zaujme nějaké téma z této publikace a použijete ho ve výuce, můžete se o své zkušenosti a způsob uchopení a rozvoj daného tématu podělit s ostatními a máte šanci vyhrát účast na mezinárodním festivalu Science on Stage v roce 2019, Vaši studenti pak mohou vyhrát fotbalové dresy a míče.

Harmonogram STEM ligy

Kvalifikace: Registrace přes www.science-on-stage.de/STEMleague

Domácí kolo: Implementace ve třídě a dokumentace do 31. 5. 2017

Semifinále: Porota vybere nejlepší jedenáct týmů, kteří prezentují své výsledky v rámci Evropského týdne zákoníku v říjnu 2017.

Finále: Učitelé nejlepších tři týmů pojedou prezentovat své projekty na mezinárodní festival SonS 2019

Ceny

Účast na mezinárodním festivalu SonS 2019

Fotbalové míče a dresy pro studenty

Jak se zapojit

Vyberte si jednu z tematických jednotek iStage 3 – Fotbal ve výuce přírodních věd: www.science-on-stage.de/iStage3-EN

Realizujte ji se svými studenty

Zdokumentujte to: např. video, písemná zpráva, on-line výstava, podcast / blog

Kdo se může zúčastnit

Všichni STEM učitelé v Evropě (přírodovědné předměty, technika, inženýrství, matematika)

V ČR se již aktivně zapojila Jitka Soukupová z Gymnázia Stříbro, její činnost můžete sledovat ve veřejné diskuzní skupině *European STEM League*, kterou založila na Facebooku.

Přidejte se i Vy!

Závěr

Česká národní přehlídka Science on Stage poskytuje příležitost vyměnit si praktické zkušenosti s kolegy z celé ČR, mezinárodní festival pak je možností zažít mezinárodní „veletrh nápadů“ doplněný dílnami, přednáškami, pódiovými vystoupeními i kulturním a společenským programem.

Evropská STEM liga přináší náměty na motivaci žáků k zájmu o přírodovědné předměty prostřednictvím fotbalu a nabízí prostor pro sdílení zkušeností s jejich úpravami a použitím ve výuce. Bonusem je pro nejlepší učitele účast na mezinárodním festivalu Science on Stage v roce 2019, pro jejich žáky fotbalové dresy a míče.

Literatura

[1] <http://science-on-stage.cz/>

[2] <http://www.science-on-stage.eu/page/display/3/91/0/european>

[3] <http://www.science-on-stage.eu/page/display/5/28/1324/istage-3-football-in-science-teaching>

Pohádky, kde se problémy neřeší kouzly, ale fyzikálními pokusy

JITKA HOUFKOVÁ, ANETA ČERMÁKOVÁ

Katedra didaktiky fyziky, MFF UK Praha

Dalším ze způsobů, jak k zájmu o přírodní vědy motivovat malé děti, je zařazení fyzikálních pokusů do jim dobře známých pohádek či příběhů. Ve dvou vybraných pohádkách: *Dlouhý, Široký a Bystrozraký* a *O kohoutkovi a slepičce*, jsme kouzla nahradily celkem jedenácti pokusy. Obě takto upravené pohádky byly s velice kladnými odezvami od dětí i paní učitelek vyzkoušeny jak v mateřských školách, tak na prvním stupni základní školy a v několika zájmových kroužcích.

Príspevek prináša popis pokusů i informace z realizací obou pohádek.

Proč pohádky?

Během práce s předškolními a mladšími školními dětmi jsem si mnohokrát ověřila, že děti v tomto věku mají rády pohádky a příběhy, že je rády opakují a během opakování různě modifikují a rozvíjejí. Proto vznikl nápad na „vylepšení“ pohádek fyzikálními pokusy. Nejdříve měly pokusy sloužit pro lepší ilustraci děje, postupně jsme se ale dostaly do stádia, kdy pokusy hrají významnější roli, slouží k vlastnímu posunutí děje, jejich pomocí se řeší například to, co by se v pohádce řešilo kouzlem.

Motivace předškolních a mladších školních dětí k fyzice prostřednictvím příběhů

Realizace nápadu se chopila Aneta Čermáková a v rámci své bakalářské práce *Motivace předškolních a mladších školních dětí k fyzice prostřednictvím příběhů* pohádky *Dlouhý, Široký a Bystrozraký* a *O kohoutkovi a slepičce* doplnila jedenácti pokusy, ke kterým sepsala návod na provedení, a které vysvětlila na úrovni pro děti i pro paní učitelky. Text pohádek s vyznačením míst, kam pokusy patří, a s návody na pokusy a jejich vysvětlení naleznete na FyzWebu, viz [1].

Obě pohádky jsme pak mnohokrát vyzkoušely přímo s dětmi, vyzkoušela je i řada dalších pedagožek, které nemají přírodovědné vzdělání. Na základě zpětné vazby byly upraveny především návody na provádění pokusů včetně seznamů potřebných pomůcek, a vysvětlení pokusů.

Překvapením pro mne byl psychologický efekt pohádek s pokusy na paní učitelky ze školek a prvního stupně, které se pokusů začleněných do pohádek „bojí“ mnohem méně, než pásem sestavených ze samotných fyzikálních pokusů.

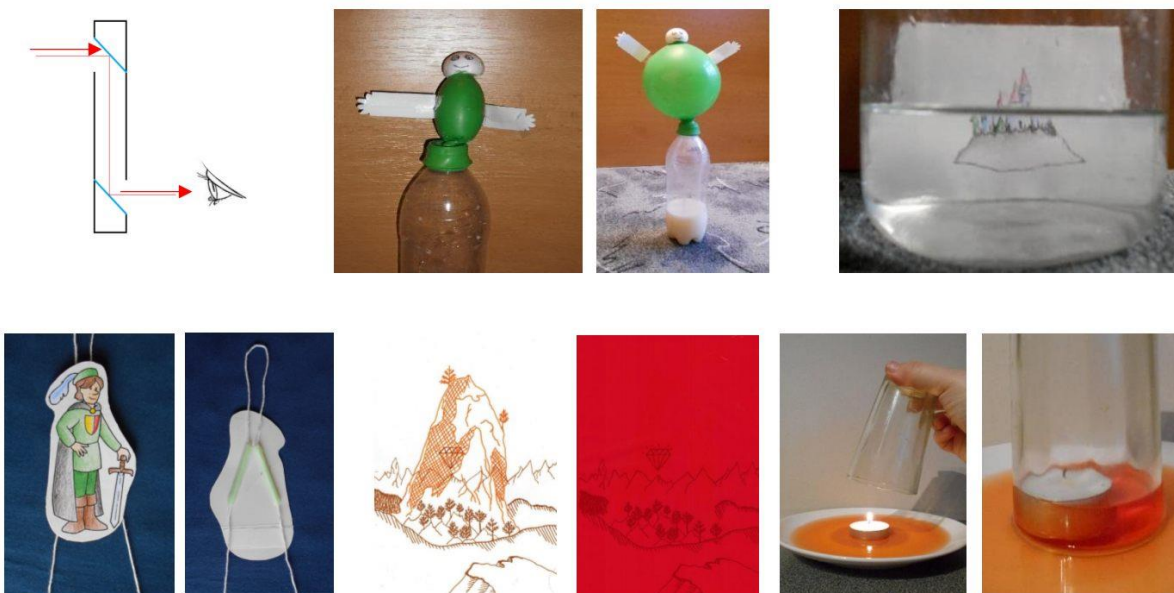
Pohádka Dlouhý, Široký a Bystrozraký

Tato pohádka je doplněna šesti pokusy, které jsou určeny pro předvádění vypravěčem (dospělým), děti pokusy sledují a co lze, si samy zkoušejí (dívat se periskopem, dívat se přes vodní lupu, tahat za provázky šplhajícího lezouna).

Ukázalo se, že tuto pohádku velice dobře znají i menší děti. Při předvádění pohádky dětem se nám osvědčilo zeptat se před začátkem vyprávění, zda chtějí slyšet pohádku, kde se problémy nebudou řešit pomocí kouzel, ale pomocí fyziky (je potřeba dětem stručně na konkrétních příkladech přiblížit, čím se fyzika zabývá, protože často ani slovo fyzika neznají), a na konec pohádky pak zařadit větu o tom, že se princovi pomocníci rozhodli, že už jejich pomoc nepotřebuje, protože už umí fyziku a tak si dokáže nejen s vládnutím poradit.

Do pohádky jsou začleněny následující pokusy:

- Periskop aneb „Jak můžeme také pomoci princovi najít cestu z lesa?“
- Balónek nafouknutý pomocí octa a prášku do pečiva aneb „Ukažme si, jak se Široký rozšiřuje“
- Vodní lupa aneb „Co dokáže Bystrozraký svými očima?“ (zvětšení obrázku Železného zámku)
- Šplhající lezoun aneb „Jak bychom se pro žalud na vysoký dub mohli dostat my?“
- Mizející obrázek aneb „Jak můžeme také nechat zmizet skálu?“
- Utopená svíčka aneb „Jak mohl Široký vycucnout vodu z jezera?“



Obr. 1. Pokusy zařazené do pohádky Dlouhý, Široký a Bystrozraký

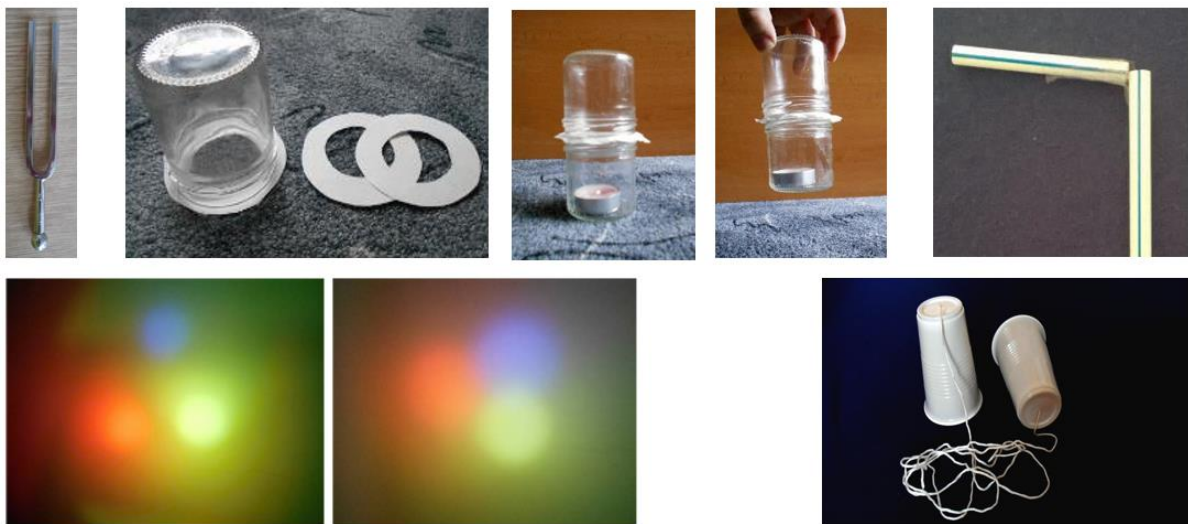
Pohádka O kohoutkovi a slepičce

Tato pohádka je doplněna pěti pokusy a je zamýšlena spíše pro starší děti, které ji mohou hrát jako divadlo mladším, a s dopomocí dospělých pokusy předvádět. Tuto pohádku znají děti méně než pohádku předchozí.

V této pohádce byly kvůli zařazení pokusů udělány oproti původní pohádce změny v některých postavách, které slepička prosí o pomoc, aby k nim lépe pasovaly vybrané pokusy. Slepička tak postupně navštíví studánkovou vílu, švadlenku, skláře, hospodyňku a včelaře. Studánkové víle je smutno, a chce si s někým povídat, nemůže ale opustit svou studánku. Slepička jí umožní pomocí nitkového telefonu povídat si s ostatními vílami. Na nitkový telefon ale potřebuje nit, proto jde ke švadlence. Ta si potřebuje svítit na svou práci, ale má jen modré a červené světlo, a potřebovala by bílé. Slepička jí pomůže přidáním zeleného světla, na něj však potřebuje zelené sklíčko, které jde získat od skláře. Sklář má problém se stříkáním barev, proto mu slepička ukáže, jak rozstříkovat barvu pomocí fixírky. Na fixírku je potřeba slámka, kterou slepička získá od hospodyňky za to, že jí vysvětlí, proč drží víčka při zavařování na sklenicích. Pro praktickou ukázkou principu zavařování ale slepička potřebuje svíčku, kterou získá od včelaře za to, že mu pomůže vyřešit problém se svoláváním včel z velké dálky, tím, že svolávací ladičku přiloží k rezonanční skříňce, která její zvuk zesílí.

Do pohádky jsou začleněny následující pokusy:

- Zesílení zvuku (ladička na rezonanční skříňce)
- Princip zavařování (dvě sklenice na sobě, ve kterých dohoří svíčka)
- Fixírka (fixírka vyrobená ze dvou kousků brčka)
- Skládání světla (skládání barev při svícení různobarevnými světly)
- Nitkový telefon (dva kelímky spojené za dna nití)



Obr. 2. Pokusy zařazené do pohádky O kohoutkovi a slepičce

Testování pohádek

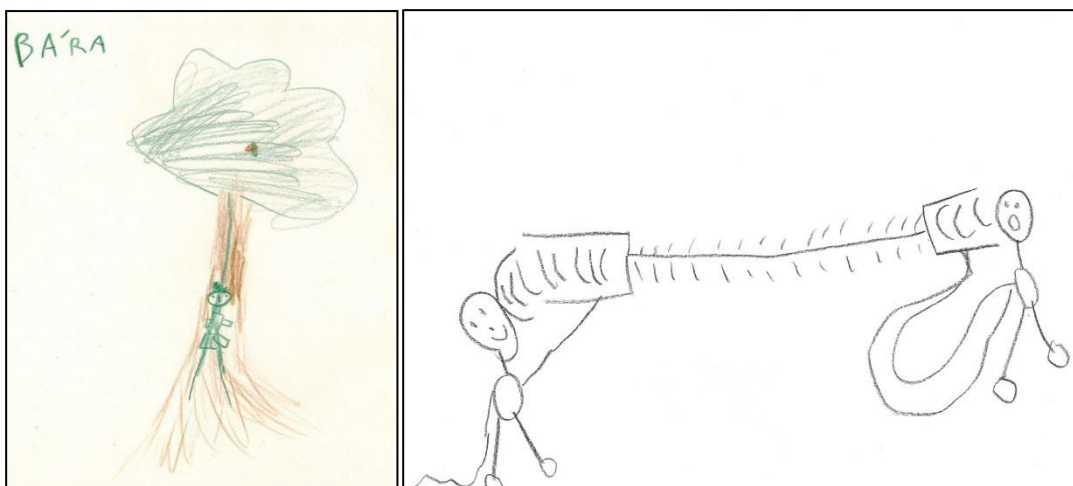
Kromě autorek tohoto příspěvku vyzkoušelo pohádku *Dlouhý, Široký a Bystrozraký* a své postřehy poslalo zpět 8 učitelek a lektorek. Pohádku *O kohoutkovi a slepičce* pak stihly vyzkoušet a ohodnotit 4 pedagožky.

Během jara a léta se tak s fyzikálně obohacenou pohádkou *Dlouhý, Široký a Bystrozraký* seznámilo přes čtyři sta dětí a s pohádkou *O kohoutkovi a slepičce* téměř sto dětí.

Mezi nejoblíbenější pokusy patřil balónek nafouknutý pomocí octa a prášku do pečiva, utopená svíčka, nitkový telefon a šplhající lezoun.

Na provedení byl pro paní učitelky nejobtížnější pokus s fixírkou a z pomůcek bylo nejobtížnější sehnat červenou fólii.

Během předvádění pohádek není mnoho prostoru na vysvětlování pokusů, proto je dobré se k nim následně vracet a nechat si děti s nimi pohrát.



Obr. 3. a 4. Obrázky předškolních dětí: Princ šplhá pro žalud – pokus „Šplhající lezoun“, a Telefon pro studánkovou vílu – pokus „Nitkový telefon“

Při realizaci pohádky *Dlouhý, Široký a Bystrozraký* se nám namísto jejího čtení více osvědčilo pohádku volně vyprávět a nechat děti se zapojovat – například předvádět, jak se *Široký* nafukuje, jak zkamení koně ve stáji (nejdříve ale pořádně dupou a ržají), jak se princ lekne po probuzení, když zjistí, že princezna zmizela, a podobně.

U pohádky *O kohoutkovi a slepičce* není úplně ideální rozmístění pokusů v textu, protože nejprve je delší část, ve které slepička postupně obíhá jednotlivé postavy, a teprve v závěru následují jednotlivé pokusy v poměrně rychlém sledu za sebou. Zde se osvědčilo zapojení dětí do vlastního přednesu pohádky, buď tím, že samy čtou či vypráví, nebo tím, že pohádku hrají jako divadelní představní ostatním.

Paní ředitelka z MŠ U Potůčku v Liberci, Ing. Renata Rydvalová, shrnula své zkušenosti po vyzkoušení obou pohádek následovně: „*Propojení pohádky s experimenty je velice zajímavé a jsou-li experimenty dobře vybrány, přinášejí tyto aktivity dětem dvojnásobný pozitivní účinek.*

Nejen, že se prostřednictvím pohádky dozvídají zajímavosti z oblasti přírodních věd, zároveň jsou při poslouchání příběhu využity i jiné smysly než pouze sluch. Značně se

tak prohloubí prožitek z celé této aktivity, čímž se zvýší zapamatování si příběhu a jeho výbavnost v budoucnosti.“

Závěr

Začleněním fyzikálních pokusů do dětem známých příběhů (pohádek) můžeme menší děti hodně zaujmout a umožnit jim předváděné pokusy si lépe zapamatovat a snadněji o nich vyprávět třeba rodičům či sourozencům a kamarádům.

Spojení pokusů a pohádek je přínosné i pro pedagogy, kteří nemají přírodovědné vzdělání, protože snižuje jejich ostych a obavy z dělání fyzikálních pokusů.

Realizace pohádky formou divadelního představení, kdy děti hrají a předvádějí pokusy ostatním dětem, je ideální na dny otevřených dveří a podobné akce, kde se školy/kroužky představují ostatním, lze ji také využít na školách v přírodě či táborech.

Literatura

- [1] Čermáková A. *Motivace předškolních a mladších školních dětí k fyzice prostřednictvím příběhů*, FyzWeb, 2016. Dostupné z:
<http://fyzweb.cz/materialy/cermakova/>

Proč vítězí elektromotor také v silniční dopravě?

HRDÝ JAN A STUDENTI GJP

Gymnázium Jana Pivečky a SOŠ Slavičín

Již jsme si zvykli na to, že jsme všude kolem sebe obklopeni elektromotory nejrůznějších typů, velikostí a výkonů. V průmyslu i u domácích elektrospotřebičích, ve spotřební elektronice i v železniční dopravě, tam všude zvítězil elektromotor již dávno. Ruku v ruce s vývojem lehčích a výkonnějších akumulátorů a pod hrozbou neustále se zmenšujících zásob ropy a vzrůstajícího znečištění životního prostředí začíná nastupovat vítěznou pouť také v **silniční dopravě**. Je to nejlépe vidět na rychlém růstu množství nabízených typů i počtu prodaných kusů nejrůznějších elektrokol, elektrických koloběžek a elektroskútrů, elektromobilů a automobilů s hybridním pohonem. Tento příspěvek, který hledá odpověď na otázku (položenou již v jeho nadpisu), vychází z úspěšné práce [1] projektu ENERSOL studentů kvarty (našeho gymnázia) Davida Maryáše a Michala Holka.

1. Úvod

Ke správnému a logickému zodpovězení naší otázky se musíme vrátit trochu do historie – k **parnímu stroji**. Ten svými vlastnostmi od sebe odděluje dvě důležité skupiny motorů: elektromotory a spalovací motory. Tyto dvě skupiny, jak později ukážeme, mají ve všech důležitých srovnávacích parametrech obvykle protichůdné vlastnosti. A navíc **bez znalosti historie** zkoumaného problému se také obvykle hůře orientujeme nejen v jeho současnosti, ale zejména ve výhledu do budoucnosti.

2. Historie využití parního stroje v silniční a železniční dopravě

Nejdříve se v Anglii začalo používat páry k čerpání vody z dolů (vhodná nádoba se naplnila párou, po jejím ochlazení pára zkondenzovala a vznikl tak podtlak potřebný k nasátí vody). Roku 1769 postavil **James Watt** model parního stroje nové koncepce a získal na něj patent a roku 1775 postavil již dva velké parní stroje – jeho myšlenka nechat kondenzovat páru mimo parní válec slavila triumf – nový parní stroj měl o dvě třetiny nižší spotřebu paliva.

V roce 1814 předvedl úspěšně první parní lokomotivu **George Stephenson**, v roce 1829 vyhrál společně se svým synem Robertem závod lokomotiv v Rainhillu s lokomotivou *Raketa*, která znamenala předěl v historii kolejové dopravy a která se stala předobrazem lokomotiv na více než jedno století. Stephenson prosazoval rozchod kolejí 1 422 mm, který byl později po rozšíření na 1 435 mm uzákoněn v Anglii jako jednotný a je nejrozšířenější na celém světě.

V 30. letech 19. století se Stephenson podílel na výstavbě mnoha významných železnic buď přímo, nebo byly stavěny podle jeho vzoru (USA, Francie, Německo).

V tehdejší Rakousko-Uherské monarchii a tím také v Česku zahájila první provoz železnice **Vídeň – Brno** již dne **7. června 1839**.

Kolem roku 1830 začaly v Londýně, Paříži a Bruselu jezdit po silnicích *parní omnibusy*, které dosahovaly rychlosti až 50 km/h.

3. Srovnání parního stroje, spalovacího motoru a elektromotoru

Všechny tři druhy základních automobilových motorů budeme porovnávat v pěti **nejdůležitějších parametrech**: **1.** průběh krouticího momentu při rozjíždění, **2.** jednoduchost konstrukčního řešení, **3.** obtížnost elektronické regulace, **4.** ekologická zátěž životního prostředí činností motoru a **5.** akční rádius (dojezd automobilu).

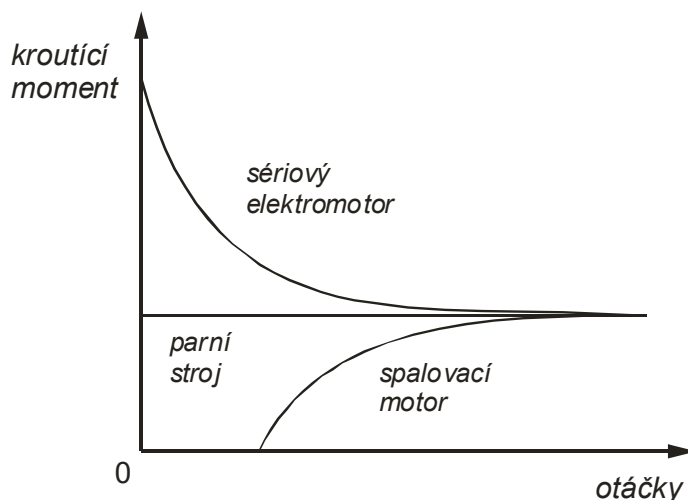
3.1 Průběh krouticího momentu při rozjíždění

Typický průběh krouticího momentu je pro všechny tři druhy motorů zakreslen do grafu na následujícím obrázku (obr. 1). Krouticí moment je z fyzikálního hlediska totéž, jako moment síly, který je motor schopen vyvinout.

Z grafu vyplývá, že parní motor má konstantní krouticí moment a proto táhne již od nulových otáček (nepotřebuje spojku a převodovku), ale vozidlo se rozjíždí relativně pomalu, protože nemá při rozjezdu potřebný přebytek krouticího momentu.

Spalovací motor je na tom výrazně hůře, protože není schopen se sám uvést do chodu a začíná táhnout až při vyšších otáčkách (potřebuje nutně startér, spojku a obvykle složitou několika stupňovou převodovku).

Nejlepší je v tomto parametru (sériový) elektromotor, který nejen že se sám bez problémů rozběhne, ale navíc má při rozběhu několikanásobně vyšší krouticí moment, než při běžných pracovních otáčkách. Vozidlo nepotřebuje ani spojku a ani převodovku a velmi dobře při rozjezdu akceleruje. Elektromotor je možné zabudovat přímo do poháněného kola a má ještě dvě zajímavé vlastnosti, které se u parního nebo spalovacího motoru vůbec nevyskytují. Je to jednak možnost rekuperace energie při brzdění a jednak možnost krátkodobého přetížení (po dobu několika minut až na dvojnásobek jmenovitého výkonu) – podmínkou je ovšem dobré chlazení elektromotoru.



Obr. 1. Průběh krouticího momentu u jednotlivých typů motorů

3.2 Jednoduchost konstrukčního řešení

I v tomto parametru je na tom nejhůře spalovací motor, protože se skládá z několika tisíc velmi teplotně i mechanicky namáhaných součástí, které často konají složitý pohyb s velkým zrychlením. Parní motor vystačí s daleko menším počtem součástí, které jsou navíc vzhledem k jeho nízkým pracovním otáčkám podstatně méně namáhány. Výrazně nejjednodušší je elektromotor, protože má pouze jednu pohyblivou součástku – **rotor** (kotvu), který koná otáčivý pohyb a proto ho lze velmi dobře vyvážit. K upevnění rotoru stačí pouze dvě kvalitní ložiska.

3.3 Obtížnost a náročnost elektronické regulace

Parní motory se v současnosti již běžně nepoužívají, a proto lze tuto otázku zodpovědět pouze přibližně, ale vzhledem k tomu, že se pára vyrábí v odděleném parním kotli, mohla by se elektronická regulace uplatnit především při jeho vytápění.

Elektronická regulace se u spalovacích motorů neustále zdokonaluje (zejména z hlediska omezení produkce škodlivin ve výfukových plynech), je však značně komplikovaná, protože se jedná o spalování ochuzené směsi za vysokého tlaku.

Elektronická regulace elektromotoru je v principu velmi jednoduchá (obvykle se vhodně reguluje proud procházející budícím statorovým vinutím a proud procházející kotvou). Při použití moderních polovodičových součástí to není žádný problém.

3.4 Ekologická zátěž životního prostředí

Protože spalování paliva u parního stroje probíhá při běžném tlaku a s přebytkem vzduchu, nedochází k výrazné produkci toxických látek, ale problémem je spíše velká produkce popílku (při spalování uhlí). Spalovací motor by produkoval velké množství škodlivin, pokud by se tomu poměrně složitými postupy nebránilo. Elektromotor neprodukuje žádné škodliviny.

3.5 Akční rádius

I když v předcházejících čtyřech kritériích jednoznačně a s velkým náskokem zvítězil elektromotor, je toto poslední kritérium pro elektromotor kámen úrazu. I když vývoj akumulátorů v poslední době velmi pokročil, stále ještě není připraven k praktickému použití akumulátor s dostatečnou kapacitou k tomu, aby elektromobil měl srovnatelný akční rádius s automobilem se spalovacím motorem. Dalším omezujícím faktorem je rychlost nabíjení akumulátoru (zatím chybí dostatečně hustá síť rychlonabíjecích stanic). Protože se ale jedná o vysoce aktuální problém, na jehož řešení se podílí řada předních světových firem, dá se očekávat v dohledné době nalezení alespoň prakticky použitelného řešení.

Zajímavé z tohoto hlediska je použití akumulátorů pro pohon lodí. Pomineme-li pohon ponořených ponorek, je zajímavým příkladem elektrický pohon výletních lodí na Brněnské přehradě (místní část BYSTRC, řeka Svratka). Lodě plují elegantně, potichu a přitom dostatečně rychle.

4. Historické prvenství

Prvním automobilem, který překročil rychlost 100 km/h, byl **elektromobil!**

Tento rekord byl vytvořen 29. 4. 1899 v Paříži, kdy belgický automobilový závodník *Camille Jenatzy* [1–4] dosáhl průměrné rychlosti **105,86 km/h** s elektromobilem se jménem LA JAMAIS CONTENTE, což v překladu znamená NIKDY NESPOKOJENÁ – obr. 2.



Obr. 2. Camille Jenatzy se svou ženou na oslavné jízdě v Paříži dne 1. května 1899 po překonání rychlosti 100 km/h (29. 4. 1899 – elektromobil LA JAMAIS CONTENTE) [4]

Jednalo se o otevřený jednomístný závodní a rekordní elektromobil, který měl doutníkový aerodynamický tvar, karoserii z lehkého kovu, pohon zadních kol přímo dvěma elektromotory na napětí 12 V, které byly napájeny akumulátory. Celkový výkon se obvykle udává 49 kW (67 koní). Některé prameny však uvádějí pouze 29 kW (40 koní). Rozvor náprav byl 1 820 mm, délka vozidla 3 600 mm a jeho šířka 1 560 mm. Vůz nebyl vybaven brzdami [1–4].

5. Jak pracuje elektrokolo?

Nejběžnějším dopravním prostředkem poháněným elektrickým proudem, se kterým se mohou žáci nebo studenti setkat, je elektrokolo. Funkce elektrokola [5,6] se od elektroskútru nebo od elektrokoloběžky liší zásadním způsobem, protože není možné pohánět elektrokolo pouze elektromotorem. Aby elektromotor poháněl elektrokolo, je třeba **současně šlapat**. Elektromotor tedy pouze pomáhá a to podle nastaveného stupně asistence. U jednodušších elektrokol se snímá pouze frekvence šlapání, u dokonalejších také síla, kterou jezdec působí na pedály.

Protože je elektrické kolo poháněno elektrickou energií a jeho maximální rychlost nepřekračuje 25 km/h, může stejně jako běžná kola využívat cyklostezky. Pro jízdu na elektrickém kole **není potřeba řidičský průkaz**. Náklady na 1 km jízdy jsou přibližně 0,04 Kč. Vzhledem k tomu, že jde v podstatě o klasické kolo, pouze vybavené přídavným elektromotorem a baterií, lze jej přepravovat ve vlaku, cyklobusu nebo v městské hromadné dopravě.

Elektrokola existují ve všech typech jako klasická jízdní kola. Tedy *skládací elektrokola*, která jsou po vytažení složeného elektrokola z kufru osobního automobilu rozložena do jízdního stavu během několika sekund, *městská elektrokola* která nabízí nízký nástup a převoz značného množství nákladu až po *terénní elektrokola* která jsou konstruována pro jízdu v terénu a nabízí dojezd s asistencí i více než 100 kilometrů.

Moderní elektrokola jsou vybavena lithiovou baterií (typ Li-ion, Li-polymer nebo také Li-fosfát) a při celkové hmotnosti elektrokola mezi 19 a 29 kilogramy nabízejí snadnou transportovatelnost, dlouhý dojezd na jedno nabití (40 až 100 km) a také dlouhou životnost baterie (až 1 000 nabíjecích cyklů).

6. Závěr

Uvedená problematika je velmi široká. Vzhledem k omezenému rozsahu příspěvku byly uvedeny pouze ty nejdůležitější skutečnosti tak, aby tento příspěvek mohl sloužit jako přehledná, stručná a praktická příručka pro informaci i výchovu v oblasti *úspory energií a snižování emisí v dopravě*. Nezkrácená a průběžně aktualizovaná verze tohoto příspěvku je na soukromém webu autora [7] (v současnosti v rekonstrukci).

7. Literatura

- [1] Maryáš, D., Holek, M. *Propagace programu ENERSOL pomocí didaktických pomůcek*. Projekt ENERSOL 2016, kat.: ENERSOL a propagace.
- [2] <http://www.auto web.cz/pozemni-rychlostni-rekordy-jak-sel-cas/>
- [3] <http://www.auta5p.eu/autokatalog/jenazty/jamais-1899-02/>
- [4] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Camille-Jenazty>
- [5] <http://www.svet-elektrokola.cz/elektro-skutry-kolobezky/>
- [6] <http://www.akumo.cz/elektrokola/>
- [7] <http://www.fysika.cz>

Postavte si vlastní elektromotor – není nic jednoduššího!

HRDÝ JAN A STUDENTI GJP

Gymnázium Jana Pivečky a SOŠ Slavičín

Tento článek úzce navazuje na předchozí přednesený příspěvek „Proč vítězí elektromotor také v silniční dopravě?“ Na rozdíl od předcházejícího příspěvku je však zaměřen více prakticky. Již jsme si zvykli na to, že všude kolem sebe jsme obklopeni elektromotory nejrůznějších typů, velikostí a výkonů. Bereme to jako naprostou samozřejmost. Ale co si tak jeden takový malý elektromotorek postavít?

Stačí k tomu pouze znát princip funkce a základní zapojení jednotlivých vinutí elektromotoru, pochopit činnost komutátoru a vybrat si vhodnou stavebnici. Tento příspěvek, který dává dostatečně podrobnou odpověď na tyto základní otázky, vychází z letošní úspěšné soutěžní práce SOČ [1] studentů kvarty našeho gymnázia *Michala Holka* a *Davida Maryáše*.

1. Úvod

Úspora energií a snižování emisí v dopravě je vážný problém, který je třeba aktuálně řešit s maximálním nasazením všech dostupných prostředků. Součástí tohoto úsilí je také vysvětlování základních principů ekologicky účinných řešení. Mezi tato řešení patří i zavádění elektrické trakce v dopravě. Kdo správně pochopí činnost elektromotoru, bude se v této problematice daleko lépe orientovat. A jak můžeme činnost elektromotoru lépe pochopit, než sestavením vlastního funkčního modelu?

2. Jaké jsou nejběžnější typy stejnosměrných elektromotorů?

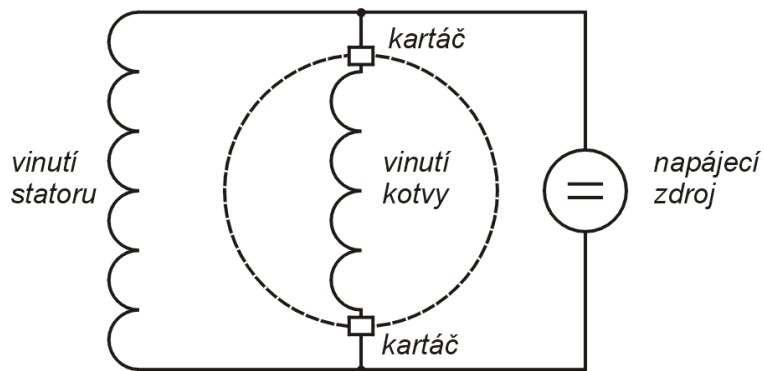
Základním kritériem **pro rozdělení** stejnosměrných elektromotorů je skutečnost, zda statorové budicí vinutí i vinutí kotvy jsou napájeny ze společného zdroje (motor derivační, sériový nebo kompaundní – obr. 1) nebo zda má každé vinutí svůj vlastní zdroj (motor s cizím buzením – obr. 2). Všechny tyto typy stejnosměrných elektromotorů mají kotvu připojenou přes komutátor [1,2].

Derivační motor má buzení i kotvu zapojeny paralelně na jeden napájecí zdroj. Budicí napětí statoru je proto stejně velké, jako napětí na kotvě. Tyto motory se používají tam, kde jsou potřeba otáčky nezávislé na zatížení, a tyto otáčky není potřeba regulovat ve velkém rozsahu.

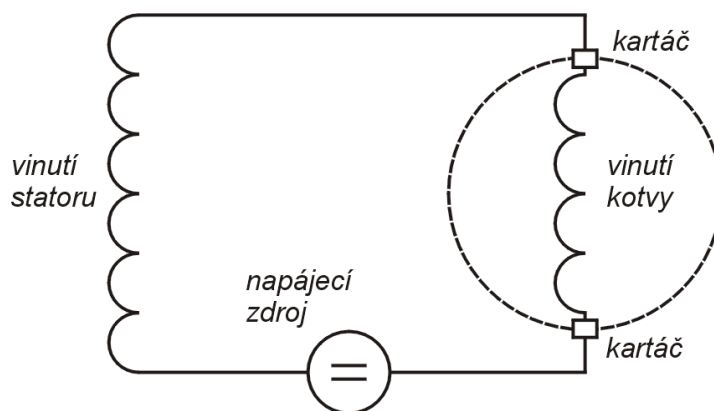
Sériový motor má buzení i kotvu zapojeny do série na jeden napájecí zdroj. Proud procházející kotvou je proto stejně velký, jako proud procházející budicím vinutím. Tyto motory mají velký záběrný moment a jejich otáčky silně kolísají podle zatížení. Nesmí se pouštět bez zátěže, protože by se mohly poškodit příliš velkými otáčkami.

Kompaundní elektromotor má dvě budicí vinutí – jedno derivační připojené k napájecímu zdroji a druhé sériové zapojené do série s kotvou. Proto má tento motor vyšší záběrný moment než motor derivační a zároveň je lépe chráněn před nebezpečně vysokými otáčkami při malém zatížení než motor sériový.

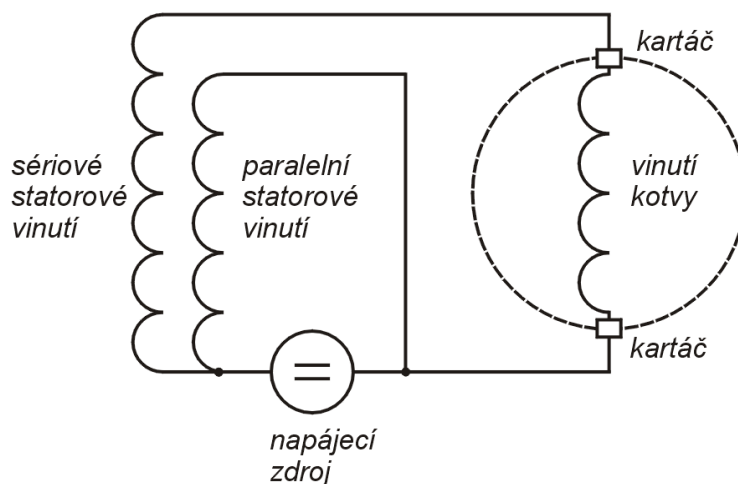
derivační stejnosměrný elektromotor



sériový stejnosměrný elektromotor



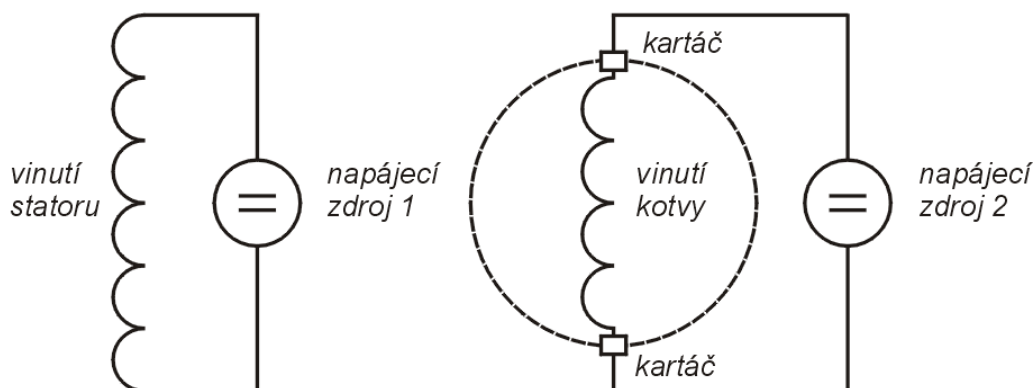
kompandní stejnosměrný elektromotor



Obr. 1. Zapojení základních typů stejnosměrných elektromotorů napájených z jednoho společného napájecího zdroje

Motor s cizím buzením je napájen ze dvou zdrojů, budící vinutí z jednoho a kotva z druhého. Tento motor lze velmi dobře regulovat změnou budícího proudu statoru a nastavením vhodného napájecího napětí kotvy.

stejnoseměrný elektromotor s cizím buzením



Obr. 2. Elektromotor s cizím buzením používá dva nezávislé napájecí zdroje

Uvedené základní rozdělení elektromotorů do skupin určuje jejich základní vlastnosti. Kromě toho je většina elektromotorů vybavena **elektronikou**, která chrání elektromotor před přetížením a navíc umožňuje plynule regulovat jeho otáčky či krouticí moment podle předpokládaného použití.

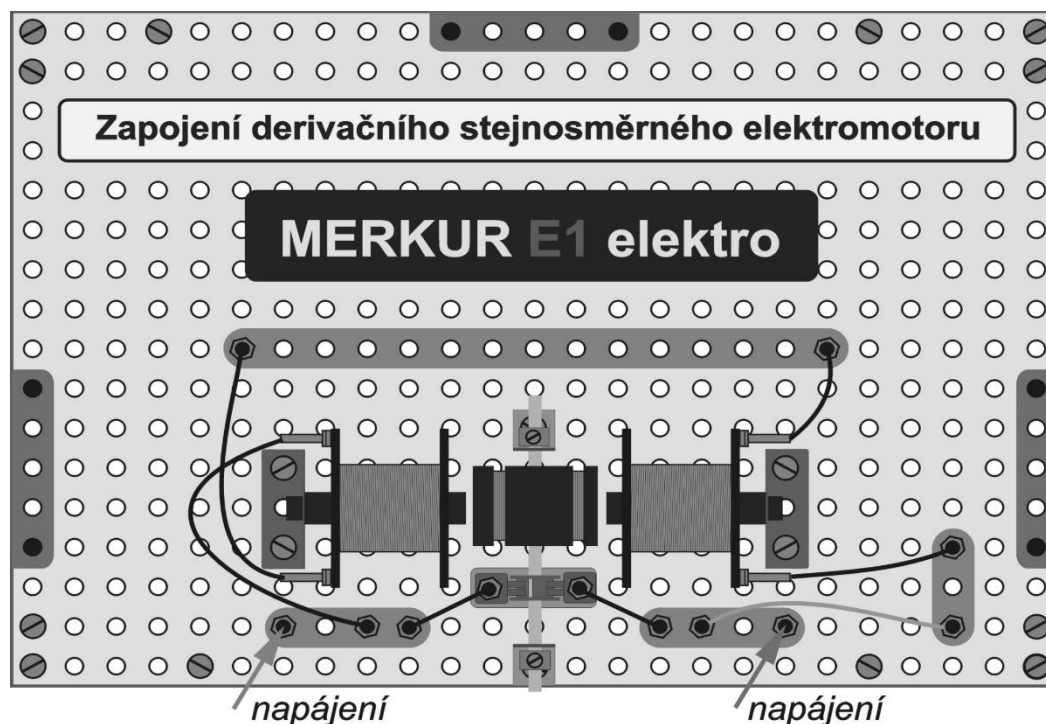
3. Výběr vhodné stavebnice

I když různých malých elektromotorků je k dispozici v nejrůznějších stavebnicích pro mládež opravdu hodně, a to ještě nepočítáme motorky, které lze vymontovat z vyřazených elektronických zařízení (magnetofony, CD/DVD přehrávače, autopříslušenství, solární zařízení, ruční vrtačky pro vrtání plošných spojů apod.), zvolili jsme nakonec model ze stavebnice **MERKUR M1 ELEKTRO**.

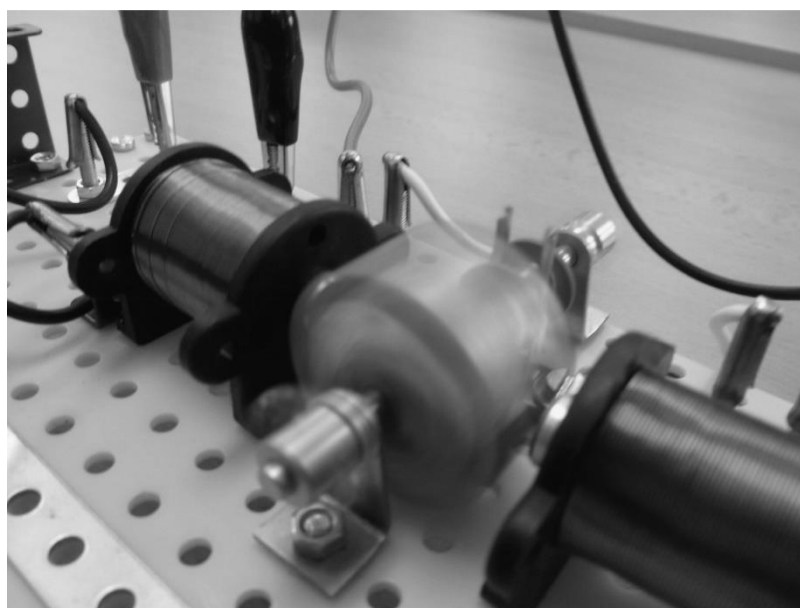
Volba na tuto stavebnici padla jednak proto, že v sestaveném modelu je dobře vidět jednotlivé součástky (statorové vinutí, rotor, komutátor, kartáčky) a navíc lze lehce měnit jejich vzájemné propojení (model derivačního a sériového motoru i motoru s cizím buzením). A jednak také proto, že klasický **MERKUR**, od kterého je **MERKUR M1 ELEKTRO** odvozen, je světoznámá značka a jen u nás se podílel na výchově mnoha generací techniků, inženýrů a vědeckých pracovníků. Rovněž je dobře známé použití této stavebnice na konstrukci aparatury pro *rotační odlévání měkkých kontaktních čoček* (profesor Otto Wichterle 1963 – objev celosvětového významu).

4. Návrh zcela nového (lineárního) uspořádání elektromotoru

Uspořádání elektromotoru popsané v návodu [3] se nám vůbec neosvědčilo. Postupně jsme se dopracovali k úplně novému velmi dobře pracujícímu lineárnímu (jedná se o neoficiální pracovní název) uspořádání modelu elektromotoru, které využívá dvou satorových vinutí a které pracuje velmi spolehlivě. Příklad konstrukčního uspořádání derivačního elektromotorku je na obr. 3 a 4.



Obr. 3. Schéma zapojení derivačního elektromotoru sestaveného z MERKURU E1 ELEKTRO včetně popisu jeho jednotlivých částí (lineární model)



Obr. 4. Detailní pohled na derivační elektromotorek v chodu (8–15 V / 1–2 A)

5. Jak můžeme dosáhnout změny směru otáčení stejnosměrného elektromotoru?

U stejnosměrných elektromotorů napájených z jednoho zdroje (derivační nebo sériový elektromotor) dosáhneme změny směru otáčení přepólováním statorového vinutí nebo vinutí kotvy. Pokud bychom přepólovali napájecí zdroj, dojde k současnému přepólování napájení statorového vinutí i vinutí kotvy, oba tyto vlivy se navzájem vykompenzují a nedojde ke změně směru otáčení.

U stejnosměrných elektromotorů napájených ze dvou zdrojů (motor s cizím buzením) stačí ke změně směru otáčení přepólovat jeden nebo druhý napájecí zdroj.

U některých malých elektromotorků se místo statorové cívky používá permanentní magnet. V tomto případě je vinutí kotvy připojeno přímo k napájecímu zdroji. Ke změně směru otáčení motorku dojde při přepólováním napájecího zdroje.

6. Praktické zkušenosti ze stavby modelů elektromotorů

Při stavbě elektromotorů ze stavebnice MERKUR M1 *ELEKTRO* jsme měli často problémy s komutátorem, který postupně měnil svou polohu vzhledem k cívkám kotvy. Po důkladném teoretickém rozboru (viz předvedená animace) se nám jej podařilo přilepit ve správné poloze. Problémy s komutátorem vznikly pravděpodobně proto, že jako osa kotvy nebyla použita šroubová ocel, ale obyčejný železný drát.

Hlavní příčinou úspěchu navržené koncepce (spolehlivá činnost a snadný přechod do vysokých otáček – elektromotor je přece vysokootáčkový stroj) bylo konstrukční uspořádání zaručující minimální mezeru mezi statorem a rotorem (max. 1 mm).

7. Závěr

Cílem tohoto příspěvku bylo zprostředkovat zájemcům o stejnosměrné elektromotory dostatek informací ke stavbě funkčního modelu stejnosměrného elektromotoru a k provádění základních experimentů, které prakticky demonstrují jejich nejdůležitější vlastnosti. Vzhledem k omezení celkového rozsahu sborníku byly vybrány jen ty nejdůležitější skutečnosti. Nezkrácená a průběžně aktualizovaná verze tohoto příspěvku je na soukromém webu autora [4] (v současnosti v rekonstrukci). Tento příspěvek by mohl sloužit jako stručná a praktická příručka pro zlepšení informovanosti žáků a studentů v oblasti užití elektromotorů v dopravě (*úspora energií a snižování emisí*).

Literatura

- [1] Holek M., Maryáš D. *Fyzikální principy činnosti stejnosměrných elektromotorů*. Soutěžní práce SOČ 2016, obor: 02. Fyzika.
- [2] Korbař T., Stránský A. a kol. *Technický naučný slovník*. 5 dílů. SNTL a SVTL, Praha a Bratislava 1963.
- [3] *Návodová knížka ke stavebnici MERKUR E1 ELEKTRO*.
- [4] <http://www.fysika.cz>

Dvakrát do mikrosvěta

JOSEF HUBEŇÁK, JAN POLÁK

Přírodovědecká fakulta Univerzity Hradec Králové

Kamera v mobilu má vstupní pupilu s průměrem jednotek milimetrů a automatické zaostřování. Díky tomu je schopna fotografovat to, co vidíme okem v okuláru mikroskopu nebo v okuláru dalekohledu. Z hodiny fyziky si tak mohou studenti odnést ve vlastním mobilu neobvyklé snímky a dále je zpracovat. Druhý vstup do mikrosvěta představí nízkofrekvenční zesilovač pro sledování Barkhausenova šumu a ukázky záznamu v programu Audacity.

Naše oči a „oči“ mobilu

Obojí jsou schopny spojnou čočkou vytvořit obraz na citlivou vrstvu a převést jej na elektrický signál. Do oka vstupuje světlo zorničkou, která má proměnný průměr od 2 do 8 mm [1], vstupní pupila kamery mobilu má konstantní průměr asi 2 mm. Oko i kamera si automaticky nastavují expozici – oko pomocí stažení zorničky, kamera dobou generace elektronů v CCD snímači. Oko i kamera jsou schopny zaostřit obraz. Oko zaostří na nekonečně vzdálený předmět nebo objekt vzdálený několik centimetrů změnou tvaru oční čočky, kamera mění zakřivení optických rozhraní nebo index lomu. Sítnice oka obsahuje buňky rozlišující světlo a tmu – tyčinky, jichž je přibližně 100 milionů a pak čípky, které rozlišují barvy a je jich přibližně 10 milionů [2]. CCD snímače mobilů mají dnes 10 milionů pixelů a více, i tím se podobají oku. Hustota pixelů snímače CCD je ovšem konstantní. Sítnice má největší hustotu čípků a tyčinek zhruba uprostřed v oblasti zvané *macula* a zde vytvořený obraz vnímáme s maximem detailů. Uprostřed maculy je oblast jen s čípkou, tzv. *fovea* a tady vnímáme nejostřejší barevný obraz. Kamera v mobilu snímá ostře a barevně v celém rozsahu zorného pole.

Mikrosvět se stal viditelným díky mikroskopu. I dnes je pro žáka setkání s mikroskopem podnětnou a motivující činností. Na střední škole má ve fyzice možnost seznámit se s jeho funkcí a čas věnovaný přípravě pozorovaného objektu, manipulaci s osvětlením vzorku, zaostření a vlastnímu pozorování je z didaktického hlediska dobře využitým časem. Zachytit obraz trvale dovede i dnes mikrofotografie; tato technika již dlouho odpočívá ve sbírkách a na škole ji nepoužijeme. Do tubusu mikroskopu dnes vložíme elektronický okulár, připojíme PC a obraz máme na monitoru. Elektronický okulár má jen jedno zvětšení a pokud nemáme mikroskop s výměnnými objektivy, jsou možnosti takové sestavy omezené. Ve sbírkách kolegů biologů nebo ve fyzikálním kabinetě středních a také základních škol určitě najdeme mikroskop s několika objektivy a několika okuláry. Pak stačí zvolit pozorovaný objekt – a nemusí to být nutně z okruhu fyziky, zaostřit a vzít do ruky mobil.

Sestava mikroskopu a mobilu

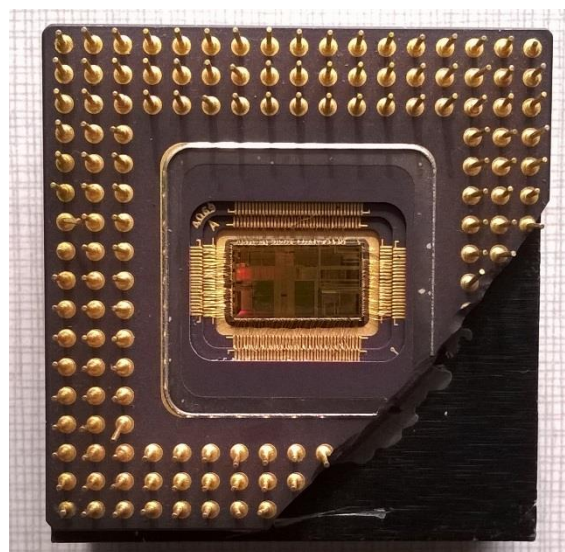
Udržet v ruce mobil přitisknutý na okulár a exponovat ostrý snímek může být obtížné. Řešením je vhodný stojan a software umožňující snímat se samo spouští.



Obr. 1. Sestava mikroskopu s mobilem

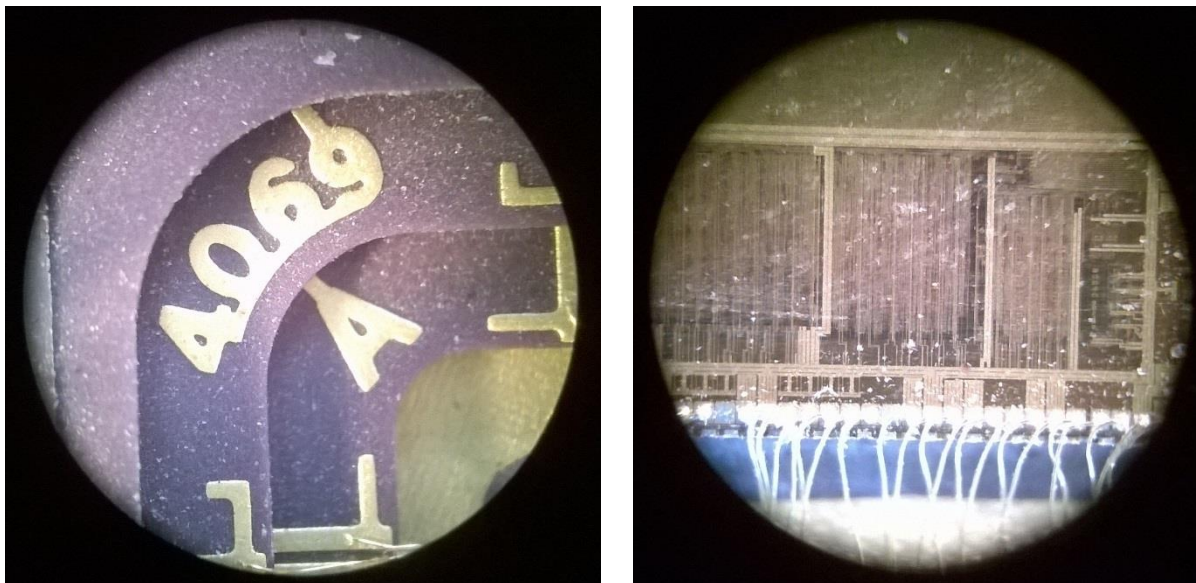
Pro použitý mobil Lumia 620 byl vyhledán program Lumia Selfie, který má k dispozici časovač. Po startu má sestava deset sekund na potlačení chvění, které vznikne dotykem prstu a displeje.

Prvním objektem pro mikrosnímky byl starší procesor, typ INTEL486DX2-66. Kryt vlastního procesoru lze s trochou násilí sejmout a pohled pouhým okem ukazuje složitou strukturu čipu.



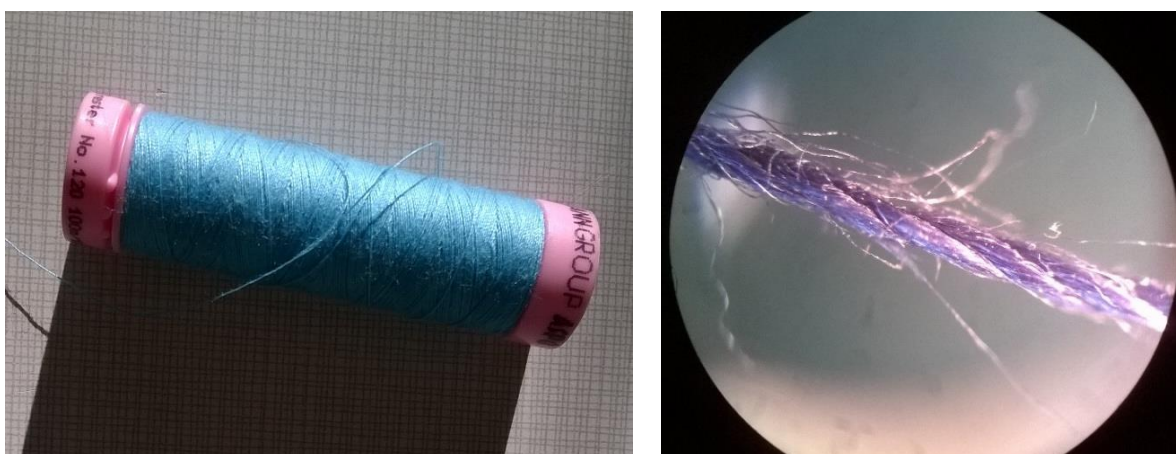
Obr. 2. Intel 486

Další dva snímky z mikroskopu ukáží více:



Obr. 3. Značka a funkční bloky

Pozorovat a fotografovat lze i zcela nefyzikální objekty. Příkladem je nit pro běžné šití.

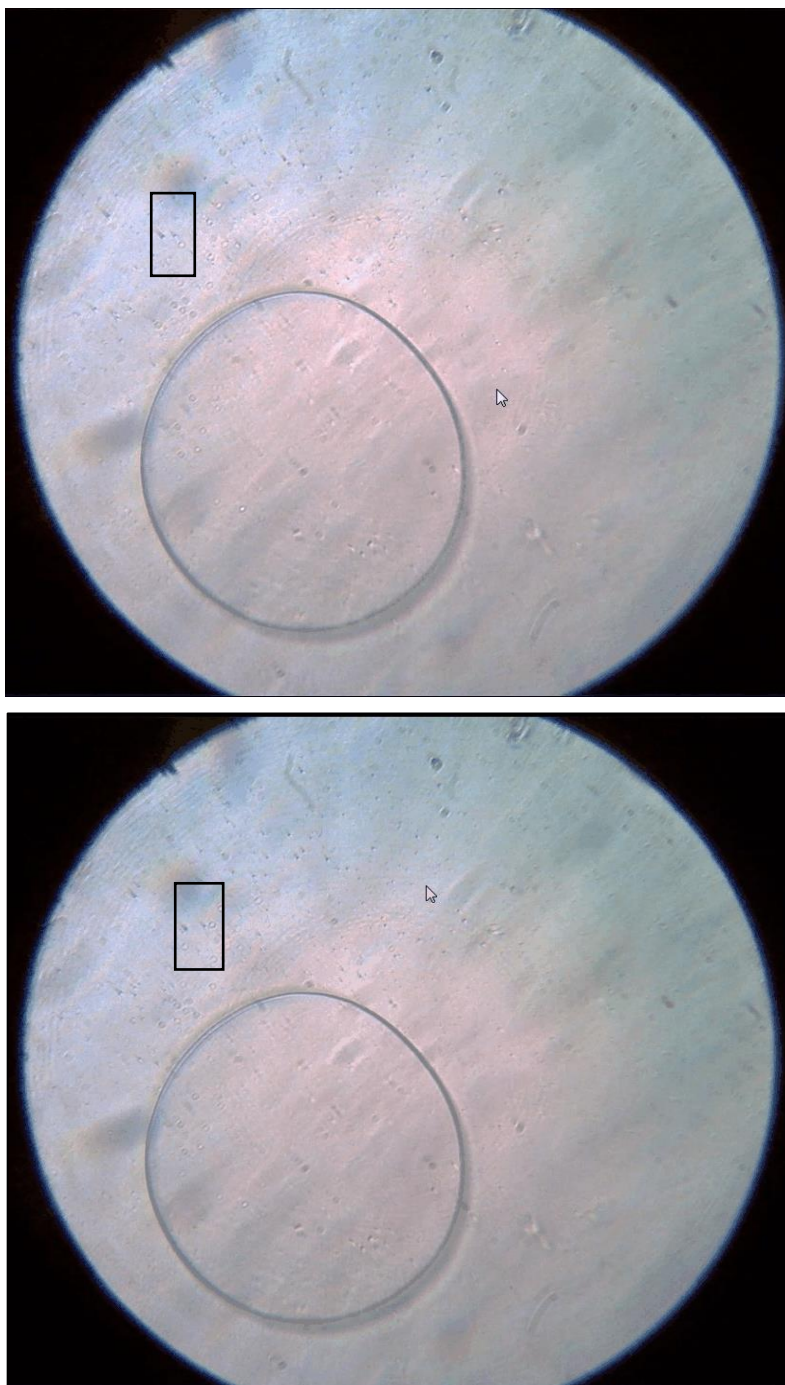


Obr. 4. Polyesterová nit

Tady je zřetelně vidět, že nit je kroucená ze tří pramenů a obsahuje vlákna barvená i bezbarvá, která ji dodávají lesk. Vlákna jsou ale velmi hladká a nedrží příliš pohromadě. Navléknout takovou nit do jehly může být dost obtížné.

Brownův pohyb

Mobilem a mikroskopem je možné zaznamenat i dynamický děj ve formě krátkého videa. Typický případ je záznam Brownova pohybu mikročástic. Vzorek byl připraven zakalením asi 1 ml vody kapkou mléka. Drobné kapičky tuku jsou v zorném poli vidět jako tmavé částice a při použití objektivu zvětšujícího 45 krát a okuláru se zvětšením 20 byl pohyb částic velmi zřetelný. Z natočeného videa byly vybrány dva snímky a na nich vyznačena skupina částic, která prokazatelně mění vzájemné polohy.

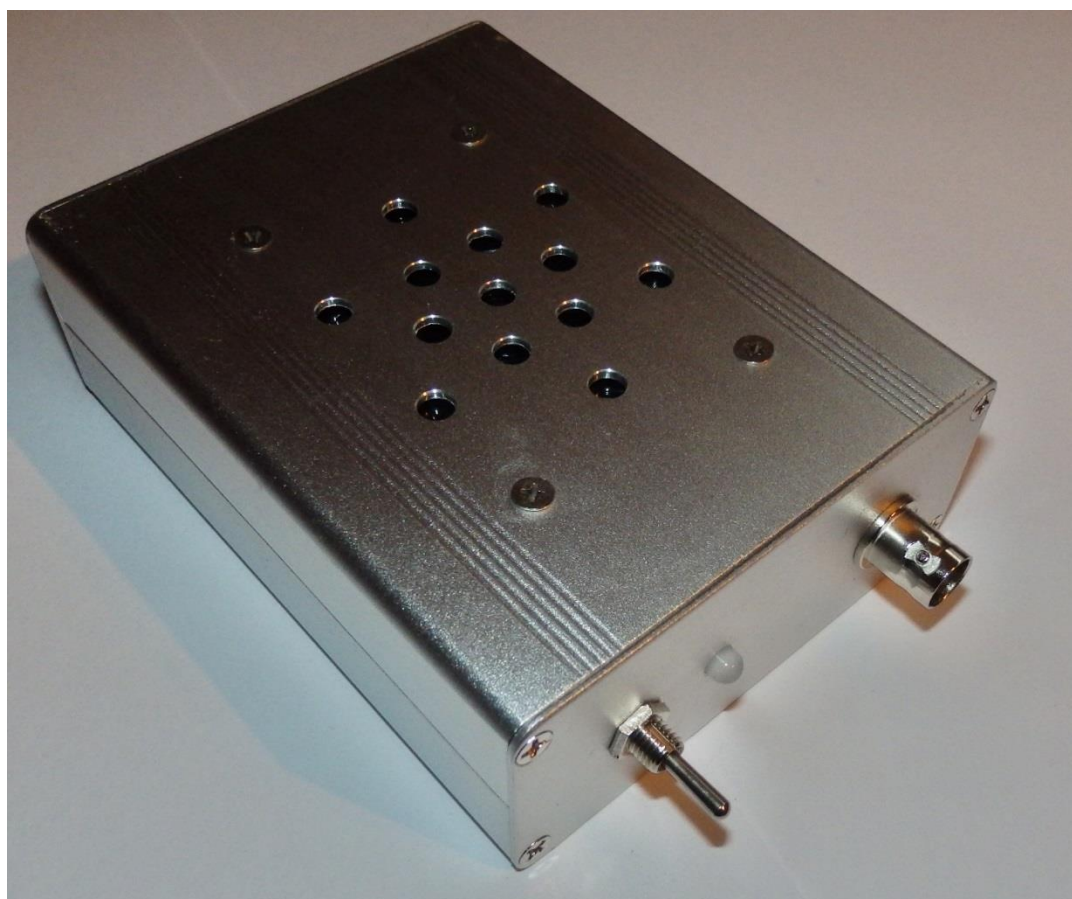


Obr. 5. Brownův pohyb – dva snímky z videa

Záznam Barkhausenova šumu

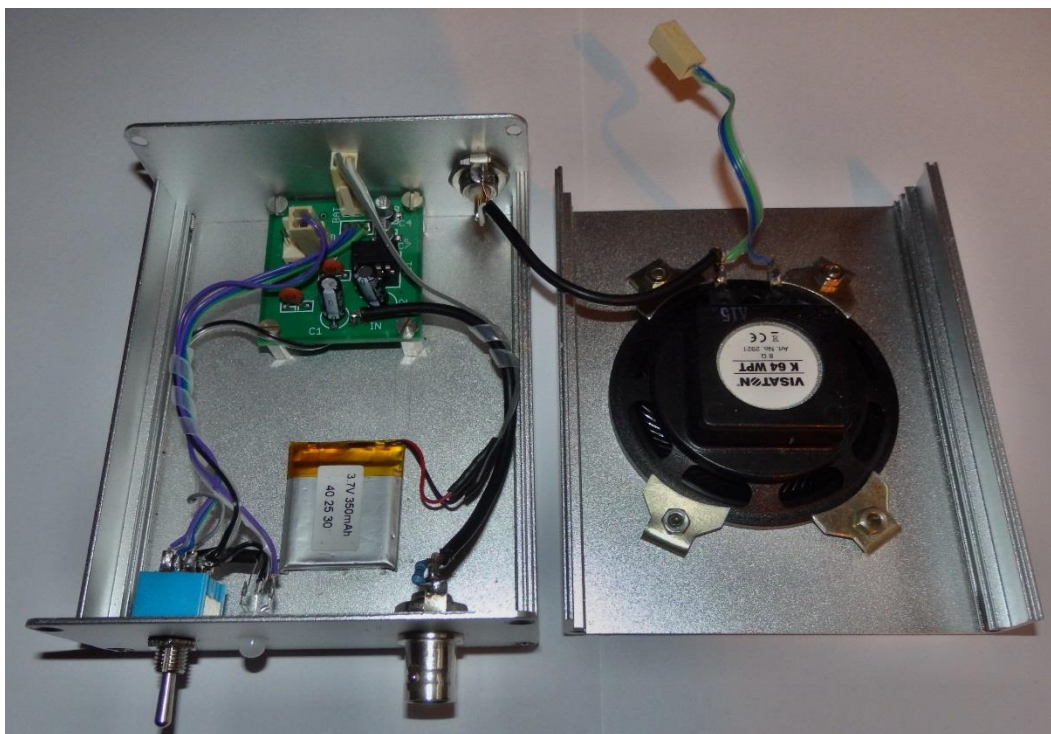
Tento jev je fyzikům znám od r. 1919 a v Časopise pro pěstování matematiky a fyziky z roku 1938 [3] najdeme článek od prof Klimenta Šolera (Jirsíkovo gymnázium České Budějovice). Krátký citát: „Mezi zajímavé zjevy, které jest možno na střední škole pomocí nízkofrekventního zesilovače poměrně snadno předvésti, patří také efekt *Barkhausenův*, který dovoluje ukázat pokusně, že feromagnetická látka skládá se skutečně z malých elementárních magnetů, které se při zmagnetování takové látky obrací do směru magnetického pole. Tyto elementární magnety se však při magnetisaci neotáčejí pohnáním a spojitě, nýbrž každý takový elementární magnet otočí se vždy najednou o větší úhel. Je to působeno tím, že tyto elementární magnety jsou elastickými silami drženy ve své původní rovnovážné poloze. Jednotlivé částice jsou uspořádány tak, že následkem jejich vzájemného působení jest mezi nimi rovnováha. Změní-li se zevní pole magnetické, tato rovnováha se poruší.“

Tedy mohli kolegové použít elektronkový zesilovač. Dnešní možnosti jsou podstatně bohatší a demonstrace Barkhausenova jevu je popsána v mnoha podobách. Na katedře fyziky UHK byla obhájena bakalářská práce, jejímž cílem bylo vyrobit nízkofrekvenční zesilovač pro demonstraci zmíněného jevu. [4] Základním požadavkem byla odolnost proti vnějšímu rušení a nízká úroveň vlastního šumu.



Obr. 6. Zesilovač NF, nízkošumový

Na předním panelu je umístěn třípolohový přepínač: nahoru – zesilovač zapnut a ledka svítí zeleně, uprostřed – vypnuto, dolů – nabíjení a ledka svítí červeně. Zesilovač má napájení z vlastního akumulátoru umístěného uvnitř a nabíjí se z portu USB nebo z nabíječky s USB výstupem.



Obr. 7. Zesilovač, pohled dovnitř

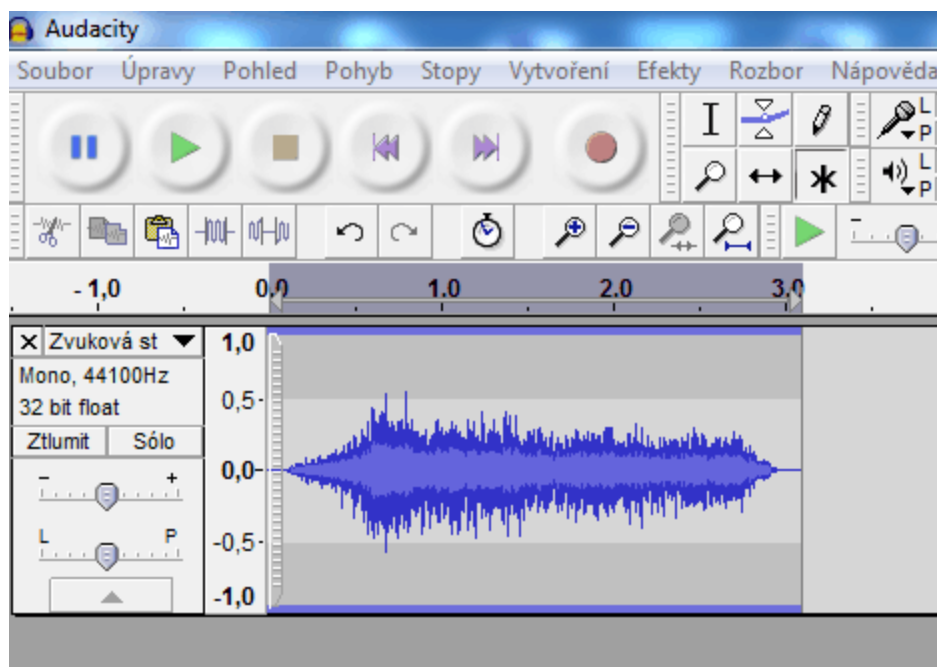
Snímací cívka má 500 závitů a je navinuta na tělísku z polyamidu.



Obr. 8. Snímací cívka

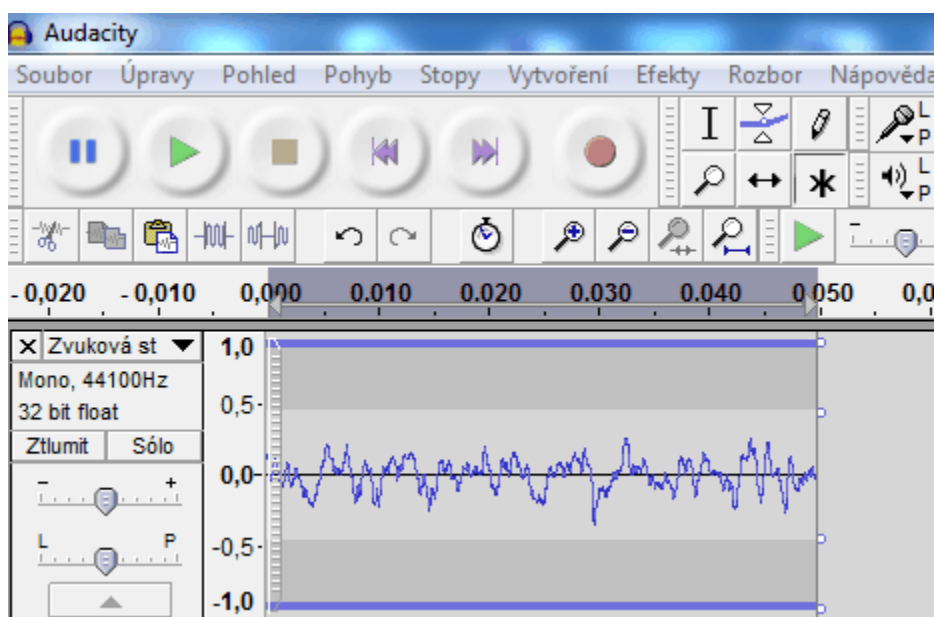
Operační zesilovač LM4889 má nastaveno zesílení $A_U = 300$. Nabíjení řídí IO MCP73831.

Výstup zesilovače je připojen na reproduktor ($Z = 8 \Omega$). Demonstrace Barkhausenova šumu je snadná: zapneme zesilovač, do cívky vložíme feromagnetický vzorek (měkkou ocel), pak přibližujeme a pak vzdalujeme permanentní magnet. Signál lze přivést na mikrofonní vstup notebooku (PC). V programu AUDACITY nebo Visual Analyser lze zaznamenat a analyzovat získaná data.

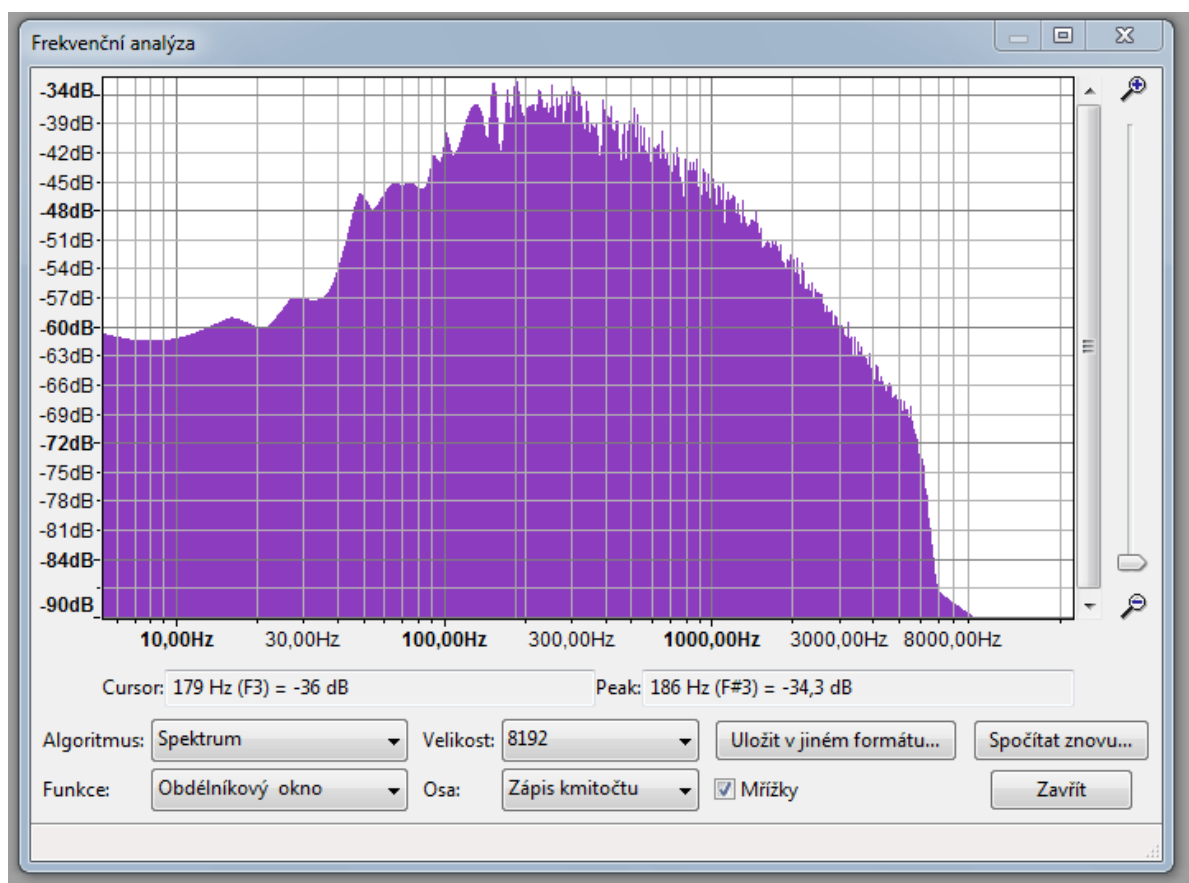


Obr. 9. Blok šumu při vzdalování vzorku a magnetu

Pro středoškolskou fyziku je kvantový výklad vzniku Barkhausenova šumu nedostupný. AUDACITY umí ukázat detail záznamu a také spektrum šumu.



Obr. 10. Detail záznamu šumu (50 ms)



Obr. 11. Frekvenční analýza šumu

Pro studenty mohou být připraveny různé vzorky oceli, vzorek lze magneticky nasytit, lze sledovat rozdíly při magnetování a odmagnetování vzorků. Je tady i vliv rychlosti pohybu permanentního magnetu na amplitudy signálu. Výhodné je studentům umožnit práci s daty i mimo hodiny fyziky nebo fyzikálního semináře.

Dva vstupy do mikrosvěta – mikrofotografie v mobilu a záznam Barkhausenova šumu jsou dobrou příležitostí pro vlastní aktivitu našich studentů a žáků.

Literatura

- [1] Lehotský, D., Hlavička, A. *Optika pro pedagogické inštitúty*. SPN Bratislava 1963.
- [2] Malý, P. *Optika*. Univerzita Karlova v Praze, Nakladatelství Karolinum 2008 Prometheus Praha, 2000.
- [3] *Časopis pro pěstování matematiky a fyziky*, Vol. 67 (1938), No. Suppl., D147- D152 Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/120792>
- [4] Polák J. *Nízkofrekvenční zesilovač*. UHK, Bakalářská práce Hradec Králové 2016.

Částice a atomy – jasně, přehledně a zábavně

LUDEK JANČÁŘ

Katedra fyziky, chemie a odborného vzdělávání, PdF MU, Brno

Príspevek uvádí stručný přehled a charakteristiku elementárních částic hmoty a elementárních částic zprostředkujících interakce. S pomocí databáze grafických objektů „Částice a atomy“ je umožněno učitelům, studentům a žákům názorně zobrazit nejen všech 62 jednotlivých elementárních částic a řadu jiných (již předem vytvořených) objektů, ale i jednoduchým a hravým způsobem vytvářet (např. přímo v editoru Word) další složené částice, atomy prvků, sloučeniny a reakce.

1. Úvod

Problematika elementárních částic, složených částic (vázaných stavů elementárních částic) a atomů prvků, popř. jejich interakcí a reakcí, patří k atraktivním částem učiva fyziky a chemie.

Proto byl vytvořen stručný a jasný přehled jednotlivých elementárních částic s jejich základními charakteristikami a srozumitelný text popisující problematiku atomů a nitra atomu. Nedílnou součástí k pochopení této látky se zde ukazuje názorná vizualizace jednotlivých objektů a dějů. K tomuto účelu byla vytvořena databáze základních grafických objektů „Částice a atomy“, která snad napomůže k dokonalejší orientaci žáků, studentů i učitelů jednotlivých stupňů a typů škol v dané problematice.

2. Teoretická část

Veškerá hmota je tvořena **molekulami** (popř. atomy), které jsou vázanými stavy **atomů**. Například voda se skládá z molekul vody, které jsou vázanými stavy vždy dvou atomů vodíku a jednoho atomu kyslíku. Tento stav je vyjádřen chemickým vzorcem H_2O .

Každý **atom** prvku má **jádro**, kolem kterého „obíhají“ **elektrony**. Velikost atomů (vnější dráhy elektronů) je řádově 10^{-10} m a jádro je ještě stotisíckrát menší (10^{-15} m). Atom je tedy převážně prázdný. Pro srovnání si lze představit, že jádro je něco jako ping-pongový míček o průměru asi 2,5 cm. První elektron pak „obíhá“ ve vzdálenosti zhruba 2,5 km.

Jádro obsahuje **protony** a **neutrony** (nazývané také **nukleony**). Tyto částice jsou složeny z tzv. **kvarků**, které jsou již dále nedělitelné a jsou tudíž částicemi elementárními. Proton má **elektrický náboj** velikosti **+1** (v jednotkách, v nichž je náboj elektronu **-1**) a neutron je **elektricky neutrální**. Proton je 1836,15krát těžší než elektron. **Počet elektronů** v atomu se rovná **počtu protonů** v jádře, atom je tedy elektricky neutrální [1].

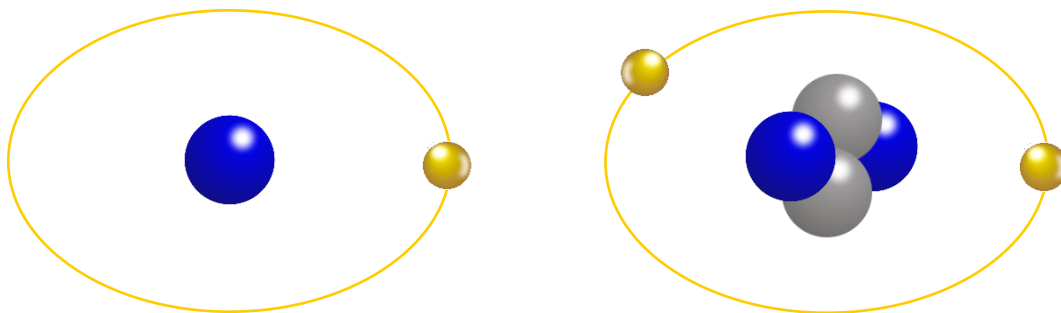
Z atomu je možné odštěpit (vyrazit) jeden nebo více elektronů. Zbytek pak již nezůstane elektricky neutrální, ale bude mít kladný náboj, protože v něm bude nadbytek protonů nad elektrony. Takový objekt se nazývá **iont** a proces vyrážení elektronů z atomů se nazývá **ionizace**. Kladně nabitý iont se nazývá **kationt** a záporně nabitý **aniont**.

Elektronový obal tvoří elektrony, které se vyskytují v tzv. **orbitalech**. Atomový orbital (AO) je funkce popisující prostorové rozložení elektronu v poli atomového jádra a je charakterizován kvantovými čísly n, l, m_l [2].

Nejmenší hmotnost má atom **vodíku** s jedním elektronem a s jádrem tvořeným jediným protonem. Jádro tzv. těžkého vodíku nazývaného **deuterium** má jeden neutron navíc. **Tritium** je vodík se dvěma neutrony v jádře navíc. Takovým atomům, které mají v jádře stejný počet protonů, ale rozdílný počet neutronů se říká **izotopy**.

Dalším prvkem v periodické soustavě prvků za vodíkem je **helium**: jeho atom má 2 elektrony a jádro složené ze 4 nukleonů (2 protonů a 2 neutronů) [2].

Schematicky je složení atomů vodíku a helia (objekty databáze „Částice a atomy“) naznačeno na obrázku 1.



Obr. 1. Složení atomu vodíku a helia

2.1. Částice a antičástice

Částice se obecně dělí z několika hledisek a to podle:

- povahy hmoty (částice a antičástice)
- elektrického náboje (s nábojem – kladný, záporný, celistvý, dílčí a bez náboje – nulový)
- spinu (fermiony – poloviční spin a bosony – celistvý spin)
- druhu (hmoty a interakcí)
- složitosti (elementární a složené).

Částice hmoty se dělí na:

- složené (hadrony – baryony a mezony)
- elementární (kvarky a leptony – 48 částic).

Částice zprostředkující interakce (14 částic) jsou částicemi elementárními – foton, vektorové bosony (3), gluony (8), Higgsův boson a graviton.

Další informace o problematice částic, vhodné zejména pro střední a základní školy, je možné najít v literatuře [1] – [4].

3. Praktická část

3.1. Grafické objekty databáze „Částice a atomy“

a) Elementární částice hmoty – viz obrázek 2

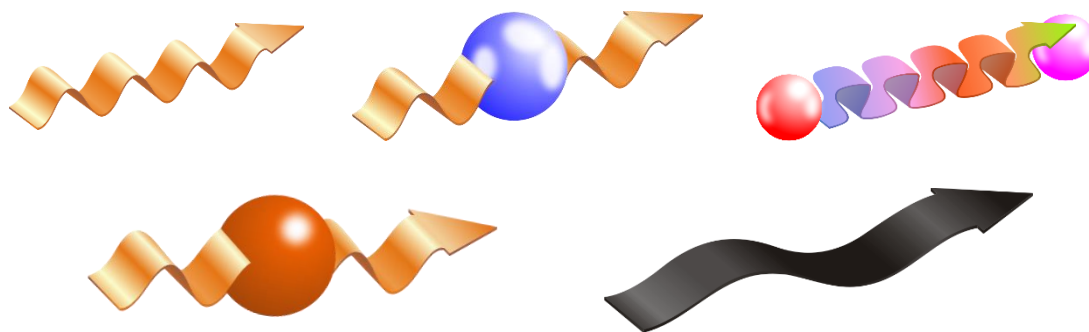
kvarky	1. generace	up (u_r, u_g, u_b)	down (d_r, d_g, d_b)
	2. generace	charm – půvabný (c_r, c_g, c_b)	strange – podivný (s_r, s_g, s_b)
	3. generace	top (t_r, t_g, t_b)	bottom (b_r, b_g, b_b)
leptony	1. generace	elektron (e)	elektronové neutrino (ν_e)
	2. generace	mion (μ)	mionové neutrino (ν_μ)
	3. generace	tauon (τ)	tauonové neutrino (ν_τ)
antikvarky	1. generace	antikvark up ($\bar{u}_r, \bar{u}_g, \bar{u}_b$)	antikvark down ($\bar{d}_r, \bar{d}_g, \bar{d}_b$)
	2. generace	antikvark charm ($\bar{c}_r, \bar{c}_g, \bar{c}_b$)	antikvark strange ($\bar{s}_r, \bar{s}_g, \bar{s}_b$)
	3. generace	antikvark top ($\bar{t}_r, \bar{t}_g, \bar{t}_b$)	antikvark bottom ($\bar{b}_r, \bar{b}_g, \bar{b}_b$)
antileptony	1. generace	pozitron (\bar{e})	elektronové antineutrino ($\bar{\nu}_e$)
	2. generace	antimion ($\bar{\mu}$)	mionové antineutrino ($\bar{\nu}_\mu$)
	3. generace	antitauon ($\bar{\tau}$)	tauonové antineutrino ($\bar{\nu}_\tau$)



Obr. 2. Kvark up, antikvark up, elektron, pozitron, elektronové neutrino, elektronové antineutrino

b) Elementární částice zprostředkující interakce – viz obrázek 3

elektromagnetické	foton (γ)
slabé	vektorové bosony (W^+, W^-, Z^0)
silné	gluony ($g_{r\bar{g}}, g_{r\bar{b}}, g_{g\bar{r}}, g_{g\bar{b}}, g_{b\bar{r}}, g_{b\bar{g}}, g_{d1}, g_{d2}$)
Higgsovy	Higgsův boson (H^0)
gravitační	graviton



Obr. 3. Foton, vektorový boson W^+ , gluon $g_{r\bar{g}}$, Higgsův boson, graviton

c) Baryony (vázané stavy 3 kvarků)

p	proton – 2 kvarky u (elektrický náboj $+\frac{2}{3}$) a 1 kvark d ($-\frac{1}{3}$)
n	neutron – 1 kvark u a 2 kvarky d
\bar{p}	antiproton – 2 antikvarky \bar{u} ($-\frac{2}{3}$) a 1 antikvark \bar{d} ($+\frac{1}{3}$)
\bar{n}	antineutron – 1 antikvark \bar{u} a 2 antikvarky \bar{d}

d) Mezony (vázané stavy 2 kvarků)

π^+ -mezon	pion ⁺ (kvark u a antikvark \bar{d})
π^- -mezon	pion ⁻ (antikvark \bar{u} a kvark d)

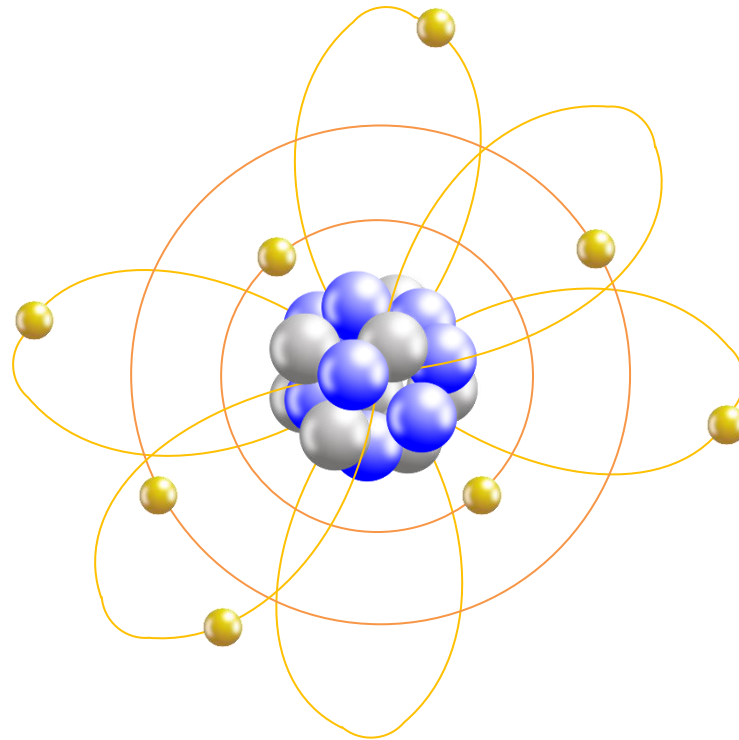
e) Orbitaly

s	$1s, 2s, 3s, \dots$
p	$2p_x, 2p_y, 2p_z, 3p_x, 3p_y, 3p_z \dots$
d	$3d_{xy}, 3d_{xz}, 3d_{yz}, 3d_{x^2-y^2}, 3d_{z^2} \dots$

rámečkové diagramy

f) Atomy

vodík (H), deuterium (D), tritium (T), helium (He), kyslík (O) – viz obrázek 4



Obr. 4. Atom kyslíku

g) Prvky

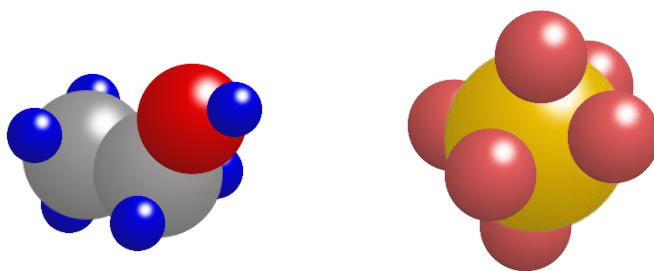
vodík (H), uhlík (C), dusík (N), kyslík (O), fluor (F), síra (S), chlor (Cl), uran (U)

h) Izotopy; izobary; izotony

vodík (H) – ${}^1_1\text{H}$, deuterium (D) – ${}^2_1\text{H}$, tritium (T) – ${}^3_1\text{H}$, ${}^{16}_8\text{O}$, ${}^{17}_8\text{O}$, ${}^{18}_8\text{O}$
 ${}^{36}_{16}\text{S}$, ${}^{36}_{18}\text{O}$
 ${}^{30}_{14}\text{Si}$, ${}^{31}_{15}\text{P}$, ${}^{32}_{16}\text{S}$

i) Molekuly, sloučeniny

molekula vodíku (H_2), molekula chloru (Cl_2), amoniak (NH_3), methan (CH_4), ethanol (C_2H_5OH) – viz obrázek 5, chlorovodík (HCl), fluorid sírový (SF_6) – viz obrázek 5, oxid uranový (UO_3)



Obr. 5. Molekula ethanolu a fluoridu sírového

j) Radioaktivní záření

α	alfa (jádra helia)
β	beta (elektrony, pozitrony)
γ	gama (elektromagnetické záření)

k) Děje

štěpení uranu.

Pozn. 1: Jednotlivé elementární částice znázorňujeme jako malé kuličky, resp. jako vlnovky, to však neznamená, že by to mělo něco společného s jejich skutečnou podobou.

Pozn. 2: Některé grafické objekty respektují příslušné vzájemné velikosti (např. atomový poloměr), u některých objektů to realizovat ani nejde (jádro – elektronový obal).

4. Závěr

Databáze grafických objektů „Částice a atomy“ se ukazuje jako účinný, významný a názorný pomocník při výuce elementárních částic a vztahů a dějů v mikrosvětě atomu. V ruce učitelů je mocným nástrojem pro vysvětlování dané učební látky. Studenti a žáci si zase mohou hravou formou znázorňovat elementární částice, částice složené, atomy i celé sloučeniny. V neposlední řadě mohou být ukázány nejen různé děje v atomu, ale i jaderné reakce, přeměny i chemické rovnice.

Pro zájemce je databáze je dostupná u autora.

Literatura

- [1] Veltman, M. *Fakta a záhady ve fyzice elementárních částic*. Academia Praha, 2007. ISBN 978-80-200-1500-6.
- [2] Jančář, L. *Periodická soustava prvků*. Masarykova univerzita Brno, 2013. ISBN 978-80-210-6621-2.
- [3] Štoll, I. *Fyzika pro gymnázia. Fyzika mikrosvětě*. Prometheus Praha 1993. ISBN 80-85849-48-8.
- [4] Fraser G., Lillestøl E. a Sellevåg I. *Hledání nekonečna*. Columbus Praha 1996. ISBN 80-85928-37-X.

Fyzika očima termografie

PETR KÁCOVSKÝ

Katedra didaktiky fyziky MFF UK

Termovizní kamery pracující ve vzdáleném infračerveném oboru umožňují vizualizaci mnoha fyzikálních jevů, které jinak zůstávají našim očím skryty – velmi často jde o jevy, které se manifestují teplotními změnami na površích těles. Tato schopnost činí termovizní kamery vhodným pomocníkem zejména při výuce termodynamiky, jak již bylo popsáno například v [1] či [2]. Následující příspěvek ovšem poukazuje na využití termografie v jiných partiích fyziky, kde jsou tepelné jevy vnímané spíše jako vedlejší průvodní efekt.

Poznámka: Následující experimenty byly provedeny s použitím termovizní kamery FLIR i7. Při černobílém tisku termogramů platí, že tmavé plochy odpovídají místům s nízkou teplotou, zatímco světlé (bílé) plochy místům teplejším.

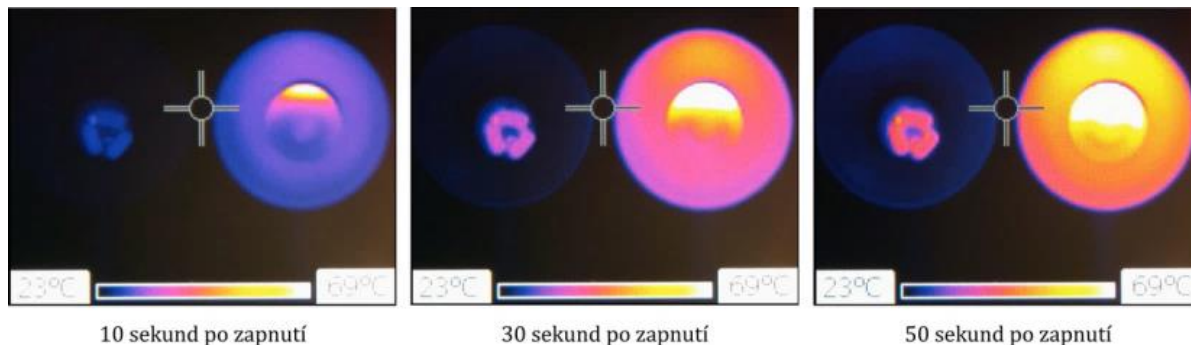
Experiment 1: Světelná účinnost kompaktní zářivky a klasické žárovky

Pomůcky: Termovizní kamera, klasická žárovka a kompaktní zářivka.

Ke srovnání efektivity zdrojů světla se obvykle používá tzv. světelná účinnost zdroje K , která vyjadřuje, jaký světelný tok poskytuje zdroj světla na 1 W svého příkonu.

Hodnoty světelné účinnosti můžeme snadno odhadnout z údajů, které výrobci světelných zdrojů udávají na obalech svých produktů; v našem experimentu budeme používat klasickou žárovku s nominálními parametry 700 lm a 60 W ($K \approx 12$ lm/W) a kompaktní zářivku (nesprávně „úspornou žárovku“) 700 lm a 13 W ($K \approx 54$ lm/W).

Z tohoto srovnání je patrné, že klasická žárovka pošle z každého wattu svého příkonu do světelného oboru výrazně méně energie než kompaktní zářivka; o to více tedy emituje v infračervené oblasti spektra. Tento obecně známý fakt ukazuje obr. 1, na kterém je vždy v levé části každého snímku kompaktní zářivka a v pravé části klasická žárovka. Zatímco zářivka zůstává poměrně chladná a její okolí se prakticky nezahřívá, klasická žárovka rychle dosahuje vysoké teploty a prohřívá celou konstrukci lampičky.



Obr. 1. Kompaktní zářivka (vlevo) a klasická žárovka (vpravo) krátce po zapnutí

Experiment 2: Proudění tam, kde byste ho nečekali

Pomůcky: Termovizní kamera, klasická žárovka.

Při pozorném sledování ohřevu baňky klasické žárovky na obr. 1 si lze všimnout toho, že její teplota roste odshora, spodní část se ohřívá jako poslední. Z této situace lze udělat pro žáky problémovou úlohu – proč zahřívání probíhá právě takto? Zopakujeme-li experiment vícekrát, zjistíme, že nejde o nahodilý jev, ale skutečně o kauzální souvislost. Žáci pravděpodobně přijdou po nějaké chvíli se správným vysvětlením – tj. tím, že plyn uvnitř baňky (ochranná atmosféra vlákna) se od vlákna ohřívá, snižuje svoji hustotu a proudí vzhůru, kde tak roste teplota nejrychleji. Dostáváme tak učebnicový příklad tepelné výměny prouděním.

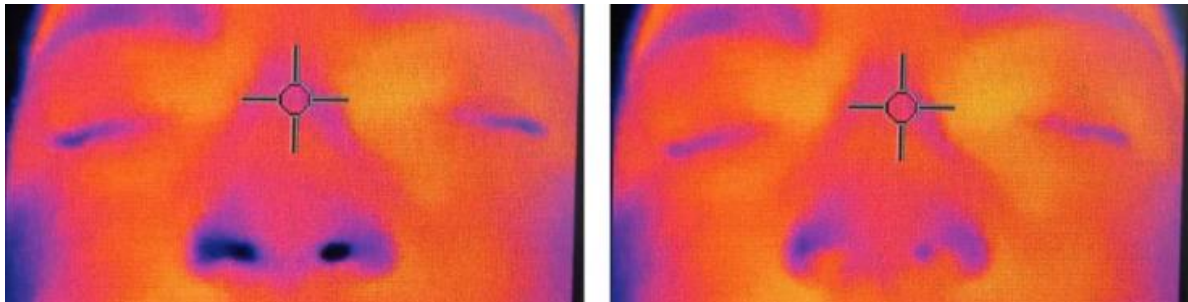
Pokud chceme tuto problematiku dále rozvíjet, můžeme nyní žáky vyzvat, aby přišli s návrhem, jak tuto hypotézu – tj. že jde o proudění – experimentálně potvrdit. Nejjednodušší způsob, jak to udělat, je otočit žárovku v tíhovém poli tak, aby se doposud spodní část žárovky ocitla nahoře a horní (zahřátá) naopak dole. Nejteplejší část ochranné atmosféry začne ihned putovat proti směru tíhové síly a po několika sekundách se obnoví původní stav.

Experiment 3: Teplotní změny na nosní sliznici

Pomůcky: Termovizní kamera, dobrovolník.

Primární vstupní cestou vzduchu do organismu zdravého člověka je nosní dutina, ve které je vstupující vzduch filtrován řasinkovým epitelem a tím zbavován prachu a nečistot. Z čistě fyzikálního hlediska dochází ve skořepinách dutiny nosní ke zvlhčení vzduchu a k jeho ohřátí před vstupem do plic na teplotu blízkou vnitřní teplotě těla. Naopak při výstupu vzduchu z organismu zde dochází k jeho částečnému ochlazení tak, aby tělo vydechováním neztrácelo velké množství tepla; nosní dutina tedy plní funkci jakéhosi tepelného výměníku.

Při běžné pokojové teplotě je každopádně vydechovaný vzduch teplejší než vzduch nadechovaný, a právě to budeme pomocí termovizní kamery vizualizovat. Přesněji, nebudeme měřit přímo teplotu proudícího vzduchu, ale sliznice nosní dutiny, která se vydechovaným (nadechovaným) vzduchem ohřívá (ochlazuje). Obr. 2 ukazuje, že během nádechu (vlevo), kdy do nosní dutiny vstupuje vzduch o pokojové teplotě, se ústí nosních dírek prochlazuje, zatímco při výdechu (vpravo), kdy tělo opouští ohřátý vzduch, k tomuto jevu nedochází.



Obr. 2. Teplotní změny na nosní sliznici – vlevo nádech, vpravo výdech

Experiment 4: Skupenské teplo vypařování

Pomůcky: Termovizní kamera, zvýrazňovač na alkoholové bázi, inkoustová tiskárna.

Při vypařování kapaliny z povrchu předmětu opouštějí kapaliny částice s nejvyšší kinetickou energií; průměrná energie zbývajících částic tak klesá a povrch, na kterém vypařování probíhá, se ochlazuje. Z makroskopického hlediska bychom řekli, že kapalina odebírá povrchu skupenské teplo vypařování.

Pomocí termovizní kamery můžeme snadno ukázat, že k tomuto ději dochází i v situacích, kde bychom to možná nečekali – obr. 3 ukazuje text napsaný zvýrazňovačem (vpravo) a text vytištěný na inkoustové tiskárně (vlevo). V obou případech je zřejmé, že místa pokrytá inkoustem jsou vlivem odpařování obsažených rozpouštědel chladnější než zbytek papíru.

ZMĚNA VNITŘNÍ ENERGIE KONÁNÍM PRÁCE: ZATLŮKÁNÍ HŘEBÍKU

Cíl pokusu

Ukážeme, jak při zatlůkání hřebíku do dřeva roste teplota hřebíku i dřeva.

Teorie

První termodynamický zákon ve tvaru:

$$\Delta U = W + Q,$$

kde ΔU je změna vnitřní energie systému, W je práce dodaná do systému a Q dodané teplo, porovnáje změnu vnitřní energie libovolné termodynamické soustavy (nevyměňující s okolím částice) právě dvěma způsoby - tepelnou výměnou a konáním mechanické práce. V našem případě koná mechanickou práci kladivo zatlůkající hřebík do dřeva. Tření mezi hřebíkem a prkénkem vede k rozostření částic na styčných plochách kovu a dřeva, čímž teplota obou materiálů roste.

Pomůcky

Termovizní kamera, prkénko, kladivo, hřebík (obr. 1).

Postup

Hřebík povolna zatlůkáme do prkénka. Na termovizní kameře přitom pozorujeme růst teploty v místě vsunutí hřebíku do dřeva. Místo, ve kterém roste die infračervených smítků teplota, je místem vsunutí hřebíku do prkénka. Vlastní hřebík není na vidětu příliš patrný, po většinu experimentu je jeho teplota srovnatelná s teplotou okolí.

Vzorový výsledek

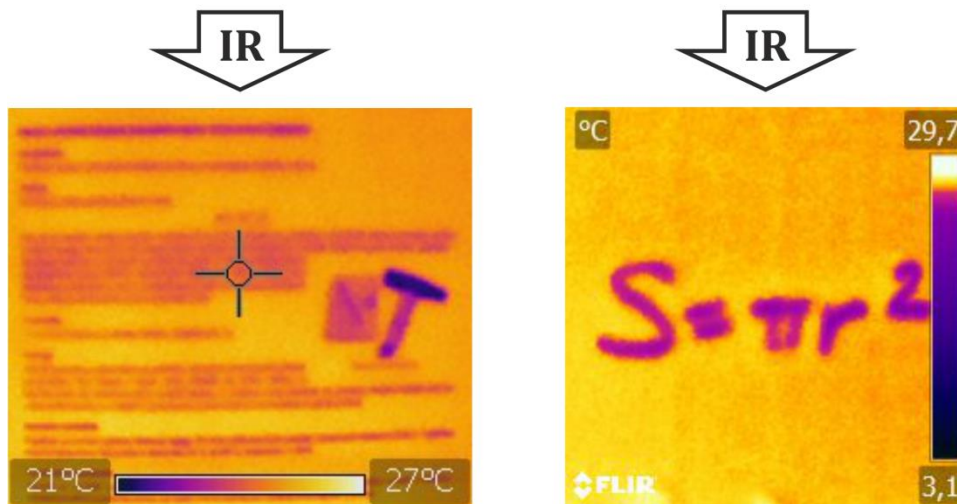
Úspěšné provedení pokusu ilustruje [video](#). Při jeho přípravě byla použita termovizní kamera FLIR i7. Teplotní rozsah škály barev byl zvolen v intervalu 24 °C až 30 °C, emisivita $\epsilon = 0,95$.

Technické poznámky

Obecně je vhodné volit hřebíky s matným povrchem. Vyvarujeme se tak problémům s velmi rozdílnou emisivitou dřeva a lesklého kovu, což může vést k chybnému vyhodnocení teploty hřebíku.



Obrázek 1: Pomůcky



Obr. 3. Vlevo odpařování inkoustu z vytištěné stránky, vpravo ze stopy zvýrazňovače

Experiment 5: Joulovo teplo na vlastní oči

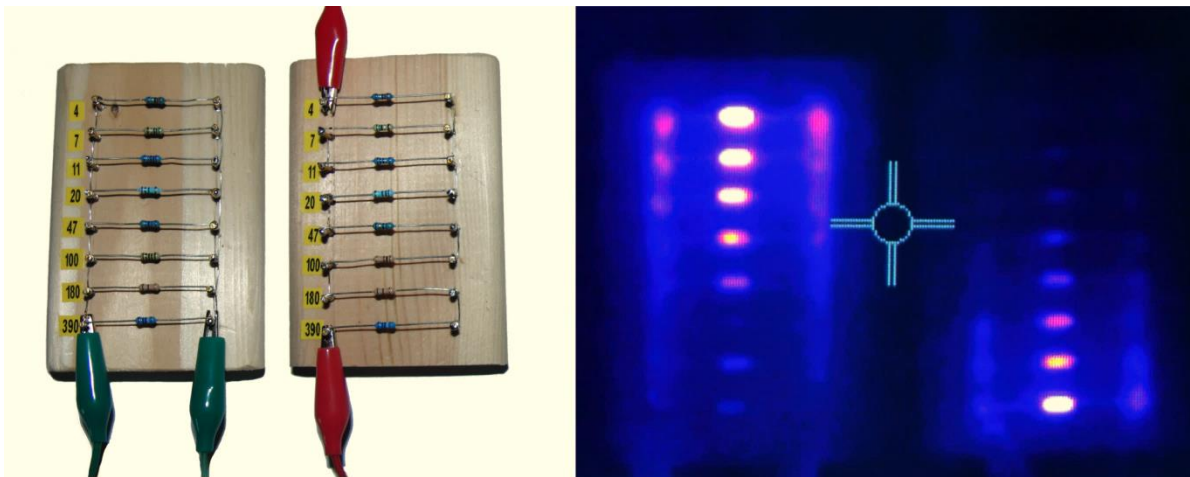
Pomůcky: Termovizní kamera, vhodná sada rezistorů, plochá baterie.

Při průchodu elektrického proudu I vodičem o odporu R se vnitřní energie vodiče za čas t zvýší o $Q_J = RI^2t$, kde Q_J je tzv. Joulovo teplo. Navenek se tento nárůst vnitřní energie manifestuje zahřátím vodiče, které můžeme termovizní kamerou snadno detekovat.

Pro potřeby následujícího experimentu byly vyrobeny dvě identické sady rezistorů, jednou spojeny sériově (celkový odpor asi 760 Ω) a jednou paralelně (celkový odpor 1,7 Ω). Na obr. 4 jsou sady zachyceny tak, že odpor rezistorů směrem dolů roste.

Při paralelním zapojení je napětí na všech rezistorech stejné a proud každým z nich lze dopočítat pomocí Ohmova zákona, takže Joulovo teplo lze vyjádřit jako $Q_J = \frac{U^2 t}{R}$. Největší Joulovo teplo se tedy bude vyvíjet na „horních“ rezistorech s nejmenším odporem.

Při sériovém zapojení je proud všemi rezistory stejný a největší Joulovo teplo se tak vyvíjí na „dolních“ rezistorech s největším odporem – ty se proto nejvíce zahřívají.



Obr. 4. Reálné provedené odporových sad a termovizní snímek; vlevo vždy paralelní zapojení, vpravo vždy sériové zapojení.

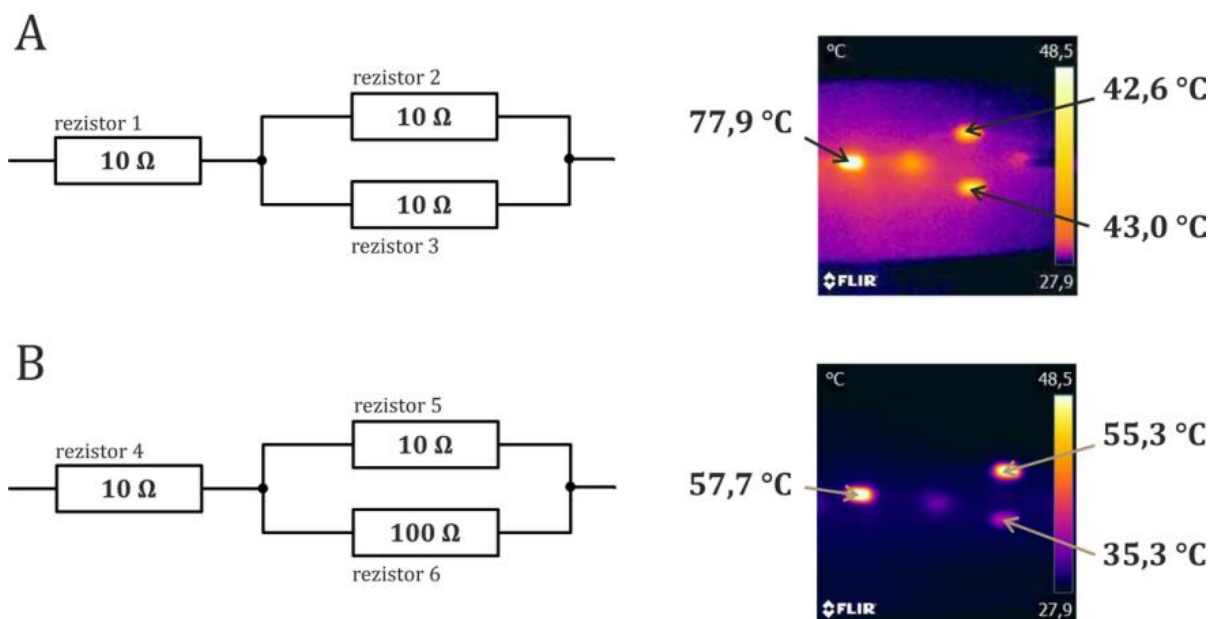
Experiment 6: Termovizní kameru namísto ampérmetru?

Pomůcky: Termovizní kamera, rezistory 10 Ω a 100 Ω , plochá baterie.

Na experiment 5 lze navázat dalšími rozšiřujícími pokusy. Kombinací rezistorů lze spájet různá schémata a sledovat zahřívání jednotlivých součástek při průchodu proudem. Pro tento příspěvek byla připravena dvě zapojení A a B (obr. 5 vlevo), ke kterým byla v obou případech připojena plochá baterie 4,5 V. Výsledné termogramy jsou vidět na obr. 5 vpravo.

V případě zapojení A se proud rozdělí do větví obvodu rovnoměrně – rezistory 2 a 3 se zahřívají přibližně stejně, zatímco rezistor 1, kterým teče dvojnásobný proud, hřeje výrazně více.

V případě zapojení B je proud spodní větví obvodu desetinný oproti větvi horní a desetinné je v tomto srovnání také Joulovo teplo, které se ve spodní větvi vyvíjí – rezistor 6 se tedy prakticky nezahřívá, zatímco rezistory 4 a 5, kterými teče veškerý, resp. téměř veškerý proud obvodem, se zahřívají přibližně stejně.



Obr. 5. Vzorový výsledek k experimentu č. 6

Kde najít další materiály a rady

Všechny výše uvedené experimenty jsou detailněji popsány a zdokumentovány v elektronické *Sbírce fyzikálních pokusů* [3]. Součástí těchto pokusů je také dokument [4], který stručně shrnuje zásady práce s termovizní kamerou a dává doporučení, čemu se při práci s ní ve výuce vyhnout.

Literatura

- [1] Kácovský, P. *S termokamerou po stopách tepla*. In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 19. Ed.: Vochozka, V., Bednář, V., Kéhar, O., Randa, M. Západočeská univerzita v Plzni, 2014, s. 69–73.
- [2] Kácovský, P. *Experimenty s termovizní kamerou*. In: Sborník příspěvků ze semináře Jak získat žáky pro fyziku? 2. Ed.: Seifert. JČMF Praha 2015.
- [3] <http://fyzikalnipokusy.cz/cs>
- [4] https://physicstasks.eu/media/01584/Experimentujeme_s_termovizni_kamerou.pdf

Zákon převrácených čtverců v astronomii

OTA KÉHAR

Fakulta pedagogická Západočeské univerzity v Plzni

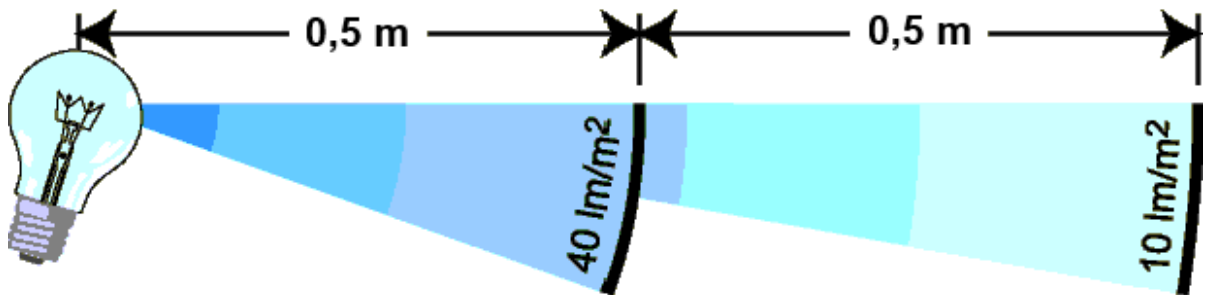
Zákon převrácených čtverců říká, že intenzita pole/záření klesá s druhou mocninou vzdálenosti od bodového zdroje. Jak jsou na tom se znalostmi studenti a může jim pomoci astronomie, aby se jejich znalosti zlepšily? Součástí článku je popis početního příkladu, ale i praktického pokusu, který lze snadno realizovat s žáky na školách.

Teorie: Zákon převrácených čtverců

Zákon převrácených čtverců, v angličtině jej najdeme pod označením „inverse-square law“, je fyzikální zákon, který říká, že intenzita pole (elektrického, magnetického, gravitačního) nebo záření (světlo, zvuk) I klesá s druhou mocninou vzdálenosti r od bodového zdroje.

$$I \sim \frac{1}{r^2}$$

Tento zákon může být použit pouze v případě, že můžeme zdroj aproximovat bodovým zdrojem. Obecné pravidlo „pětinásobek“ říká, že vzdálenost ke zdroji by měla být více než pětinásobek největšího rozměru zdroje. Tento požadavek je v astronomii spolehlivě splněn. Slunce má poloměr 695 700 km, nejbližší planeta Merkur je v perihéliu ve vzdálenosti 46 miliónů kilometrů. Kosmické sondy mají vysílací antény o rozměrech několika málo metrů, přičemž se pohybují ve vzdálenostech miliard kilometrů od Země, takže i v tomto případě je možné považovat tuto soustavu za bodový zdroj.



Obr. 1. Zákon převrácených čtverců [1]

Mnohem častěji se používá zápis (1) tohoto zákona, který udává poměr mezi intenzitami pole či záření a vzdálenostmi od zdroje. Pokud změříme ve vzdálenosti $d_1 = 1$ m intenzitu $I_1 = 16$ W/cm², pak naměříme ve vzdálenosti $d_2 = 2$ m intenzitu $I_2 = 4$ W/cm². Platí tedy, že

$$I_1 d_1^2 = I_2 d_2^2. \quad (1)$$

Početní úloha: Vzdálené kosmické sondy

V různých částech sluneční soustavy se nachází kosmické sondy, které i přes svoji velkou vzdálenost nadále udržují rádiový kontakt se Zemí – Voyager 1, Voyager 2, New

Horizons, Cassini, Dawn a další. I přes obrovskou vzdálenost, která se pohybuje od stovek milionů km až po desítky miliard km, obsahují na své palubě vysílače s výkonem zpravidla nepřesahující 20 W. Díky vysílacím frekvencím v pásmu mikrovlnného záření (na vlnových délkách 3,6 cm v pásmu S a 13 cm v pásmu X) a hlavně úzce směrovým parabolickým anténám přesně směřovaným k Zemi se jim tato vzdálenost daří snadno překonávat. K úspěchu napomáhá i skutečnost, že u meziplanetární komunikace není ve zvoleném pásmu výrazný zdroj rušení. Parabolické antény s vysokým ziskem (známé též jako směrové antény, kdy vysílací anténa vyzařuje signál v úzkém svazku pouze jedním směrem a do okolních velmi málo, zatímco přijímací anténa přijímá nejlépe z jednoho směru a ignoruje signály z ostatních směrů) přispívají velmi výrazně k úspěšnému přenosu informací. Uvažujme rádiový vysílač, který vyzařuje z jediného bodu rovnoměrně do všech směrů. Takový zdroj nazýváme izotropní zářič a prakticky neexistuje. Anténa s vysokým ziskem kosmické sondy Voyager 1 poskytuje v pásmu X (na frekvenci 8,42 GHz) zisk 47 dBi; kosmická sonda New Horizons 42 dBi na frekvenci 8,44 GHz. Písmeno „i“ v dBi znamená, že je hodnota vztahena k izotropnímu zářiči. Hodnota 47 dBi je tedy rovna $10^{47/10}$, což je více než 50 000. Vysílač s výkonem 20 W opatřený anténou se ziskem 47 dBi má ekvivalentní izotropně vyzářený výkon (EIRP) roven 1 MW, který je vyzářený do vysoce směrového svazku (několik desetin úhlového stupně). Vzhledem k tomu, že my víme, kde je kosmická sonda, kosmická sonda ví, kde jsme my, tak je jedinou „překážkou“ útlum signálu, ke kterému dochází rozptylem. Útlum se dá popsat zákonem převrácených čtverců.

Se vzdáleností ovšem souvisí i přenosová rychlost, která může dosáhnout až 115,2 kb/s, pokud se kosmická sonda nachází ve vzdálenostech Jupitera od Země (okolo 4 au), a klesá na úroveň několika kb/s nebo i výrazně méně ve větších vzdálenostech.

Rádiové vlny se šíří rychlostí světla (300 000 km/s), proto dochází ke zpoždění signálu. Jedna astronomická jednotka (značka au, přibližně rovna střední vzdálenosti Země od Slunce) měří téměř 150 mil. km. Řada kosmických sond je ale mnohem dále, např. Voyager 1 byla v květnu 2016 dále než 134 au od Země, Voyager 2 téměř 111 au, zatímco New Horizons překročila 34 au. Signál z těchto kosmických sond tak cestuje od 5 hodin až po téměř 19 hodin, než dorazí k Zemi.

Označme si celkový výkon vyzářený všesměrovým izotropním zářičem P . Ve velkých vzdálenostech od tohoto zářiče je výkon rozložen na kulové ploše s poloměrem r . Pokud je plocha koule $4\pi r^2$, pak intenzitu záření I (výkon na jednotku plochu) ve vzdálenosti r vypočítáme jako

$$I = \frac{P}{S} = \frac{P}{4\pi r^2}. \quad (2)$$

Ze vztahu (2) plyne, že intenzita klesá s druhou mocninou vzdálenosti od zdroje. Pro neizotropní zářič, kterým směrová anténa používaná na kosmických sondách bezesporu je, musíme do výpočtu zahrnout zisk antény G . Ve směru úzkého paprsku bude signál silnější, než by tomu bylo u izotropního zářiče (ten by zářil do všech směrů stejně). Vztah (2) proto vynásobíme na pravé straně rovnicí ziskem antény. Např. pro kosmickou sondu Voyager, která má zisk antény 47 dBi, nám vyjde $10^{47/10} \doteq 50\,100$, pro kosmickou sondu New Horizons se ziskem 42 dBi dostaneme $10^{42/10} \doteq 15\,800$. Obecně je hodnota zisku přepočítána vztahem $10^{G/10}$, kde G dosazujeme v dBi.

Jak postupovat, pokud chceme získat hodnotu přijímaného výkonu pro kosmickou sondu Voyager 2? Pro výpočet přijímaného výkonu potřebujeme znát poměr K mezi povrchem přijímací antény DSN o průměru d_A (čitatel) k povrchu koule o poloměru r_S (jmenovatel), který je roven vzdálenosti sondy od Země. Proto platí, že

$$K = \frac{\pi \left(\frac{d_A}{2}\right)^2}{4\pi r_S^2} = \frac{d_A^2}{16r_S^2} = \frac{34^2}{16 \cdot (16,56 \cdot 10^{12})^2} = 2,6 \cdot 10^{-25}. \quad (3)$$

V tomto případě byla použita přijímací anténa DSS 35 o průměru 34 m, sonda se v květnu 2016 nacházela ve vzdálenosti 16,56 mld. km. S ohledem na parabolickou anténu sondy se ziskem 47 dBi musíme přepočítat výkon vysílače 20 W na ekvivalentní izotropně vyzářený výkon $EIRP$ podle vztahu

$$EIRP = P \cdot 10^{\frac{G}{10}} = 20 \cdot 10^{\frac{47}{10}} = 1,0 \text{ MW}. \quad (4)$$

Konečně přijímaný výkon P_R získáme jako

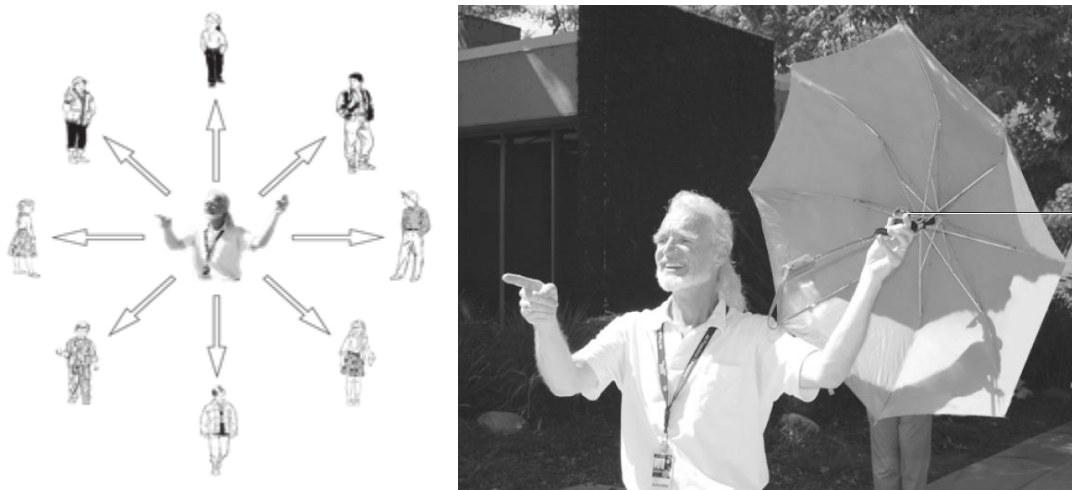
$$P_R = K \cdot EIRP = 2,6 \cdot 10^{-25} \cdot 1,0 \cdot 10^6 \text{ W} = 2,6 \cdot 10^{-19} \text{ W} = 2,6 \cdot 10^{-22} \text{ kW}. \quad (5)$$

Na adrese eyes.nasa.gov/dsn/dsn.html [2] je k dispozici současný stav antén sítě DSN aktualizovaný každých 5 sekund. V případě kosmické sondy Voyager 2 byl naměřený přijímaný výkon roven hodnotě $1,33 \cdot 10^{-22}$ kW, což je blízko vypočítané hodnotě, zároveň je to hodnota nižší než teoreticky vypočítaná. Je nutné si uvědomit, že jsme počítali výkon bez zahrnutí dalších ztrát na straně vysílací a přijímací antény nebo samotného vysílače.

Praktická úloha: Hranice slyšitelnosti

Žáci si mohou ověřit platnost zákona převrácených čtverců pomocí zvuku, který bude v tomto směru výhodnější než použití světla. Bude potřeba větší prostor, např. fotbalové či jiné hřiště, o rozměrech alespoň několik desítek metrů. Mezi další pomůcky patří zdroj zvukového signálu se známou intenzitou zvuku, může posloužit i mobilní telefon s generátorem zvuku, např. Keuwlsoft Dual Channel Function Generator dostupný pro operační systém Android, kde lze nastavit frekvenci (1 kHz), přerušovaný tón (1 Hz) a hlasitost. Při maximální hlasitosti jsem 1 m od mobilního telefonu Samsung naměřil intenzitu zvuku ve výši 76 dB, ve 2 m byla intenzita 70 dB, ve 4 m dosahovala 64 dB. Toto měření je možné zrealizovat i ve třídě, jen není vhodné používat měřiče dostupné v mobilních telefonech, jak v roce 2014 zkoumali Vochozka, Bednář, Tesař [3]. Ve třídě je dále nutné si dát při měření intenzity zvuku pozor na kmitny a uzly [4].

První úkol pro žáky bude spočívat v odhadu vzdálenosti, ve které již nebude slyšitelný zvuk z generátoru. Žáci se následně postaví okolo učitele, který má u sebe generátor tak, jak je znázorněno na obr. 2 (vlevo). Žáci provedou změření vzdálenosti, při které již generátor neslyší. Měření opakují třikrát a výslednou hodnotu získají jako průměr. Na hřišti je vhodné zvolit nižší hlasitost, než maximální, aby byla hranice slyšitelnosti v přijatelné vzdálenosti. Pro 76 dB ve vzdálenosti 1 m od zdroje vychází pro ulici zhruba 160 m, kde by se intenzita zvuku měla pohybovat na úrovni 32 dB.



Obr. 2. Zjišťování hranice slyšitelnosti (vlevo)
a zlepšení dosahu pomocí deštníku (vpravo)

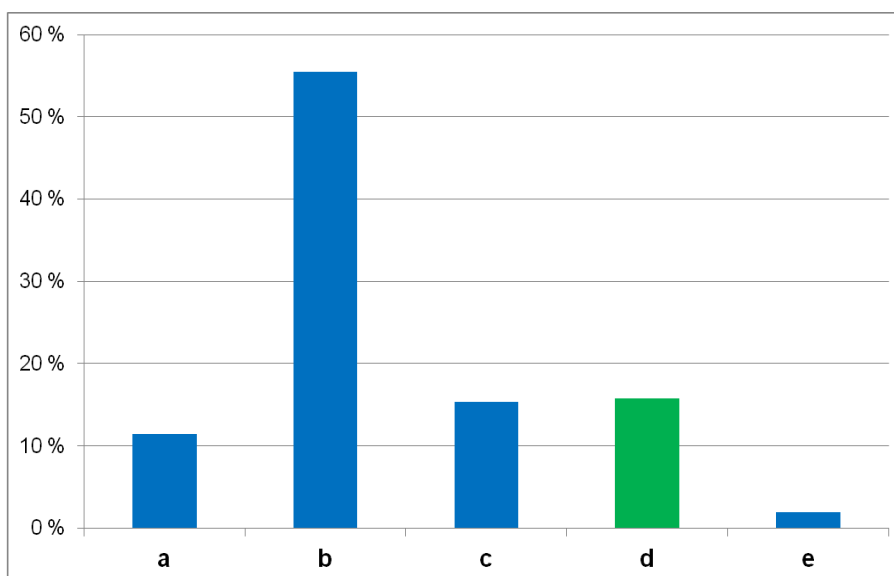
Dosah slyšitelnosti lze zlepšit pomocí antény, kterou v tomto případě nahradíme deštníkem (obr. 2 vpravo), kdy zdroj signálu umístíme do místa, kde má figurant levou ruku, abychom simulovali parabolickou anténu. Žáci opět odhadnou vzdálenost, pak ji 3krát změří a zjistí průměrnou hodnotu. Je možné se zaměřit na vliv průměru, případně tvaru deštníku.

Posledním úkolem je návrh dalšího zlepšení dosahu slyšitelnosti při nezměněných podmínkách na vysílací straně. V tomto případě se dá vylepšovat přijímací strana, kdy můžeme zvětšit průměr ušního boltce vhodným nástavcem vyrobeným z části PET láhve nebo z kartonu (vhodná předloha pro výrobu nástavce je k dispozici na str. 9 v dokumentu *Capturing a Whisper from Space* [5]). Po vyrobení nástavce opět následuje odhad vzdálenosti a jeho reálné změření.

Případová studie: Zákon převrácených čtverců

V rámci předmětu *Astronomie* pro každého vyučovaného na Fakultě pedagogické Západočeské univerzity v Plzni (ZČU) jsem 226 studentům položil na podzim 2015 a na jaře 2016 otázku týkající se zákona převrácených čtverců. Případové studie se zúčastnilo 61 % žen a 39 % mužů, kteří studují na různých fakultách ZČU – Fakulta pedagogická (37 %), Fakulta ekonomická (17 %), Fakulta aplikovaných věd (15 %), Fakulta filozofická (14 %), Fakulta zdravotních studií (8 %) a méně než 3 % měly Fakulta umění a designu Ladislava Sutnara, Fakulta strojní, Fakulta právnická a Fakulta elektrotechnická. Studenti navštěvují i různé ročníky – první ročník (13 %), druhý ročník (28 %), třetí ročník (44 %), čtvrtý ročník (10 %) a pátý ročník (6 %).

Studenti odpovídali na otázku: „Osoba si čte noviny položené na stole, který je osvětlen 100W nestíněnou žárovkou ze vzdálenosti 1,5 m. Představte si situaci, že byla žárovka posunuta na vzdálenost 3 m od stolu. Kolik žárovek celkem bude potřeba, aby na noviny dopadalo stejné množství světla jako předtím?“ Přičemž měli na výběr z následujících možností, v závorce je procentuální zastoupení studentů u dané odpovědi (obr. 3): a) jedna žárovka (11,5 %), b) dvě žárovky (55,5 %), c) tři žárovky (15,3 %), d) čtyři žárovky (15,8 %, správná odpověď), e) více než čtyři žárovky (1,9 %).



Obr. 3. Graf ukazující výsledky odpovědí na otázku ohledně zákona převrácených čtverců

Z tohoto výsledku plyne, že studenti univerzity pravděpodobně nemají povědomí o základním zákonu převrácených čtverců, který je v zásadě velmi jednoduchý a jeho odvození je na úrovni matematiky na základním stupni, viz vztah (1).

Literatura

- [1] <http://web.archive.org/web/20090304114337/http://www.anees.com/6.html>
- [2] <http://eyes.nasa.gov/dsn/dsn.html>
- [3] Vochozka V., Bednář V., Tesař J. *Zvukoměry v mobilu při výuce akustiky*. In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 19. Cheb, 2014.
- [4] <http://www.vernier.cz/video/kmitny-a-uzly>
- [5] https://deepspace.jpl.nasa.gov/files/dsn/DSN_Poster.pdf

Potenciál neformálneho vzdelávania vo vedeckom centre

MARIÁN KIREŠ

ODDELENIE DIDAKTIKY FYZIKY

Ústav fyzikálnych vied Prírodovedecká fakulta UPJŠ v Košiciach

V príspevku predstavujeme Zábavné technické centrum SteelPark Košice (www.steelpark.sk), jeho filozofiu a na praktických ukážkach vybrané fyzikálne exponáty. Súčasťou centra je druhým rokom spravované Bádateľské prírodovedné laboratórium, ponúkajúce skupinám žiakov základných a stredných škôl netradičné merania, na úrovni riadeného bádania. K vzdelávacím aktivitám sú pripravené vstupné konceptuálne otázky, výstupné hodnotenia zručností a sebahodnotenie účastníkov, na základe ktorých poukážeme na potenciál realizovaných aktivít. Všetky podporné materiály k 15 doteraz zaradeným aktivitám sú poskytnuté účastníkom veletrhu.

Koncepcia zábavno-technického centra

Exponáty v Steel Park sú dominantne zamerané na prezentáciu zaujímavých vedeckých, technických a technologických riešení, na realizáciu ktorých bolo potrebné využiť ľudský um, moderné poznatky a tvorivosť. Cieľom centra je, aby sme návštevníka nadchli, vzbudili v ňom záujem a formovali kladný postoj k vede a technike. Informácie sprostredkované pomocou exponátov sú spracované najmä na úrovni zapamätania a na báze zážitkového pozorovania. Ukážkou prezentujúcou základné princípy vedeckého centra sú nami pripravené exponáty: Ako svetlo putuje (Obr. 1a), Ako putuje blesk (Obr. 1b). Návštevníci majú za úlohu usmerniť chod dvoch laserových lúčov pomocou otočnej sústavy optických prvkov. Pozorovanie zákonitostí prechodu elektrického výboja v atmosfére je simulované výbojom v sieti vodivých kovových plôch.



Obr. 1 a, 1b. Ukážka inštalácie vybraných exponátov.

V každom odbore ľudskej činnosti sú však kľúčové pojmy a javy, ktoré vyžadujú dôkladné porozumenie ich podstaty. Porozumenie kľúčových pojmov a procesov je možné docieľiť najmä pomocou vlastnej aktívnej poznávacej činnosti žiaka. Dôležité je využívanie už prv osvojených (prvotných) poznatkov, ktoré žiak získal počas školského vzdelávania, v rámci mimoškolských alebo voľnočasových aktivít.

Poznávacia činnosť žiaka má byť usmerňovaná, monitorovaná formami okamžitej spätnej väzby a jej výsledok vyhodnotený v porovnaní s prvotnými poznatkami.

V snahe rozšíriť vzdelávací potenciál expozície vedeckého centra sme pripravili a realizujeme koncepciu Bádateľského prírodovedného laboratória, v ktorom aktivity využívajú konštruktivistické prístupy a rôzne úrovne bádateľských metód, prevažne riadené bádanie.

Bádateľské prírodovedné laboratórium vo vedeckom centre

Najväčší podiel čo do počtu návštevníkov zabezpečujú školské triedy. Ide o tematické exkurzie, ktoré učiteľ vhodne zakomponuje do školského vzdelávacieho programu. Atraktivnosť prostredia, netradičné spracovanie exponátov a ich interaktivita sú hlavnými zdrojmi motivácie, podmieňujúcej účasť. V snahe využiť tieto motivačné nástroje sme pripravili vzdelávacie aktivity súčasne pre dve polovice triedy, zamerané na objavovanie, skúmanie, pozorovania a meranie. Aktivity sú zvládnuteľné pod vedením zaškoleného lektora počas 60 minút, žiaci pracujú v piatich trojiciach podľa pripravených pracovných listov. Témy sa snažím časovo ladiť so školským vzdelávacím programom, úlohy obmieňame podľa záujmu, avšak spravidla minimálne raz za dva mesiace. Našími cieľmi sú:

- prezentovať učiteľom na konkrétnych úlohách realizáciu riadeného bádania,
- nadchnúť žiakov pre aktívne poznávanie, podporiť rozvoj ich bádateľských zručností,
- zapojiť do prípravy a realizácie aktivít študentov učiteľstva a doktorandov,
- vytvoriť priestor pre didaktický výskum,
- propagovať a podporiť fyzikálne vzdelávanie na školách,
- zviditeľniť výsledky práce oddelenia didaktiky fyziky,
- zvýšiť návštevnosť vedeckého centra.

Počas dvoch rokov sme pripravili 15 aktivít a celkovo na nich participovalo viac ako 6000 žiakov základných a stredných škôl.

Riadené bádanie a nástroje formatívneho hodnotenia

Pri každej z vytváraných aktivít využívame jednotný formát pracovných listov. Aktivita začína vstupnými konceptuálnymi otázkami, úlohou ktorých je koncentrovať pozornosť žiakov, zmapovať porozumenie v danej téme a motivovať pre skúmanie. Pri riadenom bádání je pre žiakov výsledne získaný poznatok novou informáciou, avšak postup jej získania je daný v pracovnom liste. V závere merania žiakov nabádame k sebahodnoteniu vlastného porozumenia ako aj k hodnoteniu rozvoja vybraných zručností. Uvedené postupy predstavíme na aktivite: Opravme rozbitý Galileov teplomer.

Úvodné otázky

1. Vymenujte rozličné druhy teplomerov. Ku každému druhu teplomera stručne napíšte, na akom princípe pracuje.
2. Do obrázka zakreslite všetky sily, ktoré pôsobia na teleso ponorené v kvapaline. Sily označte a napíšte, ako ich nazývame.
3. Tri telesá sú umiestnené v nádobe s vodou. Na základe situácie zobrazenej na obrázku porovnajte hustoty telies s hustotou vody.
4. Predmety ponorené v kvapaline sú nadľahčované. Ako si vysvetľujete, že kvapalina (napr. voda) vie, že má nadľahčovať ponorené teleso.

Riadené bádanie – Opravme rozbitý Galileov teplomer (pracovný list)

V uzavretom sklenenom valci je tekutina. Sklenené bójky sú naplnené rôznofarebnými tekutinami, v spodnej časti majú zavesené štítky s uvedenou hodnotou teploty v °C. Bójky sú buď usadené na dne valca, vznášajú sa v tekutine, alebo sú tesne pod hladinou. Obzrite si Galileov teplomer postavený na stole, teplomer ponorený v studenej vode a teplomer ponorený v teplej vode. Pokúste sa určiť jednotlivé teploty.

Ako dokáže Galileov teplomer merať teplotu? Na akom princípe funguje?

Krehký sklenený valec nám spadol a rozbil sa. Tekutina sa rozliala, cítili sme zápach pripomínajúci etylalkohol. Našťastie nám ostali nepoškodené bójky.

Opravte Galileov teplomer tak, aby ukazoval teplotu v odmernom valci s vodou.

1. Overte, ako sa správajú bójky vo vode.
 - A) Odmerajte teplotu vody v kadičke a nameraný údaj si zapíšte.
 - B) Opatrne ponorte postupne všetky bójky do kadičky s vodou. Zapíšte, ako sa jednotlivé bójky správajú. Odôvodnite správanie sa bójok. $\rho_{\text{etylalkohol}} = 789 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, $\rho_{\text{voda}} = 1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$
 - C) Rozhodnite, či je možné z rozmiestnenia bójok určiť teplotu vody.

Zapíšte svoje pozorovania.

2. Naučte bójky merať teplotu, aj keď sú ponorené vo vode.

- E) Teplomerom odmerajte teplotu vody vo valci a zapíšte si ju.
- F) Vyberte bójku s teplotou nižšou ako je nameraná a vložte ju opatrne do valca.
- G) Bójka by mala klesnúť na dno. Voda je však hustejšia ako etylalkohol, bójka je tesne pod hladinou. Bójku vyberte. Odstrihnite kúsok drôtika, odmerajte jeho dĺžku a odvážte ho. Namerané hodnoty si zapíšte. Privedte drôtik na štítok bójky a bójku opätovne ponorte do valca s vodou.
- H) Postupným skracovaním drôtika nájdite vhodnú hmotnosť, pri ktorej bójka veľmi pomaly klesá ku dnu. Hmotnosť drôtika pri každej dĺžke určte vážením a hodnoty postupne zapisujte do tabuľky.

Pracujte v skupine. Zapíšte svoje zistenia.

3. Overte, či bójka rozpoznáva aj inú teplotu.

I) Bójka okalibrovaná na nižšiu teplotu ako má voda vo valci, pomaly klesá ku dnu.

J) Vložte túto bójku do studenejšej vody, na akú bola kalibrovaná.

K) Opíšte jej správanie a rozhodnite, či správne reaguje na teplotu vody.

Pracujte v skupine. Zapište svoje zistenia.

4. Navrhňte postup pre „teplejšiu“ bójku.

L) Navrhňte postup, ako by ste upravili bójku, ktorá by zobrazovala teplotu väčšiu ako je aktuálna teplota vody vo valci.

M) Opíšte, ako by ste overili jej funkčnosť pri odlišnej teplote.

Diskutujte v skupine. Zapište svoj postup.

5. Formulujte závery dnešného merania

Diskutujte v skupine. Zapište svoje zhrnutia.

Záverečné sebahodnotenie

1. Pri dnešnej aktivite Opravme rozbitý Galileov teplomer som sa naučil(a):

2. Počas aktivity bolo pre mňa najviac zaujímavé:

3. Otázka, na ktorú stále neviem odpovedať znie:

Ohodnoťte výsledky svojej práce

Po tejto aktivite už viem...	s výdatnou pomocou	s pomocou	samoostatne
Vysvetliť princíp fungovania Galileovho teplomera.			
Určiť teplotu pomocou Galileovho teplomera.			
Upraviť bójky, aby ukazovali teplotu vo vode.			
Vytvoriť závery na základe vlastných pozorovaní.			

Pilotné zistenia a odporúčania pre školskú prax

Analýza odpovedí na konceptuálne otázky nám dáva nasledujúce zistenia:

- pre žiakov je klasickým reprezentantom teplomera ortuťový teplomer, formulácie princípu jeho činnosti sú strohé, spravidla len na úrovni zapamätaných faktov, chýba ozrejmienie fyzikálneho princípu,
- pri zakresľovaní síl pôsobiacich na teleso je nesprávne označené pôsobisko vztlakovej sily,

- žiaci majú správne zafixovaný poznatok o hustote plávajúceho, vznášajúceho a úplne ponoreného telesa voči hustote kvapaliny,
- príčina existencie vztlakovej sily nie je zrejmá, ak je niečo uvedené, tak iba konštatívne tvrdenie o jej existencii.

Po aktivite sú pracovné listy skenované a zostávajú pre účely vyhodnotenia aktivít. Žiaci si odnášajú vlastné vypracované hárky so sebou. Zo zápisov žiakov v pracovných listov je možné formulovať zistenia:

- úvodná diskusia lektora so žiakmi a z nej vytvorený zápis zistených poznatkov je systematizáciou potrebných vedomostí na úrovni štátneho vzdelávacieho programu,
- z vlastného pozorovania a za pomoci lektora žiaci zvládajú pochopenie princípu činnosti Galileovho teplomera,
- je potrebné dôslednejšie usmernenie žiakov pre pochopenie správania sa bójky vo vode a v etylalkohole, bójka s danou teplotou vo vode vystúpi k hladine, bude potrebné ju preto zaťažiť,
- u gymnazistov je možné spraviť výpočet hmotnosti drôtika, potrebného pre zaťaženie bójky plávajúcej vo vode pri danej teplote,
- úlohy 3 a 4 sú náročnejšie na porozumenie a časovo nie každá skupina stihla ich realizáciu, v prípade časového sklzu, je možné úlohu 4 vypustiť,
- vlastná formulácia záverov je vhodným zhrnutím aktivity, lektor môže najprv pomôcť s rekapituláciou merania, avšak vlastnú formuláciu necháva na žiakoch.

Hodnotenie zručností a sebahodnotenie žiakov v závere aktivity poukazuje na:

- žiaci nie sú zvyknutí na sebahodnotenie, neprikladajú mu význam, často ho ignorujú,
- nízka schopnosť formulovať otázku k danej téme,
- vyššiu úspešnosť vykazujú pri hodnotení praktické zručnosti (určiť teplotu, upraviť bójku) avšak schopnosť vysvetliť princíp a formulovať závery je hodnotená s pomerne nízkou úspešnosťou.

Pod'akovanie

Príspevok vznikol v rámci riešenia a s podporou projektu APVV-0715-12: Výskum efektívnosti metód inovácie výučby matematiky, fyziky a informatiky a projektu Erasmus+ SciVis 2014-1-DE01-KA203-000694: Zlepšenie interaktívnych metód pre porozumenie prírodným vedám a technologickým riešeniam.

Literatúra

- [1] BALOGOVÁ, B. a kol. *Bádatel'ské prírodovedné laboratórium SteelPARK*. In : Veletrh nápadů učitelů fyziky 20. Praha, 2015. s. 16 – 20.
- [2] NICKAS, G. *A Thermometer Based on Archimedes' Principle*. In American Journal of Physics, ISSN 0002-9505. 1989. Vol. 57, no. 9, s. 845–846.

Možnosti využití meteorologických map při tvořivé výuce fyziky

JIŘÍ KOHOUT

Oddělení fyziky, Katedra matematiky, fyziky a technické výchovy, Fakulta pedagogická, Západočeská univerzita v Plzni

Cílem tohoto příspěvku je představit dvě netradiční výukové aktivity využívající meteorologické mapy. První aktivita je zaměřena na základní meteorologické prvky a problematiku atmosférického tlaku (včetně jeho závislosti na nadmořské výšce). Ve druhém případě pak jde o problematiku vodní páry v atmosféře (relativní vlhkost vzduchu, rosný bod, hustota vodní páry...).

Úvod

Meteorologii jakožto vědě zabývající se atmosférou a procesy v ní probíhajícími, které následně určují vývoj počasí, je v současném pojetí školní výuky věnována pozornost hned v několika předmětech. Vedle fyziky je významné její zastoupení ve fyzické geografii, částečně se s ní můžeme setkat i v biologii, především pak v části věnované ekologii. Navzdory nespornému významu této disciplíny bylo ukázáno, že výrazná většina škol nemá toto téma systematicky zpracováno v ŠVP, výuka není ucelená a nejsou odpovídajícím způsobem využívány mezipředmětové vztahy [1]. Z hlediska školské fyziky je možné typicky identifikovat dva významné body, kdy je tomuto tématu věnována pozornost. Zpravidla v 7. ročníku základní školy (a odpovídajícím ročníku víceletých gymnázií) je probírán atmosférický tlak (včetně základní informace o jeho závislosti na nadmořské výšce), atmosféra Země a rovněž další významné meteorologické prvky jako jsou srážky, oblačnost, teplota vzduchu apod. Poměrně podrobně je toto téma zpracováno např. v učebnici [2]. Na střední škole je pak typicky ve druhém ročníku věnována určitá pozornost tématu Vodní pára v atmosféře, které je v hojně používané gymnaziální učebnici Molekulová fyzika a termika [3] zařazeno na samotném konci závěrečné kapitoly o změnách skupenství. Studenti se zde seznamují s definicí absolutní a relativní vlhkosti a rovněž s problematikou rosného bodu. Určitá pozornost byla věnována systematizaci základních poznatků z meteorologie a klimatologie a návrhu jejich zařazení do výuky na ZŠ [4] a rovněž související problematice environmentální fyziky, kde byl diskutován především vliv koncentrace oxidu uhličitého na teplotu Země [5]. I tak je však možné říci, že meteorologie stojí dosud spíše na okraji školské fyziky, ačkoliv by si toto téma vzhledem ke svému praktickému významu zasloužilo náležitou pozornost. Cílem tohoto příspěvku však není ani tak analyzovat možnosti začlenění meteorologie do výuky fyziky jako spíše představit dvě netradiční výukové aktivity využívající meteorologické mapy k zatraktivnění výuky v obou výše uvedených tématech, kde se meteorologie ve fyzice typicky objevuje.

Vývoj počasí a atmosférický tlak (aktivita pro žáky ZŠ)

V rámci této aktivity realizované v sekundě osmiletého gymnázia v Plzni v rámci dvou cvičení z fyziky (pokaždé s jinou polovinou třídy) obdržel každý žák sadu meteorologických map stažených z webu <http://pr-asv.chmi.cz/synopy-map/> provozovaného Českým hydrometeorologickým ústavem a udávajících aktuální stav počasí na území ČR. Tato sada zahrnovala vedle přehledové mapy meteorologických stanic a odpovídajících nadmořských výšek rovněž mapu aktuálních teplot, atmosférických tlaků přepočtených na hladinu moře a pokrytí oblohy oblačností. Každý z žáků dostal tyto údaje pro jinou hodinu v rámci jednoho dne a měl na přehledové mapě zakroužkovanou jednu konkrétní stanicí. Současně byly dětem rozdány pracovní listy s tabulkou, jejíž podoba je uvedena níže (Tabulka 1). Jejich úkolem bylo v prvním kroku pro zadanou meteorologickou stanicí získat od svých spolužáků údaje pro různé hodiny tak, aby mohly vyplnit příslušné údaje v tabulce.

Tabulka 1: Tabulka zachycující vývoj počasí během dne (součást pracovního listu)

Čas měření	Teplota (°C)	Tlak přepočtený na hladinu moře (hPa)	Tlak skutečný (hPa)	Pokrytí oblohy oblačností (stupnice 0–8)
10:00 SELČ				
11:00 SELČ				
12:00 SELČ				
13:00 SELČ				
14:00 SELČ				
15:00 SELČ				
16:00 SELČ				
17:00 SELČ				
18:00 SELČ				
19:00 SELČ				
20:00 SELČ				

V dalším kroku bylo třeba pomocí jednoduchého vztahu $p_s = p_0 - \frac{h}{8,3}$, kde h je nadmořská výška v metrech, p_0 je přepočtený tlak na hladinu moře udaný v hektopascalech a p_s je skutečný tlak rovněž v hektopascalech, přepočítat údaje pro zadanou stanicí a získat skutečný tlak, jenž byl pochopitelně vždy menší než hodnoty vztažené na hladinu moře a uvedené v mapě. K dalším úkolům patřilo procvičení převodů jednotek tlaku (z hektopascalů na pascaly a kilopascaly) a sestrojení grafu udávajícího vývoj tlaku či teploty během dne. Tvořivé myšlení žáků poté bylo rozvíjeno úkolem zaměřeným na nakreslení miniseriálu zobrazujícího vývoj počasí na dané meteorolo-

gické stanici během dne. Procvičeno bylo rovněž vyjadřování pokrytí oblohy oblačností na stupnici 0–8, které je v meteorologii běžně užíváno a jeho souvislost s dobře známými pojmy jako je polojasno, oblačno apod.

Celou aktivitu bylo možné v počtu cca 15 žáků bez větších problémů zvládnout během jediné vyučovací hodiny. Rozbor pracovních listů vybraných na konci hodiny přinesl následující základní poznatky:

- Naprostá většina žáků bez problému pochopila zadání a dokázala vyplnit pracovní list bez podstatnějších chyb. Až překvapivě rychle se podařilo shromáždit dětem všechny potřebné údaje od spolužáků, ačkoliv tato fáze vyžadovala určitou koordinaci a týmovou spolupráci. Problémy občas dělal přepočet tlaku pomocí výše uvedeného vzorce a rovněž převody jednotek, což asi není překvapivé.
- Zajímavý byl rozbor kreseb udávajících vývoj počasí během dne. Zde samozřejmě hrálo roli to, o jakou konkrétní stanici se jednalo, protože někde docházelo k velmi dramatickým změnám (typicky slunečné ráno a dopoledne vystřídané nástupem silných bouřek v odpoledních hodinách), zatímco jinde se počasí tak výrazně neměnilo. Rovněž výtvarný um a míra propracovanosti obrázků byla pochopitelně různorodá. Celkově však řada žáků dokázala poměrně dobře využít maximum dostupných údajů včetně charakteristiky stanice z hlediska nadmořské výšky apod.
- U kreseb vývoje počasí nikdo z žáků nezohlednil pohyb slunce po obloze během dne a všichni, jichž se to týkalo, jej kreslili stále na jedno místo typicky velmi vysoko nad obzor. To ukazuje, že žáci vnímají slunce v daném kontextu pouze jako symbol, jehož poloha je nepodstatná, a nikoliv jako nebeský objekt, jenž se po obloze pohybuje v závislosti na denní a roční době. Zde je tedy určitě potřeba na tyto souvislosti žáky znovu upozornit.

Relativní vlhkost vzduchu a rosný bod (aktivita pro studenty SŠ)

Při výuce daného tématu realizované v červnu 2016 ve třídě 2.B Masarykova gymnázia Plzeň jsme studentům nejprve rozdali tabulky syté páry společně s několika klasickými úkoly postupně rostoucí obtížnosti (od jednoduchých úloh na základní orientaci v tabulce syté páry a určování rosného bodu až po výpočty pomocí stavové rovnice a určení množství vody, která zkondenzovala při daném poklesu teploty).

Po vyložení teorie studenti úlohy samostatně řešili s tím, že vyučující jejich práci průběžně kontroloval a opravoval chyby. Tyto činnosti zabraly dohromady necelé dvě vyučovací hodiny. Následně byl studentům rozdan pracovní list obsahující několik meteorologických map stažených opět z webu Českého hydrometeorologického ústavu <http://pr-asv.chmi.cz/synopy-map/> a úkolů, které měli splnit. Pro porovnání byla vytvořena dvě různá zadání (A a B), která se lišila tím, jaké konkrétní mapy byly uvedeny. V prvním případě šlo o mapy aktuální teploty, relativní vlhkosti vzduchu a pokrytí oblohy oblačností, v případě druhém o relativní vlhkost vzduchu, rosný bod a opět pokrytí oblohy oblačností. Zadání úkolu zahrnovalo v případě skupiny A stanovení tlaku vodních par v atmosféře pomocí tabulek, určení rosného bodu a následně výpočet hustoty

vodních par pomocí stavové rovnice ideálního plynu (ačkoliv sytá pára samozřejmě není ideálním plynem, pro výpočty ohledně vodní páry v atmosféře je tato rovnice běžně užívána a shoda je lepší než 1 %, o čemž se studenti měli možnost v předchozím procvičování přesvědčit). V případě B bylo vedle tlaku vodních par nutné určit aktuální teplotu a opět hustotu vodních par. Dále bylo úkolem studentů pro zadanou stanici, jejíž jméno nebylo z mapy patrné, uvést město, které se nachází v její blízkosti a rovněž zakreslit, jak si představují stav počasí v daném čase na daném místě. Časová náročnost úkolů byla stanovena na 20 minut.

V čem spočívá tvořivý potenciál daného zadání? Vedle vysoce netradičního pojetí využívajícího ve fyzice nezvyklý materiál (meteorologickou mapu, v níž měl každý student vyznačenu konkrétní stanici, pro níž úkoly plnil) a mezioborové souvislosti s geografii (určení blízkého města z obrysu mapy) se zde uplatňuje i požadavek na kreativitu při zakreslování studentovy představy o stavu počasí v daném čase na daném místě. Zde se nabízí možnost hodnotit výtvořiny studentů z hlediska plynulosti (celkového počtu relevantních objektů objevujících se na obrázku), flexibility (počtu různých přístupů využitých při zakreslení situace – bylo možné zohlednit nejméně 5 kritérií, k nimž měli studenti informace: čas měření, poloha měřicí stanice, oblačnost, teplota a vlhkost) i originality (odlišnosti od ostatních), což jsou kritéria užívaná zpravidla v literatuře při hodnocení tvořivosti ve vědě [6].

Vyhodnocení vyplněných pracovních listů (celkem 27 respondentů, 14 s variantou A, 13 s variantou B) přineslo následující základní poznatky:

- Zatímco ve skupině A byla úspěšnost „čistě fyzikálních úkolů“ poměrně vysoká (cca 60 %), ve skupině B, kde bylo třeba pracovat se zadaným rosným bodem a dopočítávat teplotu, nepřekročila ani zdaleka 20 %. Studenti přitom často spočítali teplotu vzduchu nižší než je rosný bod, což je fyzikální nesmysl. Rovněž se často snažili využít při výpočtech rosného bodu trojčlenku, ačkoliv byli vícekrát upozorněni na to, že příslušné závislosti jsou nelineární a je třeba pracovat s příslušnými tabulkami.
- Při výpočtech s užitím stavové rovnice ideálního plynu studenti poměrně často (zhruba jedna třetina z těch, kteří vůbec nějaký výpočet provedli) dosazovali do této rovnice ve stupních Celsia místo v Kelvinech, ačkoliv byli na nutnost dosazení ve správných jednotkách upozorňováni mnohokrát jak při původním výkladu této rovnice, tak i při procvičení daného tematického celku. Celsiova teplotní stupnice je tak zjevně u studentů zažitá natolik, že se od ní velmi těžko oprošťují i v případech, kdy je její užití zcela nesmyslné. Bude tak třeba klást větší důraz na vysvětlení jejího podřadného významu ve fyzice (v porovnání s termodynamickou stupnicí).
- Studenti prokázali poměrně dobré znalosti geografie ČR, když většina z nich uvedla město ve vzdálenosti do cca 30 km od uvedené stanice.
- Analýza grafických výtvořů studentů ukázala, že většina z nich se z hlediska rozmanitosti v přístupu omezila pouze na jedno z pěti možných kritérií, a to na pokrytí oblohy oblačností. Teplotu zohlednilo jen minimum studentů (typicky

formou teploměru se zakreslenou hodnotou), vlhkost vzduchu zohlednil poté nějakým způsobem jediný student, který zakreslil rosu na stanici, kde byla zaznamenána 100procentní relativní vlhkost. Studenti při zakreslení vůbec nevyužili dostupnou informaci o čase, když slunce zakreslovali mnohdy velmi vysoko nad obzor, ačkoliv údaje byly ze sedmé hodiny ranní. Nikdo nezohlednil při zakreslování ani to, zda se stanice nachází v nížině či v horských oblastech, ačkoliv v některých případech byl obrázek doplněn textem, že se daná stanice nachází např. v Jizerských horách či Beskydech.

Celkově je možné konstatovat, že studenti se nezvyklého a poměrně obtížného úkolu zhostili relativně dobře. Při kreslení jejich představy počasí v daném čase na stanoveném místě možná sehrálo negativní roli to, že byli uvedeným zadáním v hodinách fyziky (kde se kreslí za normálních okolností pouze grafy a technická schémata) překvapeni a mysleli si, že příliš "odvážné" kresby by mohly být vnímány vzhledem k povaze předmětu negativně. Je proto třeba studentům vysvětlit, že vytvoření si (a následné zakreslení) relevantní představy o situaci na základě zadaných dat a znalosti příslušné problematiky je přínosné i v exaktních vědách jako je třeba právě fyzika. Přínos uvedené aktivity spatřujeme mimo jiné i v tom, že je díky ní možné znovu procvičit stavovou rovnici ideálního plynu, a to s odstupem několika měsíců po jejím prvotním probrání.

Závěr

Prezentovaný příspěvek představuje dvě nezvyklé aktivity využívající meteorologické mapy k tvořivé výuce fyziky. Ověření těchto aktivit formou didaktického experimentu ukázalo, že se jedná o zajímavé zpestření příslušných hodin fyziky a obě činnosti mají potenciál přispět ke zlepšení znalostí studentů. Určitě je možné uvedené aktivity dále vylepšovat a upravovat podle aktuální potřeby.

Literatura

- [1] TRTKOVÁ, J. *Výuka věd o atmosféře v rámci zeměpisu*. Bakalářská práce, Univerzita Karlova v Praze, 2012.
- [2] RAUNER, K., et al. *Fyzika 7: učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia*. 1. vyd. Plzeň: Fraus, 2005. ISBN 80-7238-431-7.
- [3] BARTUŠKA, K., & SVOBODA, E. *Fyzika pro gymnázia – Molekulová fyzika a termika*. 5. vyd. Praha: Prometheus, 2004. ISBN 978-80-7196-383-7.
- [4] MILÉŘ, T. *Meteorologie a klima ve výuce fyzice na základní škole*. Disertační práce, Masarykova univerzita v Brně, 2012.
- [5] ŠVECOVÁ, L., & MECHLOVÁ, E. *Jak souvisí CO₂ s teplotou na Zemi?*, Matematika-fyzika-informatika. 2014, 23(4), 295-301.
- [6] HU, W., ADEY, P. *A scientific creativity test for secondary school students*, International Journal of Science Education. 2002, 24(4), 389-403.

Problémové úlohy FYKOSu

KAREL KOLÁŘ A KOL.

Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova, Praha

Co by se stalo, kdyby se zmenšila rychlost světla na 1 000 kilometrů za hodinu? Topí víc metro, nebo lidé v jeho prostorech? Co třeba navrhnout konstrukci světelného meče? Nebo co by se stalo, kdybychom měli malou černou díru, která by procházela Zemí? Toto a mnohé další jsou problémové úlohy FYKOSu. Zmíníme si stručná řešení těchto úloh, kde najít jejich autorská řešení a že určitě má smysl, aby se středoškoláci zamýšleli nad komplexními problémy a snažili se je řešit.

Stručně o FYKOSu a jeho úlohách obecně

FYKOS je zkratka, kterou používá Fyzikální korespondenční seminář Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy v Praze. Je korespondenční soutěží pro středoškoláky, jejíž nejlepší řešitelé jsou zvaní dvakrát ročně na soustředění. Dále také skupina stejných organizátorů připravuje další soutěže a aktivity jako FYKOSí Fyziklání, Fyziklání online, Den s experimentální fyzikou, přednášky a další. Aktuální informace o semináři můžete nalézt na jeho webu [1] a prezentace a texty o něm pak na [2].

V posledních letech má FYKOS vždy 6 sérií ročně s 8 úlohami. Na řešení úloh mají účastníci vždy zhruba měsíc. Úlohy mohou odevzdávat jak poštou, tak přes elektronické odevzdávací na webu. Po uzavření termínu série organizátoři účastníkům odevzdané úlohy opraví a pošlou jim je zpět s komentáři. Současně se také zveřejňují vzorová řešení. Archiv úloh ([3] či [4]) může sloužit jako inspirace pro učitele pro výuku, zejména ve fyzikálních seminářích vzhledem k tomu, že obvykle jsou úlohy FYKOSu komplikovanější než běžné úlohy z hodin fyziky.

Úlohy FYKOS dělí do několika typů – „jednoduché“ (2 v sérii), „normální“ (3 v sérii), „problémové“, experimentální a „seriálové“. I jednoduché úlohy jsou obvykle jiného rázu než učebnicové úlohy z hodin fyziky, ale měli by je zvládnout i šikovní žáci 1. ročníků SŠ. Experimentální úlohy jako jediné požadují provedení experimentu. Normální úlohy mohou být již komplikovanější a někdy vyžadují použití diferenciálního počtu, nějakých odhadů či numerických simulací. Seriálové úlohy jsou vázány k seriálovému textu, který je vydáván společně se zadáním série. Seriál se obvykle v průběhu jednoho ročníku FYKOSu věnuje jednomu fyzikálnímu oboru, který se pobírá.

Problémové úlohy, jak název napovídá, jsou trochu problémové. Někdy se jedná o otevřené fyzikální problémy, jindy jde o otázky, jak by se změnil svět, kdyby se změnila částečně fyzika, někdy jde o komplexnější úlohu vyžadující více odhadů. Nedá se úplně říci, že by tyto úlohy byly vždy stejného stylu. Článek přináší ukázky 5 vybraných problémových úloh a spíše než celá řešení takovou upoutávku na ně. Dodejme, že ani autorská řešení nemohou být vždy vyčerpávající už kvůli tomu, že k některým úlohám dá přistupovat z různých hledisek a některé

Ukázky problémových úloh

Co kdyby se snížila rychlost světla? (úloha 27-I-P [5])

Zadání: Jaký by byl svět, ve kterém by byly stejné hodnoty fundamentálních fyzikálních konstant, jenom rychlost světla by byla pouze $c = 1\,000 \text{ km} \cdot \text{hod}^{-1}$? Jaký by byl takový svět pro život na Zemi, život lidí? A bylo by vůbec možné, aby v takovém světě existovali lidé?

Nástin řešení: Ve zkratce – svět by nemohl existovat tak, jak ho známe. Drobný problém je už v tom, které fyzikální konstanty budeme považovat za fundamentální, protože například permitivita a permeabilita vakua jsou spojeny s rychlostí světla vztahem $1/c^2 = \varepsilon_0 \mu_0$. Musela by se tedy změnit buď permitivita nebo permeability nebo obě konstanty.

Důležité na této úloze je uvědomit si, že je mnoho fyzikálních jevů, které se nás přímo týká a přitom se jejich rychlosti blíží této nové rychlosti světla či ji přesahují. Například po jízdě autem po dálnici bychom již zvládli změřit dilataci času obyčejnými stopkami. Země obíhá v současné době Slunce rychlostí zhruba $30 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$, což je více než osminásobek uvažované rychlosti světla. Sluneční soustava by tedy musela vypadat jinak.

Problémy by nebyly jenom v makrosvětě, ale i v mikrosvětě – elektrony kolem jader obíhají

Hřeje více metro, nebo lidé v něm? (úloha 29-V-P [6])

Zadání: Jak všichni víme, v jeskyních střední Evropy je docela zima, okolo $4 \text{ }^\circ\text{C}$. Proč je v metru docela teplo celý rok? Uvolňuje se více tepla z přítomných lidí, nebo spíše z technického zázemí?

Nástin řešení: Tato úloha je jednou z těch praktičtějších. Je vlastně otázkou, kterou by si mohl klást každý, kdo jezdí metrem. Ukazuje se, že z toho, jak vysokou má metro spotřebu elektrické energie, je celková teplota v tunelech určena zejména právě disipací této energie. Nárůst teploty z lidí může převažovat zejména ve vozech metra.

Jak navrhnout konstrukci světelného meče? (úloha 25-V-P [7])

Zadání: Navrhněte konstrukci světelného meče, aby byl sestrojitelný za současného poznání vědy a techniky a přitom vypadal i fungoval podobně, jako ten autentický ze Star Wars.

Nástin řešení: Konstrukce světelného meče z dnešního hlediska spíše spadá do kategorie sci-fi. Proč? Jednak není možné, aby to byl opravdu konečný laserový paprsek. Laser by musel mít minimálně nějaké zrcátko. Ovšem skutečný laserový meč by pak asi nefungoval jako bodná zbraň, ale to by podle filmů měl. Dále také by souboje se světelnými meči nebyly tak divácky atraktivní, protože by buď skrz sebe prošly, nebo by si pravděpodobně odřízly zrcátko. Kdybychom trvali na laseru, tak bychom ke světelnému meči, jak ho známe z filmů, nedošli.

Zkusme zvážit tedy nějakou jinou možnost – třeba plasmu. Kdyby byla plazma generována ze vzduchu přiváděnému rukojetí a distribuována do stran skrz keramickou stahovatelnou trubku s dírami po stranách, pak bychom mohli dosáhnout něčeho velice podobného světelnému meči z filmů. Nicméně problémem jsou materiály i energie. Keramika by jednak musela vydržet velké teploty a současně by musela vydržet i nárazy ze soubojů. V rukojeti by musela být baterie nebo nějaký zdroj energie, který by byl o výkonu jak menší elektrárna.

Takže zatím to nevypadá, že by někdo něco takového v nejbližší době vyvinul. Ale co víme o budoucnosti? To, jak se rozšíří internet a mobilní telefony, by nikdo před padesáti lety nečekal. I když v tomto případě máme, dle současné fyziky, určité pochybnosti, že se toho dosáhne.

Co kdyby na Zemi byla malá černá díra? (úloha 29-III-P [8])

Zadání: Lukáš posiloval a povedlo se mu vyrobit černou díru o hmotnosti 1 kg. Protože nemá úplně v lásce kvantovou teorii pole na křivém pozadí, tak jeho díra nic nevyzařuje. Lukáš tuto díru upustí a ona začne kmitat uvnitř Země. Zkuste odhadnout, za jak dlouho se hmotnost díry zdvojnásobí. Je nebezpečné si doma pokoutně vyrábět černé díry?

Nástin řešení: Hned odhadem velikosti černé díry výpočtem Schwarzschildova poloměru zjistíme, že její poloměr je $r_g = \frac{2GM}{c^2} = 1,5 \cdot 10^{-27}$ m, což je řádově menší, než poloměr jádra atomu, který má rozměr řádově 10^{-15} m. Takto malá černá díra by se měla kvůli Hawkingově záření vypařit velice rychle, ale to máme zanedbat.

Naše černá díra není ani tak hmotná, aby vytrhla jádro z krystalické mřížky, pokud jím přímo neprolétá. Kdybychom ji vypustili na Zemi, tak by pravděpodobně začala kmitat skrz zemské jádro s periodou 42 minut. V průběhu jednoho takového průletu by sice nějaká atomová jádra „zkonzumovala“, ale řádově velice malý počet vůči její hmotnosti. Aby svou hmotnost zdvojnásobila, pak by to trvalo pravděpodobně dobu výrazně delší, než je v současnosti odhadované stáří vesmíru. Pravděpodobně bychom si tedy takové černé díry nikdy nevšimli.

Fyzikální kritika pohádky Mrazík (úloha 26-VI-P [9])

Zadání: V pohádce Mrazík vyhodil Ivan loupežníkům kyje do takové výšky, že spadly až za půl roku. Jak vysoko by je musel vyhodit, aby dopadly za takovou dobu? Vytvořte první a druhý hrubý odhad. Zdůvodněte, proč jsou tyto odhady nejspíš řádově špatné. Co jste všechno zanedbali? Z jakých důvodů je celkově nesmyslné, aby kyje dopadly na prakticky stejné místo po půl roce? Nebraňte se proudu kritiky na tuto klasickou pohádku!

Nástin řešení: Hned úvodem bychom mohli říct, že je to nesmysl. Ale chceme toto tvrzení podložit nějakými pádnými argumenty. První z nich může být, že když „zkusíme“ aproximaci v homogenním poli, tak dojdeme k tomu, že výška vrhu by byla nesmyslně vysoká a tato aproximace nefunguje. Musíme tedy odhadnout výšku vrhu např. z Keplerových zákonů. Tak dojdeme k tomu, že by kyje musely být vyhozeny

téměř únikovou rychlostí. A to jsme zatím neuvážili atmosféru. Když ji uvážíme a uvážíme, že jde o dřevo, tak kyje shoří. Pokud bychom uvažovali nehořlavé (netavící se a nevypařující se dokonale tuhé kyje), tak i tak bude mít Ivan problém kyje hodit. Tedy on je bude mít problém hodit, i kdyby atmosféra nebyla. Musel by totiž dosáhnout astronomicky vysokého zrychlení na té krátké dráze, po které kyje mohl urychlovat.

Slovo závěrem

Podrobnější autorská řešení naleznete na webu v odkazech uvedených v literatuře.

Organizátoři FYKOSu budou rádi, když budete šířit informaci o tom, že se středoškoláci (či hodně nadaní základoškoláci) mohou řešit naše úlohy. Také nás potěší, pokud budete využívat náš web jako zdroj úloh či nám naopak zašlete nějaké návrhy na úlohy mailem.

Literatura

- [1] Organizátoři FYKOSu. *Hlavní stránka FYKOSu*. Dostupné z: <http://fykos.cz/>
- [2] Organizátoři FYKOSu. *Prezentace, texty a články o FYKOSu*
<https://fykos.cz/prezentace>
- [3] Organizátoři FYKOSu. *Vyhledávání v zadání úloh*.
Dostupné z: <http://fykos.cz/ulohy/vyhledavani>
- [4] Organizátoři FYKOSu. *Archiv zadání a ročenek*.
Dostupné z: <http://fykos.cz/ulohy/archiv>
- [5] Jakub Kocák. *Vzorové řešení úlohy 27-I-P „rychlost světla“*.
Dostupné z: <http://fykos.cz/rocnik27/reseni/reseni1-5.pdf>
- [6] Miroslav Hanzelka. *Vzorové řešení úlohy 29-V-P: „metrová“*.
Dostupné z: <http://fykos.cz/rocnik29/reseni/reseni5-5.pdf>
- [7] Karel Kolář. *Vzorové řešení úlohy 25-V-P: „světelný meč“*.
Dostupné z: <http://fykos.cz/rocnik25/reseni/reseni5-5.pdf>
- [8] Lukáš Ledvina. *Vzorové řešení úlohy 29-III-P: „Lukášova díra“*.
Dostupné z: <http://fykos.cz/rocnik29/reseni/reseni3-5.pdf>
- [9] Karel Kolář. *Vzorové řešení úlohy 26-VI-P: „Mrazík“*.
Dostupné z: <http://fykos.cz/rocnik26/reseni/reseni4-5.pdf>

Leidenfrostův jev

PAVEL KONEČNÝ

Ústav fyzikální elektroniky PřF MU

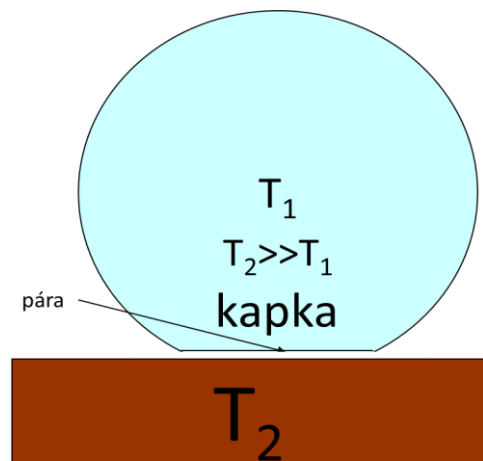
Letos uplyne kulatých 260 lety od vydání traktátu *De aquæ communis nonnullis qualitatibus tractatus* [1] ve kterém jeho autor Johann Gottlob Leidenfrost popsal jev, jehož podstata spočívá v tom, že kapalina s určitým bodem varu vytváří ze svých par na rozhraní s mnohem teplejším povrchem souvislou separační vrstvu. Tento jev známý jako Leidenfrostův jev má praktický význam u varných kotlů, kapalinových chladičů, ale také v sacím traktu benzínových motorů. K příležitosti tohoto výročí bude v následujícím příspěvku připomenut jeden poměrně spektakulární demonstrační experiment.

Leidenfrostův-Boerhaavenův jev

Málokterý objev je pojmenován po svém prvním objeviteli. Leidenfrostův jev není výjimkou. Byl popsán už v knize *Elementa Chemiae* [2] z roku 1732, jejímž autorem je holandský lékař, botanik a chemik Herman (Hermannus) Boerhave. Známe Leidenfrostův nikoliv Boerhaavenův jev, přes to, že Herman Boerhaaven nebyl ve své době neznámý vědec, naopak, byl velmi slavný a vlivný, vynikající pedagog, jehož žáci se stali oporou mnohých světových univerzit a jeho *Elementa chemiae* se dočkala mnoha vydání i brzkého překladu do angličtiny [3]. Jak proces objevování funguje a jak to vlastně je s vědeckou prioritou a pojmenovávání objevů, zajímavě pojednává například Stigler [4].

Několik poznámek k fyzice Leidenfrostova jevu

Fyzika Leidenfrostova jevu je popsána například v [5]. Její podrobnější rozbor není předmětem tohoto článku. Omezíme-li se na kvalitativní stránku věci, je intuitivně zřejmé, že kapalina nemůže smáčet povrch, který je mnohem teplejší, než její bod varu. Pokles tepelného příkonu souvisí se vznikem souvislé separační vrstvy plynu, protože plyn je dobrý tepelný izolátor. Teplotě odpovídající minimálnímu tepelnému příkonu se říká Leidenfrostova teplota. S dalším zvyšováním teploty přestup tepla pouze mírně roste, protože větší přestup tepla znamená víc vznikající páry a tedy silnější separační vrstvu, která lépe izoluje. Při vysokých teplotách hraje roli také radiace, ale ne každá kapalina tepelné záření absorbuje, například čistý kapalný dusík je pro tepelné záření průhledný a tedy radiální složka odpar kapky dusíku nezvyšuje.



Obr. 1. Leidenfrostův jev

Pokud je kapaliny tak malé množství, že vytvoří téměř kulovitou kapičku, je vzniklý tvar velmi podobný kapičce na ultra hydrofobním povrchu, viz obr. 2. U větších zploštělých kapek to tak úplně neplatí. Dokonce za určitých okolností oscilují v pravidelných módech, viz obr. 3. Ještě větší leydenfrostovsky levitující kapky jsou zcela nestabilní.

Fyzika separační Leidenfrostovy vrstvy je komplikovaná. Proudění vyvíjené páry má u pevného povrchu okrajovou podmínku $v = 0$, ne však u přilehlé kapaliny. V kapce se navíc v případě teplotní diference horní a spodní části hladiny vyvine tzv. Marangoniho proudění viz [5] str. 201. Síla separační vrstvy není všude stejná a v případě velmi velkého rozdílu teplot, se projeví závislost viskozity plynů na druhé odmocnině absolutní teploty.

Příklady komplikované povahy Leidenfrostova jevu

Leidenfrostova teplota záleží nejen na kapalině, ale i na vlastnostech povrchu. Například na antiadhezivním povrchu kuchyňské pánve je pro alkohol vyšší než pro vodu. Zatímco kapky alkoholu stále vaří, voda už začíná vytvářet kuličky. Na hliníkovém rubu téže pánve je naopak Leidenfrostova teplota pro vodu vyšší, jak by bylo možné očekávat vzhledem k nižšímu bodu varu etylalkoholu. Etylalkohol už tvoří kuličky, zatímco kapky vody stále vaří.



Obr. 2. Kapky vody na hydrofobní pánvi



Obr. 3. Kmitající kapka vody na ocelové pánvi

Experiment s ponořením ruky do roztaveného kovu

Jedná se o celkem atraktivní experiment, při kterém Leidenfrostův jev ochrání kůži před spálením při mžikovém ponoru ruky do taveniny o teplotě několik set stupňů Celsia. S tímto pokusem souvisí řada fyzikálních otázek, na jejichž správném zodpovězení je zejména samotný experimentátor silně motivován a které lze s auditoriem poměrně emotivně diskutovat.

Příklad otázek k diskusi k experimentu s ponorem ruky do olova

1. Je bezpečnější mít lázeň kapalného kovu co nejbliž Leidenfrostově teplotě ochranné kapaliny, v případě vody 220 °C, tedy co nejnižší? Nebo je pro bezpečnou teplotu jiné kritérium?
2. O kolik by měla být teplota taveniny při experimentu vyšší, než je její bod tání? Na jakých vlastnostech taveniny a parametrech experimentu tento interval závisí? Nebo je to víceméně jedno a záleží hlavně na tom, aby byl kov kapalný?

3. Má-li být ruka chráněna filmem vodní páry, znamená to, že je vystavena teplotě 100 °C, protože to je teplota vodní páry za normálního tlaku? Nebo bude tato teplota vyšší nebo nižší?
4. Znamená to, že se stejným teplotním komfortem by mělo být možné stejně rychle a hluboko zanořit ruku i do vařící vody?
5. Jaká jsou fyzikální kritéria pro taveninu? Například tepelná kapacita, skupenské teplo, tepelná vodivost?
6. Jaká jsou fyzikální kritéria pro ochrannou kapalinu? Například bod varu skupenské teplo výparné.
7. Pomůže „prodloužit“ komfortní dobu ponoru do taveniny předchlazení povrchu kůže v ledové tříšti?
8. Lze bleskovým dochlazením ruky v ledové tříšti „prodloužit“ komfortní dobu ponoru do taveniny?
9. A jedna „neurofyziologická“ otázka: lze spoléhat na vněm teploty či signál bolesti jako na signál pro vytažení ruky z olova?

Kromě této fyzikální stránky experimentu je zde ještě bezpečnostní a technická stránka věci. Její vyčerpávající diskuze je mimo téma tohoto článku. Je třeba zdůraznit, že článek není v žádném případě návodem k tomuto experimentu. Pokus lze doporučit jen zkušenému experimentátorovi, který příslušnou problematiku teoreticky i experimentálně ovládá a ví sám, co a jak je třeba udělat, čili má to tak říkajíc z vlastní hlavy.

Jako materiál taveniny se v literatuře uvádí téměř výhradně olovo. Podobné vlastnosti má například cín, nebo bismut viz tab. 1. V cenách z roku 2016 pro odběrová množství v desítkách kg je nejlevnější olovo, cca 50 Kč/kg bez DPH. Cín je přibližně 10x dražší bismut 20x. Cín je méně jedovatý a má mnohem nižší tenzi par, bismut má nevýhodu v malé tepelné vodivosti, a poměrně velké tenzi par, dle zkušenosti autora také podstatně víc oxiduje, je však nejméně toxický. Olovo je naopak toxické a je třeba s tím podle toho zacházet. Jsou-li nějaké jiné důvody, než finanční, proč by byl například cín méně vhodný, není autorovi známo.

	Hus- tota $\rho \cdot 10^{-3}$ kg m ⁻³	Bod tání t_l °C	Bod varu t_g °C	Skupen- ské teplo tání l kJ/kg	měrné teplo c Jkg ⁻¹ K ⁻¹	Tepelná vodivost Wm ⁻¹ K ⁻¹	Tenze par při teplotě T = 500 °C Pa
Olovo	11,34	327,5	1749	23,04	129	35,3	2,3 10 ⁻³
Cín	7,27	231,9	2602	59,22	228	66,8	2,7 10 ⁻¹⁰
Bis- mut	9,78	271,5	1564	54,07	112	7,97	3,6 10 ⁻³

Tab. 1

Poznámky k vybraným otázkám

Ad. 1. Roseův kov (směs 50 % bismutu, 25 % olova a 25 % cínu, bod tání 96–98 °C) by umožnil snížit teplotu taveniny až k Leidenforstově teplotě, což je pro vodu asi 220 C, ale je otázka, jestli je to dobře. 220 °C je ještě dostatečně vysoká teplota pro vznik popáleniny a teplota, při které ještě může voda existovat v metastabilním stavu. Například v mikrovlnce ve skleněné kádince lze relativně snadno přehřát vodu cca na 108 °C, do stabilního stavu pak přechází výbuchem. Experimentálně naměřená střední doba života metastabilního stavu vody o objemu 1 mm³ a teplotě 250 °C při normálním tlaku je podle [6] asi 1 s, (teoretická mez asi 327 °C). Pravděpodobnost, že by voda vnesená do kapalného kovu přešla do metastabilního kapalného stavu a krátce v něm setrvala, je malá. Pokud by k tomu ale došlo, byl by průběh experimentu neočekávaný. Zajímavá je zkušenost, že i roztavené olovo se docela nepříjemně rozstříkuje, pokud je do něj vnesena i jen malá kapka vody i přes to, že má teplotu tání bezpečně nad teplotou maximálního možného přehřátí vody.

Ad. 2. Pro úspěšný průběh pokusu je nutné zajistit, aby za žádných okolností kov na ruce nezuhnul. Vzniklá rukavice by měla totiž teplotu tuhnutí olova tj. 327 °C. Podle [7] je bezpečná teplota vyšší než 400 °C. Přitom vzhledem k tenzi par je naopak žádoucí toxické olovo zahřívát co nejméně. Autor článku raději nešel pod 440 °C a se zajištěným odtažením exhalací vyzkoušel maximum na něco přes 600 °C, pocitově bez jakéhokoliv problému.

Ad. 4. Při tomto experimentu nehraje roli jen Leidenfrostův jev, ale také hydrodynamika. Jak je vidět na obr. 6, a 8, olovo ponořovaný prst neobtéká, ale dynamicky se rozestoupí. V první fázi je tedy v kontaktu jen se špičkou prstu. Z fotografického záznamu procesu dále plyne, že vzniklá dutina kolabuje patrně rychleji, než je možné s prstem ucuknout, viz obr. 7. Kontakt není tedy časově omezen jen na ponořovací etapu, ale plně exponovány jsou hlavně špičky prstu/prstů. Ponor ruky do vařící vody,



Obr. 4. Teplota olova měřená ponorným teploměrem



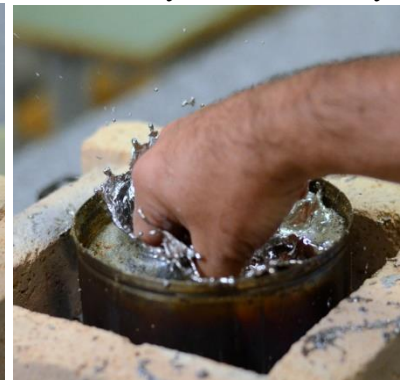
Obr. 5. Údaj infračerveného teploměru pro olovo o teplotě dle obr. 4



Obr. 8. Ponor



Obr. 7. Ucuknutí



Obr. 6. Ponor všech pěti prstů

což by teoreticky mělo probíhat při stejné teplotě, není zdaleka pocitově totéž. Má-li být teplotní komfort podobný, jako s olovem, je třeba ruku předtím ochladit v ledové vodě a z vařící vody se bleskově do ledu zase vrátit.

Ad. 5. Jak lze demonstrovat pomocí infračerveného teploměru viz obr. 5, kapalné olovo jako kov, tj. pokud není pokryto silnou vrstvou oxidu, má poměrně nízkou emisivitu. Proto nepřenáší na ponořenou ruku zářením žádný podstatný tepelný příkon ani při hodně vysokých teplotách.

Ad. 6. Jako ochranná lázeň se osvědčila směs vody a lihu v poměru 40 dílů lihu 60 dílů vody. Snižuje se tím teplota potřebná pro vznik plynného filmu. Samotný líh jako hořlavinu nelze doporučit

Ad 7., 8. Je zajímavé, že předchlazením povrchu ruky v ledu se skutečně vytvoří teplotní náskok, který stačí k tomu, aby pocitově vyšel ponor mnohem lépe. Stejně tak okamžité ponoření ruky do ledové tříště tepelný komfort zvyšuje. Při diskusi lze odkázat na problematiku relaxačních dob při měření teploty a na školské experimenty s teplotní vodivostí.

Poznámky k uspořádání experimentu

Jako tyglík sloužil nerezový ešus o objemu cca 1,5 l viz obr. 4 až 8. Bez tepelné izolace nebylo možné obyčejným kahanem olovo vůbec roztavit, ale po obestavení magnéziovými cihlami k tomu stačil překvapivě malý plamen, viz obr 9. Odpar olova omezovala plechová poklička, oxidaci zásyp dřevěným uhlím. Exhalace byly nuceně odsávány. Celá sestava byla pro případ úniku olova postavena do velké sběrné plechové nádoby. (Olovo je velmi dobře tekuté, „cáká“ proniká i hustou textilií, může zapálit hořlavé materiály s nízkým bodem vzplanutí, může také protavit elektrickou izolaci atd.). Obličej si experimentátor chránil standardním chemickým štítem. Vedle tyglíku s olovem byla připravena větší nádoba s vodou a ledovou tříští.



Obr. 9. Sestava k hřevu olova

Literatura

- [1] Leidenfrost, Johan Gottlob. *De aquæ communis nonnullis qualitatibus tractatus*. Hermanni Ovenni, Univers. bibliopolæ, 1756.
- [2] Boerhaave, H. *Elementa Chemiæ*, Lugduni Batavorum, 1732, díl 1. Experiment XIX, str. 257–258, dostupné z Google book: <https://goo.gl/CrPnxk>
- [3] Boerhaave, H. *A New Method of Chemistry; Including the History, Theory and Practice of the Art.*, 2 vydání, Longman, London, 1741.
- [4] Stigler, Stephen, M., Gieryn, F., ed. "Stigler's law of eponymy". Transactions of the New York Academy of Sciences. 39: 1980,147–58. Dostupné z: doi:10.1111/j.2164-0947.1980.tb02775.x.
- [5] Quéré, D. *Leidenfrost dynamics*. Annu. Rev. Fluid Mech. 45. 2013. s. 197–215
- [6] Baidakov, V. G. *Experimental investigations of superheated and supercooled water*. [cit]
- [7] WALKER J. *Boiling and the Leidenfrost Effect*. Dostupné z: http://www.wiley.com/college/phy/halliday320005/pdf/leidenfrost_essay.pdf

Školní Wikipedie GVID – co to je?

LENKA KRAMÁŘOVÁ

Gymnázium Brno, Vídeňská, příspěvková organizace

Když se řekne „strejda Google“ či „teta Wikipedie“, nepochybně každý ví, o čem je řeč. Ale když se řekne „Školní Wikipedie Gymnázia Vídeňská“, patrně asi nikdo nemá žádnou představu, o čem se mluví. A proto: čtěte dál...

Proč opět počítač?

Současní učitelé si většinou nedokáží představit život bez pohodlného vyhledávání informací všeho druhu s možností vše mnohokrát a z různých internetových zdrojů ověřit. Generace našich studentů však velmi často pracuje s počítačovými technologiemi na zcela odlišné úrovni. Žije s nimi v asi i těžko pochopitelné symbióze. S Facebookem vstávají i uléhají, hrají internetové hry, sledují videa a někdy i vyhledávají informace. Počítač s internetovým připojením je pro ně životní styl.

A tak se v oblasti vzdělávání objevují nové výzvy, nutně se mění a musí měnit i cíle a metody vzdělávání. Již před námi nesedí třída studentů se zrakem upřeným na učitele – jediného „majitele“ ověřených informací. Sedí před námi 30 vlastníků nejrůznějších technických vymožeností, kteří si většinou zvládnou potřebné informace vyhledat či ověřit sami.

Nepostradatelným pomocníkem při studiu každého vědního oboru je učebnice a odborná literatura. V současné době však studenti při řešení jakéhokoliv úkolu nebo hledání odpovědi na otázku velmi často preferují využití moderních technologií před zdlouhavým listováním v knihách.

Na druhou stranu jsem (a nejen já) přesvědčena, a dosavadní praxe mi to jen a jen potvrzuje, že pro studenty je stále nejdůležitější vše vidět názorně na jednoduchých pomůckách, úplně nejlépe si pak vše vyzkoušet či dokonce vyrobit sám. Jak toto vše propojit?

Neustále také řešíme otázku „K čemu mi to bude?“ A tohle vše v kontextu trvalého poklesu zájmu studentů o přírodovědné předměty, o matematiku, fyziku, chemii, biologii. Ano, tyto předměty jsou náročné, protože po studentech požadují i logické i mechanické myšlení.

Neustále se hledají nejrůznější způsoby, jak přírodovědné obory posílit a jak žáky pro tento typ studia vhodně motivovat. Jednou z možných odpovědí je práce a výstupy projektu MaFyBi, o kterém zde bude řeč. Jeho prvotním cílem bylo podpořit výuku přírodovědných předmětů za využití moderních technologií. Podařilo se tu však mnohem více. Vznikl projekt, jehož dopad na všechny zúčastněné v mnoha ohledech přesahuje oblast přírodovědného vzdělávání.

Cílem grantového projektu GVID – Aplikace moderních technologií (registrační číslo GP: CZ.1.07/1.1.16/01.0081) je pomocí aplikace moderního didaktického software a moderních technologií do výuky zvýšit kvalitu přírodovědného vzdělávání na Gymnáziu Brno, Vídeňská 47. K tomuto cíli byly inovovány předměty matematika, fyzika, biologie a zajištěny materiální a technické podmínky. Inovace spočívala například v zavedení týmové práce na mezipředmětových úlohách, v zavedení nových vyučovacích metod, především metody obrazného myšlení, a nových výukových aktivit, které vycházejí z principů činnostního učení.

Studenti si také nutně uvědomili, že lidské poznání je sice strukturováno do vědních oborů ve škole reprezentovaných jednotlivými předměty, ale k řešení konkrétního problému často jedna perspektiva nestačí. Byli nuceni aktivizovat své znalosti z několika přírodovědných předmětů, případně je dohledat a ověřit. Tím je mimo jiné naplněno volání po mezipředmětových vztazích ve výuce a taktéž alespoň částečně zodpovězena všetečná a pro kantory těžká otázka „K čemu mi to bude?“

Navíc týmová práce při řešení jednotlivých úkolů s sebou nese vyjednávání významu jednotlivých činností a postavení členů týmu, nárůst interakce mezi jednotlivými členy týmu, protože druhým musím mnohem precizněji objasnit, co mám na mysli. Zvládnutí této dovednosti bude pro všechny zúčastněné velkým profesním přínosem v jejich povolání.

Proces práce na projektu

Jak jsme postupovali? Provedli jsme inovaci ŠVP (školního vzdělávacího programu) předmětů matematika, fyzika, biologie (Ma/Fy/Bi) zavedením organizačních forem (týmová práce), nových vyučovacích metod (rozvíjení obrazného myšlení) a výukových činností (prezentace úloh pomocí internetových stránek a posterů).

Žáci byli v předmětech Ma/Fy/Bi rozdělení do týmů a během roku v nich koordinovaně a z různých hledisek řešili vybrané úlohy s podporou moderních technologií (zadání, didaktické pomůcky, konzultace, prezentace výsledků).

Cílovou skupinou byli studenti čtyřletého a šestiletého gymnázia.

Celkový výstup projektu

V rámci tohoto projektu se nám podařilo zrealizovat několik kvantitativně i kvalitativně různých vystoupení. Vytvořili jsme webový portál, což jsou interaktivní webové stránky na serveru s prezentacemi řešitelských týmů. Dalším výstupem jsou pak „Výukové postery B1 v prostorách školy“. Ty jsou umístěny převážně v prvním a druhém poschodí na chodbách a prezentují nejzdařilejší mezipředmětové úlohy, respektive jejich grafický výstup.

Dále se nám podařilo vytvořit studijní materiál „Mezipředmětové úlohy“. Jedná se o sadu tří sbírek za jednotlivé předměty, tedy za matematiku, biologii a fyziku. Za jednotlivé předměty jsme zařadili 18 zpracovaných vzdělávacích hesel, na kterých jsme se pokusili prezentovat naši dosavadní práci. Stránka věnovaná každému heslu se skládá z následujících úseků:

- krátká anotace, která popisuje heslo několika větami či obrázky,
- komentované webové odkazy na zajímavé materiály s popisem jejich obsahu,
- webovny. Zde si učitelé a žáci pokládají otázky a zadávají úkoly, které směřují k získávání vlastních zkušeností žáků. Obsahuje také zajímavé a originální výsledky ze zpracování těchto úloh.

Posledním výstupem je pak učební text „Sbírka úloh“. Za každý jednotlivý předmět byla publikována jedna kniha, ve které jsou obsaženy nejzajímavější či nejružnoroději pojatá hesla vzdělávacího obsahu.

Webový portál (interaktivní webové stránky na serveru školy)

Tento webový portál slouží jako didaktická podpora v jednotlivých vyučovacích hodinách a při domácí přípravě studentů, dále pak jako vzdělávací rozcestník a podpora tvořivé aktivity žáků. Využíváme jej taktéž k soustředění elektronických materiálů a informací k probírané látce, a v neposlední řadě pro zadávání úloh a hlavně prezentaci jejich řešení a výstupů.

Každá webová stránka je věnována jednomu vzdělávacímu heslu, které koresponduje s heslem učiva ve školním vzdělávacím programu. Tato jsou seřazena po ročnících a v pořadí, jak jsou postupně probírána ve vyučovacích hodinách.

Struktura webového portálu

- MMÚ: 20 mezipředmětových motivačních úloh.
- Postery: prezentace nejlepších posterů.
- Kategorie „Matematika“, „Fyzika“, „Biologie“, „Výtvarná výchova“ obsahují: seznamy stránek s hesly VO, MMÚ, se sešity, s maturitními okruhy apod.
- Grantový projekt: identifikace projektu; pravidla portálu; didaktické postupy apod.

Mezipředmětové motivační úlohy (MMÚ)

Každá úloha má šest částí propojených pomocí jednotné osnovy: Příběh, Ma, Fy, Bi, Vv, Poster.

Část Příběh obsahuje zadání úlohy, části Ma, Fy a Bi jsou pak místa pro komentované vzdělávací odkazy, pro zadání MaFyBi části úlohy a pro odkazy na prezentace výstupů žáků. Část Vv je pak totožná s částí předchozí, je ale určená pro grafickou podporu přírodovědných předmětů.

Část Poster prezentuje výsledky z řešení úlohy.

Hesla vzdělávacího obsahu (VO)

Stránky k heslům vzdělávacího obsahu (HVO) jsou provázány s MMÚ (mezipředmětovými motivačními úlohami).

Hesla sestávají z maximálně čtyř částí: krátké anotace, komentovaných odkazů na web a zadání jednotlivých problémových úloh či pokusů. Rozsáhlým obsahem by se stránka stala nepřehlednou a neplnila by účel něčeho jako „Rozcestníku“.

Výstupy z úloh jsou nejdříve umístěny do sekce úloh, následně mohou být zapracovány do úvodní anotace, nebo mohou být uvedeny v dalších odkazech v menu VO.

Menu VO obsahuje odkazy na podpůrné materiály (PŘEDNÁŠKA .. SEŠIT .. PREZENTACE .. MOODLE .. MATURITA apod.).

V menu je také odkaz na MM úlohu, do které jsou úlohy zapracovány (např. „Bud' bakterie myslí nebo ... (Bi)“), to znamená, že stránky k heslům vzdělávacího obsahu (HVO) jsou provázány s jednotlivými MMÚ.

Závěr

Cílem našeho projektu bylo i tímto způsobem zvýšit kvalitu přírodovědného vzdělávání a hlavně probudit skutečný zájem studentů o přírodní vědy. Předpokládáme, že zavedení nových vyučovacích metod a výukových činností s podporou moderních technologií nám tomu může být velmi nápomocno.

Literatura

[1] http://moodle.gvid.cz/wiki/index.php/Hlavní_strana

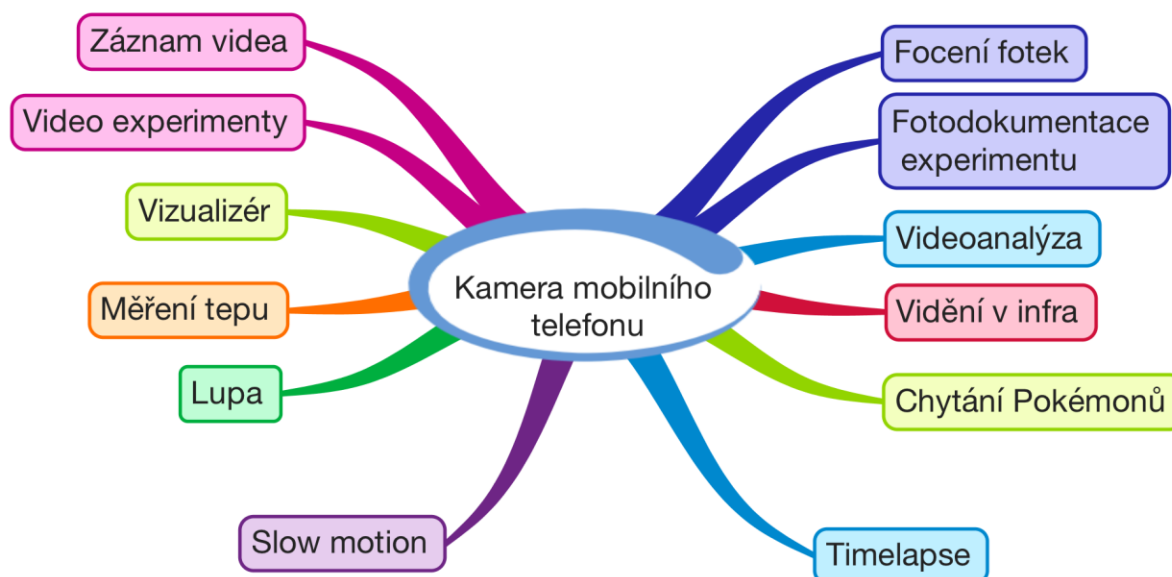
Použití kamery mobilních telefonů a tabletů – Slow Motion a Time-lapse

RADIM KUSÁK
MFF UK

V příspěvku se podíváme na konkrétní možnosti využití kamery mobilních telefonů a tabletů při experimentech ve fyzice. Speciální důraz pak bude na zpomalená a časosběrná videa.

Přehled námětů

Kameru mobilních telefonů je možné využít na celou řadu aktivit. Níže je možné se podívat na některé z nich.



Obr. 1. Myšlenková mapa aktivit, ke kterým je možné využít kameru mobilního telefonu, případně tabletu

Měření tepu

Hned prvním jednoduchým námětem pro použití kamery mobilního telefonu je měření tepu. Pro samotné měření je potřeba, aby tablet, případně mobilní telefon měl zabudovaný „blesk“ – diodu, kterou si při focení může přisvítit. Poté je potřeba stáhnout aplikaci Heart Rate (OS Android), případně Cardiograph (iOS i OS Android). Po spuštění aplikace se zapne dioda a po přiložení prstu na kameru mobilního telefonu aplikace určí tep člověka na základě prosvítání prstu.

Lupa

Z mobilního telefonu si taktéž můžeme udělat i lupu. Na kameru mobilního telefonu dáme malou spojku, kterou získáme z ruční baterky (viz obr. 2). Aby spojka na kameře držela, dáme ji do plastového držáčku (vyrobíme např. z plastové ikea bedny, nebo vytiskneme na 3D tiskárně) a ten přilepíme páskou na mobilní telefon nebo tablet.



Obr. 2. Spojka pro výrobu lupy z mobilního telefonu. Spojku z levého obrázku stačí přilepit na kameru mobilního telefonu pomocí izolepy.

Vidění v infra

Výhodou kamery mobilních zařízení je schopnost vidět i v blízkém IR záření. Většina zařízení se snaží tento jev eliminovat pomocí IR filtrů (hlavně pak např. iPhone a iPad), ale obvykle je v IR možno něco vidět. Jedním takovým příkladem jsou IR ledky v dálkových ovladačích, které je možné vidět svítit při stisku libovolného tlačítka ovladače (viz obr. 3).



Obr. 3. Snímek svící IR LED diody v dálkovém ovladači.

Fotodokumentace experimentu

Kameru mobilního telefonu, ale obvykle používáme k pořizování fotografií a videí. Je proto na místě zapřemýšlet jak tuto funkcionalitu využít ve fyzice.

Takovým prostředkem je např. fotodokumentace experimentu, který žáci následně ukazují ve třídě, nebo jen fotografie experimentů, které učitel dělá v hodině. Fotografie je možné následně vystavit např. na nástěnce před učebnu fyziky.

Tablet jako vizualizér

Pro výuku je taktéž vhodné využít tablet jako vizualizér. Stačí jen tablet umístit do držáku (kvalitní je možné si pořídit už pár set Kč) a následně jej připojit k projektoru pomocí kabelu, nebo bezdrátovým přenosem.



Obr. 4. Použití tabletu jako vizualizéru. Vizualizér je ideální na zobrazení malých předmětů jako jsou krystaly, nebo experimenty s povrchovým napětím.

Videopokusy

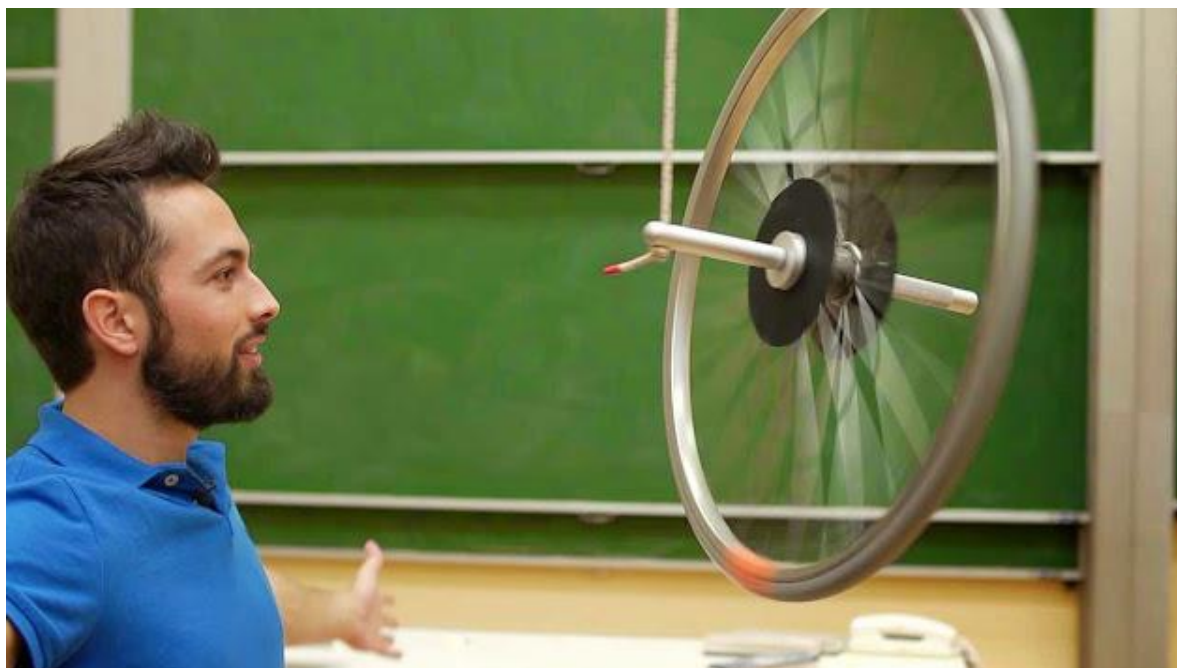
Samotnou kapitolu si zaslouží videopokusy. Velkým zdrojem námětů je stránka www.youtube.com, ale je nutné počítat s tím, že mají různou kvalitu. Proto je rozumné znát zajímavé kanály (bloky videí jednotlivých uživatelů), které stojí za to vidět.

Takovým kanálem je např. Sick Science! [1], který názorně přibližuje celou řadu pokusů. Experimenty taktéž splňují základní pravidla pro tvorbu videoexperimentů – pokus musí být vidět vůči pozadí, ukázka všech pomůcek na počátku, vysvětlení pokusu atd.



Obr. 5. Duha v brčce. Dáme-li do skleniček s vodou různou potravinářskou barvu a následně do každé sklenice dáme jiné množství cukru, jsme schopni udělat duhu v brčce.

Ještě zajímavějším kanálem je kanál Veritasium [2], kde Derek Muller ukazuje nejen experimenty, ale má také rozmyšlený způsob jejich podání. Ukáže nejprve experiment a následně nechá lidi psát do komentářů správný výsledek a vysvětlení pokusu. Po týdnu poté zveřejní výsledek experimentu a jeho vysvětlení. Sada experimentů, které takto vytvořil, byly součástí jeho PhD práce v níž ukázal, že „zisk“ experimentů vyučovaných tímto způsobem je mnohem větší, než jen pouhým sledováním experimentů (viz příspěvek na youtube.com [3]).



Obr. 6. Autor kanálu Veritasium ukazuje Gyroskopický jev u otáčejícího se kola

Videopokusy je možné taktéž dělat i s žáky. Je ale vhodné s nimi projít celý proces zpracování takových pokusů, který ale obvykle zabere 2 vyučovací hodiny. Vzorové metodiky pro videopokusy pro 2. a 3. ročník SŠ je možné najít na stránkách projektu eVIK [4] a [5].

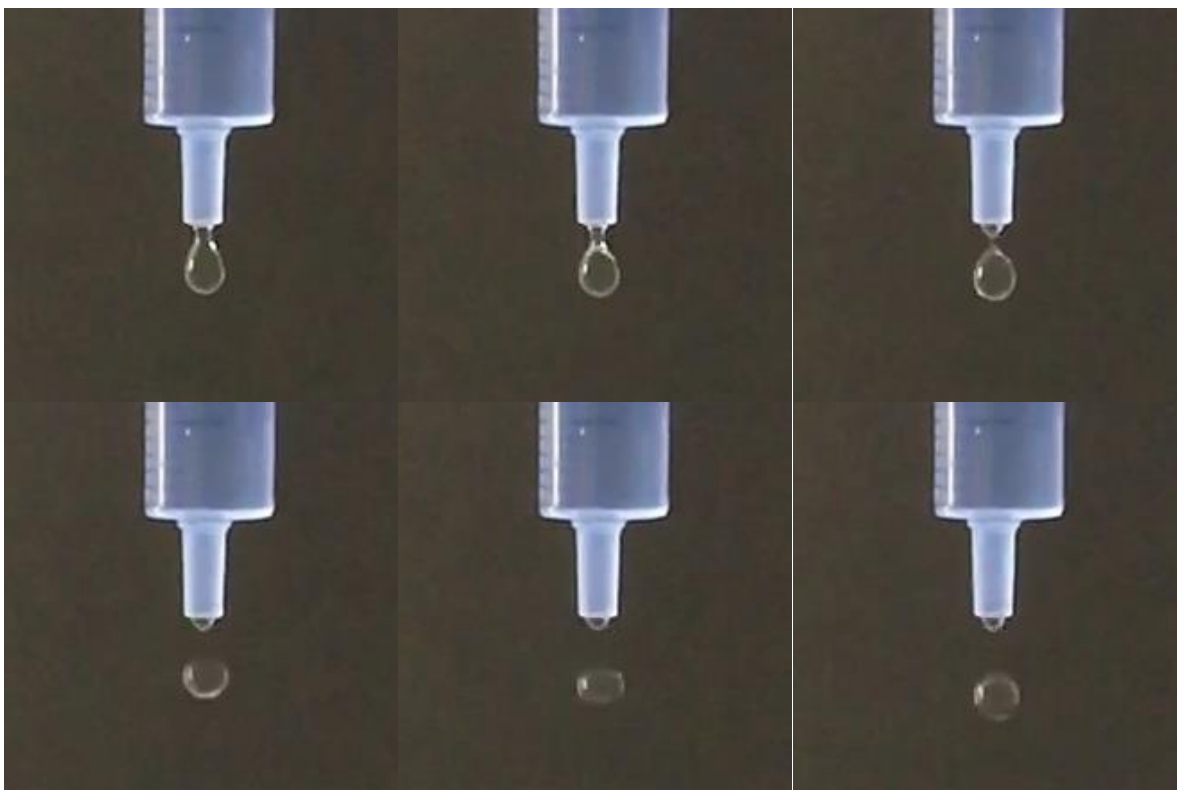
Takto nahrané pokusy mohou následně tvořit databanku pokusů dané školy, případně je možné je přihlásit do soutěží jako je Vím proč [6] a studenti i škola mohou i něco vyhrát.

Samotné videopokusy nejsou jen otázkou středních škol, ale běžně je zvládnou i žáci 2. stupně ZŠ.

Slow motion

Hlavní veličinou ve fyzice, která prostupuje všemi oblastmi je čas. Ten obvykle plyne pro nás „danou rychlostí“ ale můžeme si jej pomocí Slow motion videí „zpomalit“. Naskytne se nám tak úplně nový pohled obdobně jako u mikroskopu, dalekohledu, nebo termokamery.

Pro fyziku je celá řada zajímavých experimentů, které můžeme s žáky ve třídě provádět, jelikož obvykle tak 2 až 3 žáci ve třídě mají mobilní telefon, který tuto funkci podporuje. Obvykle mobilní telefony natáčejí při 120 FPS nebo 240 FPS (Frame per Second – snímků za sekundu), což odpovídá 5x nebo 10x zpomalenému videu (běžné video má 24 až 30 snímků za sekundu).



Obr. 7. Odkapávající kapka vody – sekvence snímků vybraných ze slow motion záběrů. Těsně po odkápnutí má kapka kulovitý tvar, maximálně se v kapce projevují kmity samotné vody.

Experimenty samozřejmě nemůžou konkurovat např. profesionálním Slow Mo Guys [7], kteří běžně točí videa ve 4K rozšení při 2700 FPS (cca 100x zpomaleně).

U Slow Motion videí jsou pravidla a zásady, na které je dobré dát pozor:

- Krátká videa budou trvat dlouho
- Nedávat zařízení moc blízko experimentu (speciálně u záběru ohně)
- Osvětlení – ideálně denní světlo
- Při větším snímání máme menší rozlišení videa

Náměty do výuky fyziky

Padající kapky vody

Dopadající písek v přesýpacích hodinách

Zapalování svíčky na dálku

Start lihové rakety

Další zajímavé náměty

Sport

- úder boxerskou rukavicí do hlavy
- der do břicha
- gymnastické prvky – roudat, hvězda, salto
- přerážení desek v bojových sportech
- odpaly míčků ve florbalu a baseballu

Výstřely z pistole a dalších zbraní

Výbuchy

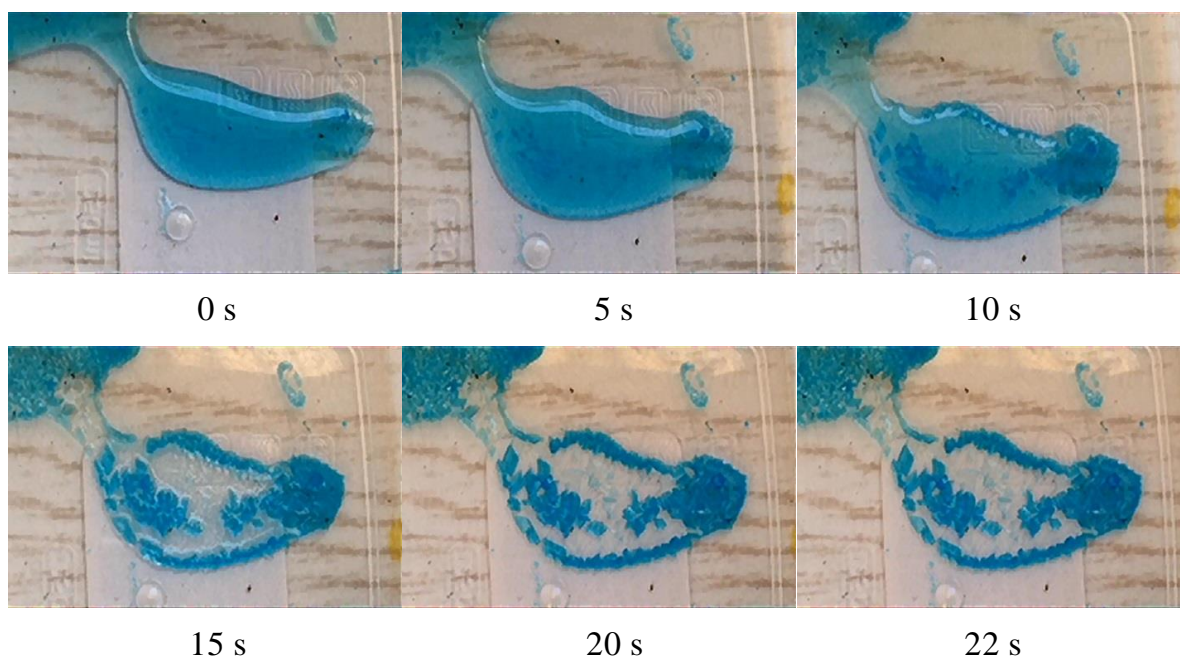
Zpomalené videa zvířat

- pijící pes
- letící pták
- plavající ryba

Timelapse – časosběrná videa

Oproti Slow motion videím, které podporují jen některé telefony a tablety, je možné využít ve výuce časosběrná videa téměř se všemi žáky. Důvodem je, že většina zařízení má tuto funkci přímo běžně dostupnou v nastavení kamery, případně je možné stáhnout volně dostupné aplikace.

U volně dostupných aplikací je možné nastavit počet snímků za jednotku času – obvykle za minutu, případně zařízení samo automaticky snižuje počet snímků a „vyhazují“ předchozí snímky, aby samotné video nezabíralo tolik místa.



Obr. 8. Krystalizace modré skalice – sekvence snímků vybraných z time lapse (čas 22 s odpovídá 5 h hodinám trvání experimentu)

Náměty do výuky fyziky

Krystalizace soli a modré skalice

Vzlínání vody

Regelace ledu

Další náměty

Růst rostlin

Stavění budov

Literatura

- [1] *Sick Science*, kanál *youtube.com*. Dostupné z: <https://www.youtube.com/user/SteveSpanglerScience> [cit.2016-08-27]
- [2] *Veritasium*, kanál *youtube.com*. Dostupné z: <http://www.youtube.com/user/1veritasium> [cit. 2016-08-27]
- [3] Derek Muller: *The key to effective educational science videos*. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=RQaW2bFieo8> [cit. 2016-11-12]
- [4] *Metodika videopokusů z projektu EVIK pro 2. Ročník*. Dostupné z: <http://evik.dgkralupy.cz/portal/Metodiky/210/Detail.aspx> [cit. 2016-08-27]
- [5] *Metodika videopokusů z projektu EVIK pro 3. Ročník*. Dostupné z: <http://evik.dgkralupy.cz/portal/Metodiky/211/Detail.aspx> [cit. 2016-08-27]
- [6] *Portál Vim proč*. Dostupné z: <https://www.vimproc.cz/> [cit. 2016-08-27]
- [7] *The Slow Mo Guys*, kanál *youtube.com*. Dostupné z: <https://www.youtube.com/user/theslowmoguys> [cit. 2016-08-27]

Arduino–Remduino – vzdálené experimenty s Arduinem

FRANTIŠEK LUSTIG

Univerzita Karlova v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta Praha, KVOF

Príspevek přináší ukázky vzdálených internetových experimentů s Arduinem. Chtěli bychom Vás přesvědčit, že lze vytvořit vzdálený experiment během 10 minut, BEZ měřicích systémů, BEZ programování. Stačí pouze jakákoliv deska Arduina a softwarový balíček „iSES Remote Lab SDK“ („iSES“ je internetové školní experimentální studio“) a nějaký počítač s OS Windows, který je připojen na Internet. Nepotřebujete žádný měřicí systém ISES, Vernier, Pasco, LabVIEW aj. Jednodušší softwarový balíček „iSES Remote Lab SDK – lite“ je volně přístupný a je zdarma. Softwarová stavebnice „iSES Remote Lab SDK – lite“ obsahuje hotové příklady **WEBCam** pro vzdálený přenos WEB kamery, **Input** pro vzdálené měření 1 analogové veličiny (např. teplota), **Digital Output** pro vzdálené řízení 1 digitálního výstupu (např. relé), **Record** pro vzdálený časový záznam snímané veličiny a **Export** pro vzdálený přenos dat v „csv“ formátu pro Excel, resp. v „txt“ formátu. Z těchto příkladů se dá „slepit“ kompletní vzdálený experiment, který funguje jak lokálně, tak samozřejmě i vzdáleně. Vše je napsáno v Java Scriptu ve zdrojovém kódu, volně šiřitelné pod licencí Creative Commons. Vzdálené experimenty s Arduinem fungují i na mobilních zařízeních (tablety, chytré telefony).

Úvod

Přechod od Java RunTime k Java Scriptu

Vzdálenými experimenty se naše pracoviště zabývá již od roku 2002. Zpočátku jednoduché experimenty dosáhly většího pokroku kolem roku 2010, kdy byla Java a Java RunTime na vrcholu. Potom přišel prudký propad Java RunTime, neboť zde byly bezpečnostní díry a veřejnost je přestala používat a podporovat. Vše špatné je k něčemu dobré a téměř všichni uživatelé, i my, přecházíme na Java Script. Java Scriptové aplikace přinášejí nový fenomén – možnost pracovat nejenom na počítačích, na NBK, ale i na mobilních zařízeních jako jsou tablety a chytré telefony. V roce 2013 máme již naše vzdálené experimenty viz www.ises.info plně převedené pod Java Script.

Vzdálené experimenty se systémem iSES

Vždy jsme tvořily vzdálené experimenty typu „control“, tj. takové vzdálené experimenty, které je možno vzdáleně ovládat, řídit, nastavovat aj. a nikoliv vzdálené experimenty typu „sensing“, které umožňují pouze pozorování nějakých veličin bez možnosti řízení, jak tomu je se všemi systémy, které nemají výstupní kanál (Vernier, Pasco, aj.). Proto jsme vzdálené experimenty zpočátku tvořili pouze se systémy ISES, se kterými jsme mohli tvořit vzdálené experimenty typu control. [1], [2], aj. Vzniklo několik pracovišť, kde se vzdálené experimenty se systémem ISES rozvinuly – naše MFF-UK Praha, PedF Trnava, Přírodovědecká fakulta v Nitře, Fakulta aplikované informatiky Zlín, Pedagogická fakulta MUNI v Brně, Pedagogická fakulta v Olomouci,

těž i některé střední školy aj. Vzdálený experiment se sestavil z libovolného systému ISES (ISES-PCI, ISES-PCI-Professional, ISES-USB, ISES-link) a softwarové stavebnice „iSES remote Lab SDK“ [3].

Vzdálené experimenty BEZ měřicích systémů (iSES, LabVIEW aj.)

Dalším pokusem o větší popularizaci tvorby vzdálených experimentů je využití standardních měřicích přístrojů, jako jsou multimetry, laboratorní zdroje, krokové motory, enviromentální měřicí přístroje aj. Společným jmenovatelem těchto přístrojů je interfaceové rozhraní RS232C, resp. USB-COM port. Jednoduché propojení s počítačem pomocí RS232C, resp. USB-COM má mnoho laboratorních přístrojů např. multimetry UT61E (cena cca 2 000 Kč), enviromentální multimetr DT2232 (cena cca 1 000 Kč), laboratorní zdroj SPS12010 (zdroj 0–20V/10A, cena cca 6 000 Kč), které jsou běžně dostupné, které mnohé školy již mají na školách a využívají je jako klasické, tradiční přístroje. Připravili jsme vzdálené experimenty, které jsou BEZ universálních měřicích systémů (např. ISES, LabVIEW aj.), ale jenom se standardními laboratorními přístroji Vzdálený experiment s těmito přístroji se vytvoří pouze pomocí softwarové stavebnice „iSES remote Lab SDK“.

Vzdálené experimenty s Arduinem

Prozatím posledním pokusem o popularizaci vzdálených experimentů je použit populární jednodeskový počítač Arduino. Tento fenomén mají zakoupeno miliony uživatelů, kteří se pokoušejí o první kroky s měřicím a řídicím počítačem „low-cost“ kategorie (cena 5 až 20 Euro, záměrně cena v Euro, protože v CZK je obvyklá cena 300 až 500 Kč). A s tímto počítačem se pokusíme vytvořit vzdálené experimenty. Samotné Arduino (UNO aj.) nemá přímo zabudovanou LAN kartu, ale lze ho dovyvavit dodatečnou deskou „Ethernet shield“ s LAN (cena cca 300 Kč), která se jenom „nasune“ na základní desku Arduina a máme Arduino s LAN kartou. Pro vzdálené experimenty budeme potřebovat LAN konektivitu a samozřejmě Internet.

První pokusy byly vytvořit vzdálený experiment jenom se **samotnou deskou Arduino** plus LAN shield. Ano „jde to“ (vyzkoušeno např. u nás na MFF-UK Praha), ale „dře to“. Samotné Arduino má velmi malou paměť a je pomalé, takže webovské rozhraní musí být velice omezené. Rovněž s podporou WEB kamery nepočítejte.

Další varianty vzdálených experimentů s Arduinem byly v kombinaci s dalším fenoménem – Raspberry Pi. Tento počítač má již jednoduchý operační systém, podobný Linuxu. Je dostatečně rychlý a má již podporu WEB kamery. Tuto kombinaci **Arduino + Raspberry Pi** jsme u nás na MFF-UK netestovali (ale je popsána v několika publikacích), protože jsme již měli k dispozici lepší a výkonnější softwarovou stavebnici „iSES remote Lab SDK“ pro iSES systémy, která se dá snadno transformovat pro Arduino-viz dále.

V příspěvku popíšeme originální variantu vzdálených experimentů s Arduinem a se standardním Windows počítačem (Win-XP až Windows 10, 64/32 bit). Stačí i staré počítače, které jsou téměř bezcenné, ale přesto jsou mnohem vybavenější než vychvalované Raspberry Pi. Arduino v této sestavě **Arduino + PC počítač** využíváme „pouze“ jako vstupně výstupní periférii, nevyužíváme Arduino jako programovatelný

počítač, tak jak to dělají snad téměř všichni uživatelé Arduina! Pro Arduino a PC počítač jsme opět připravili softwarovou stavebnici „iSES remote Lab SDK“ [3]. Na Obr. 1 je přehled možné hardwarové sestavy, vhodné pro vzdálené experimenty.



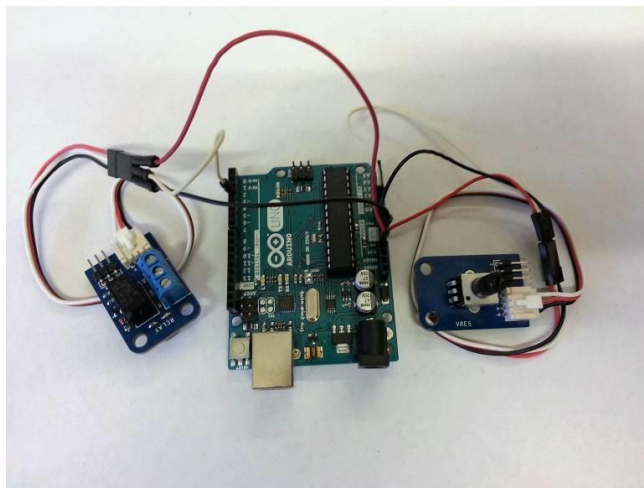
Obr. 1. Měřicí systémy iSES, klasické měřicí přístroje a Arduino, vše je podporováno SW stavebnicí „iSES Remote Lab SDK“

Softwarová stavebnice iSES Remote Lab SDK pro Arduino

Softwarová stavebnice iSES Remote Lab SDK je soubor jednoduchých strukturovaných příkladů, pomocí kterých lze jednoduše sestavit jednoduchý funkční vzdálený experiment nejenom s **měřicími systémy**, jako jsou např. iSES, aj., ale i se standardními **měřicími přístroji** jako jsou např. univerzální multimetr UT-61E, enviromentální multimetr DT-2232, laboratorní řízený zdroj PSP-1405, USB Geiger-Muller counter, krokové motory, lineární posuvy 1D-3D aj., tak nyní i s **Arduinem**.

Pomocí „Lite iSES Remote Lab SDK“ vytvoříme s Arduinem vzdálený experiment umožňující číselné i grafické časové zobrazení jednoho analogového **VSTUPNÍHO** kanálu (např. potenciometr, teplotní senzor, světelný senzor, aj.), **ŘÍZENÍ** jednoho digitálního **VÝSTUPNÍHO** kanálu (např. relé), Příklady dále pokračují **ZÁZNAMEM** jednoho analogového kanálu a následuje příklad na **EXPORT** dat do csv formátu např. pro Excel nebo do txt HTML formátu. Přidáme-li WEB kameru, potom je mezi ukázkovými příklady též **ON-LINE PŘENOS KAMERY**. Ukázkové příkladu jsou v JavaScriptu a lze je jednoduše upravovat, slučovat aj., takže lze vytvořit plnohodnotný vzdálený experiment s jednokanálovým číselným a grafickým zobrazením, se záznamem a exportem dat, experiment může mít zároveň jednokanálové řízení – např. digitální výstup s relé a experiment může být zároveň snímán WEB kamerou. Tento softwarový balíček je volně šiřitelný pod Creative Common licenci a je ke stažení na úvodní stránce www.ises.info .

Vzdálený experiment se instaluje na počítači s Windows (7, 8, 10, 32 i 64 bit): Počítač nechť má též nějaký prohlížeč Edge, Explorer, Chrome, Firefox, Opera, aj. který podporuje JavaScript. Bude se též hodit i např. Excel pro zobrazení exportovaných dat. Pokud budeme chtít instalovat firmware pro vzdálený experiment do Arduina, je vhodné mít nainstalováno prostředí Arduino-IDE (není potřeba, pokud máte Arduino s předem nainstalovaným firmwarem).

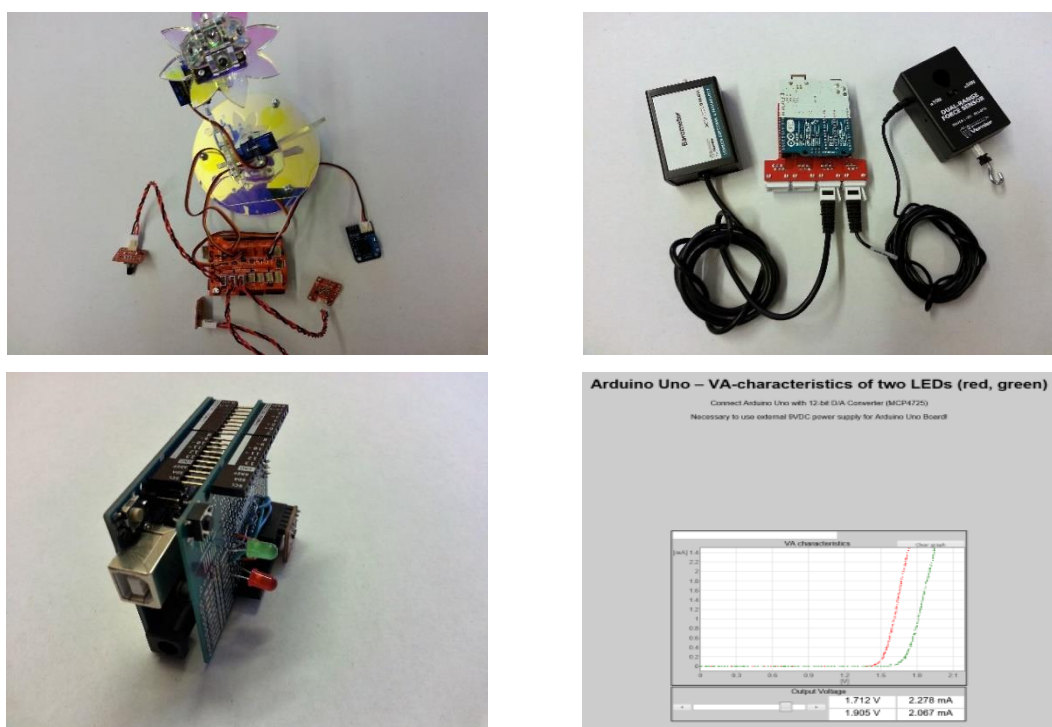


Obr. 2. Arduino-Uno hardware pro Lite verzi „iSES Remote Lab SDK“, vstup-potenciometr, výstup-relé

Připomeneme, že vzdálený experiment je aplikace server - klient. Vyžaduje tedy 2 počítače (resp. počítač a SmartPhone, resp. počítač a tablet). Na *serverovém počítači* budou spuštěné serverové programy pro měření MeasureServer_Lite (je součástí volně šiřitelného balíčku „Lite iSES Remote Lab SDK“). Pro přenos WEB kamery bude spuštěn serverový program ImageServer (je taktéž součástí volně šiřitelného balíčku „Lite iSES Remote Lab SDK“). No a též bude spuštěný nějaký WEB server (my používáme volně šiřitelný Nginx.exe, který má své stránky na <http://www.nginx.org>, pozn.: je součástí volně šiřitelného balíčku „Lite iSES Remote Lab SDK“). V *klientském počítači*, resp. ve Smartphonu bude pouze standardní WEB browser (Edge, Explorer, Firefox, aj.). Na klientském počítači spustíme vzdálený experiment zadáním adresy (např. 193.213.36.17, resp. např. kdt-20.karlov.mff.cuni.cz), tím se nám zobrazí uživatelský panel pro ovládání vzdáleného experimentu. Experiment z této webové stránky se již jednoduše intuitivně ovládá. Můžeme pozorovat, zaznamenávat a exportovat měřená data. Exportovaná data si můžete ihned prohlédnout např. v programu Excel. Součástí volně šiřitelného balíčku (**VirtulLabArdiuno.zip** na www.ises.info) je i opravdu **podrobný** manuál pro instalaci *hardware* vzdáleného experimentu pro Arduino-Uno, tak i pro instalaci *software pro vzdálený experiment* pro Arduino-Uno, tak i manuál pro instalaci *firmware do Arduina*. Rovněž je zde též i podrobný návod, jak spustit a ověřit svůj první vzdálený experiment. Manuály mají celkem asi 5 stran (!), nelze je vložit do tohoto příspěvku.

Příklady zapojení vzdálených experimentů s Arduinem

„Lite iSES remote laboratory“ pro Arduino má ve volně šiřitelné verzi 1 vstupní a 1 výstupní kanál. Samozřejmě je u autora příspěvku k dispozici plná varianta pro všechny kanály Arduina (15 vstupů a 7 výstupů, aj.). Na Obr. 3 následují některé jednoduché varianty vzdálených experimentů s Arduinem.



Obr. 3. Arduino a servomotory, Arduino s Vernier senzory (lze použít libovolné senzory ISES, Vernier, Pasco aj.), Arduino vzdálený experiment VA charakteristika LED, WEB stránka tohoto vzdáleného experimentu.

Závěr

Stavebnice „iSES Remote Lab SDK“ je napsaná „syrově“, aby se uživatel neztrácel ve formátování a dalších „vykrásnění“ WEB stránek. Hledáme spolupracovníky, kteří nám pomohou vylepšit naši stavebnici „iSES Remote Lab SDK“. Na závěr bych chtěl poděkovat mým spolupracovníkům (Jiří Dvořák, Pavel Kuriščák, Pavel Brom, všichni z MFF.UK Praha).

Literatura

- [1] Schauer, F., Lustig, F., Dvorak, J., Ozvoldova, M. Easy to build remote laboratory with data transfer using ISES – Internet School Experimental System ISES, *Eur. J. Phys.*, 29, pp. 753–765, 2008.
- [2] Lustig, F. Open Modular Hardware And Software Kit for Creations of Remote Experiments Accessible from PC And Mobile Devices, *iJOE International Journal of Online Engineering*, volume 12, Issue 7, pp. 30–36, ISSN 1868-1646, 2016.
- [3] Dvorak, J., Kuriscak, P., Lustig, F. *iSES Remote Lab SDK – internet School Experimental Studio Software Development Kit for Remote Laboratories*, 2013. Business and License Agreement: SME ISES. Available from www.ises.info/index.php/en/systemises/sdkisesstudio [cit. 25.10.2016]

Několik projektů z tábora, tentokrát na téma „Modelování bez plastelíny aneb když nemůže fyzik k černé díře, musí si ji namodelovat“

JANA MACHALICKÁ¹, ZDENĚK POLÁK², JAROSLAV REICHL³

¹Katedra didaktiky fyziky MFF UK, Praha

²Gymnázium Náchod

³SPŠST Panská, Praha

Príspevek predstavuje čtyři z celkem 18 projektů zpracovaných účastníky tradičního Soustředění mladých fyziků a matematiků, které je organizováno Matematicko-fyzikální fakultou UK a které se letos uskutečnilo v objektu školy v přírodě v Nekoři v Orlických horách v termínu 19. – 30. 7.

Soustředění 2016

Dvoutýdenní letní Soustředění mladých fyziků a matematiků již tradičně nabízí žákům ve věku 14 až 19 let bohatý odborný i mimoodborný program připravovaný týmem až 15 vedoucích; tým vedoucích tvoří studenti a zaměstnanci MFF UK Praha, ale také učitelé ze školní praxe.

Náplní odborného programu soustředění jsou každodenní kurzy z matematiky, fyziky a informatiky, zvané přednášky lektorů (letos byly 3) a práce účastníků na projektech. Z více než 40 nabízených projektů jich účastníci letos realizovali 18 (viz dále). Mimo-odborný program je koncipován tak, aby si účastníci na chvíli odpočinuli od odborného programu, zažili to, co běžně nezažijí, naučili se spolupracovat a komunikovat ve skupině a vzájemně se podporovali k překonání zdánlivě nepřekonatelných překážek.

Tento příspěvek popisuje pouze jednu část odborného programu soustředění, informace o dalších částech odborného programu i o programu mimoodborném lze nalézt na webových stránkách soustředění [1] a v příspěvcích minulých ročníků Veletrhu nápadů učitelů fyziky (např. [2]) či v příspěvku z mezinárodní konference ICPE-EPEC 2013 v Praze (anglicky, [3]).

Projekty

Hlavní částí odborného programu je vlastní práce účastníků na projektech: žáci v malých skupinkách nebo jednotlivě zpracovávají pod vedením konzultanta z řad vedoucích vybrané téma. Dílčí výsledky své práce účastníci prezentují v polovině soustředění na tzv. „minikonferenci“ před několikačlennou komisí sestavenou z vedoucích a finální podobu projektů pak prezentují na konci soustředění při závěrečné konferenci před všemi účastníky.

V letošním roce byly aktivity odborného programu zastřešeny nosným tématem *Modelování bez plastelíny aneb když nemůže fyzik k černé díře, musí si ji namodelovat*. Téma, které je vždy poměrně otevřené, umožnilo připravit účastníkům projekty konstrukční, početní, geometrické i kombinované.

Účastníci si z nabízených projektů vybrali následujících 18 projektů (tučně vyznačené projekty jsou podrobněji popsány dále v tomto příspěvku):

- Geometrie těles
- Parketáž
- Model spalovacího motoru
- Konstrukce rádiového přijímače
- Fyzika flétniček
- Digitální kymografie
- Matematické algoritmy středověku
- Bludiště pro kuličku
- Odhady
- **Měřicí přístroje – konstrukce ampérmetru**
- Co všechno umí dělat arduino
- Stirlingův motor
- **Diodový model vlny**
- Kvadrokoptéra
- Sedláčková turbína
- Papírové fotografování
- **Trisektoři, zdvojovači krychlí a jiná stvoření**
- **Architektura a origami**

Popisy vybraných projektů vycházejí z dokumentace zpracované účastníky soustředění.

Měřicí přístroje – konstrukce ampérmetru

Základem projektu bylo, aby se řešitelé co nejlíže seznámili s problematikou měření proudu a napětí a také aby si vyzkoušeli, že není jednoduché něco vlastnoručně vyrobit a hlavně sestavit funkční provozuschopný přístroj. Navíc trojice dívek (Kateřina Charvátová, Veronika Vohníková, Soňa Burešová), která se do stavby pustila, o elektřině měla jen znalosti na úrovni základní školy. Mechanická konstrukce vycházela z použití dostupných materiálů. Kromě naprosto běžných věcí, jako jsou prkénka, párátko, papír, hřebíky, jehly, tenký hliníkový plech byly použity díly z rozebraných nefunkčních elektronických přístrojů.

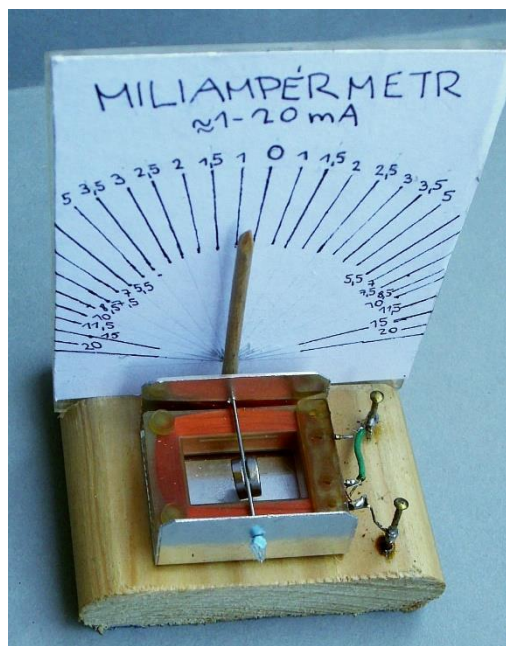
Řešení projektu mělo v podstatě tři fáze. Nejprve seznámení se s metodami měření elektrických veličin a se základními typy měřicích přístrojů. Pak návrh a konstrukce přístrojů a nakonec jejich cejchování a zapojování do jednoduchých obvodů.

Všechny sestavené konstrukce byly založeny na stejném principu: otáčení permanentního magnetu v magnetickém poli cívky. Nejprve si dívky vyrobily magnetku ze zmagetovaných jehel a sledovaly, jak se chová v magnetickém poli. Pak magnetku doplnily cívkou a získaly tak jednoduchou tangentovou buzolu. Po vyzkoušení jak tangentová buzola funguje, nahradily pro přesnější měření a nalezení hodnoty magnetické indukce horizontální složky magnetického pole Země svoji magnetku komerční busolou a naměřily závislost výchylky magnetky na hodnotě proudu v kruhové cívice tangentové busoly. V další fázi se soustředily na mechanickou konstrukci ampérmetru. Použily

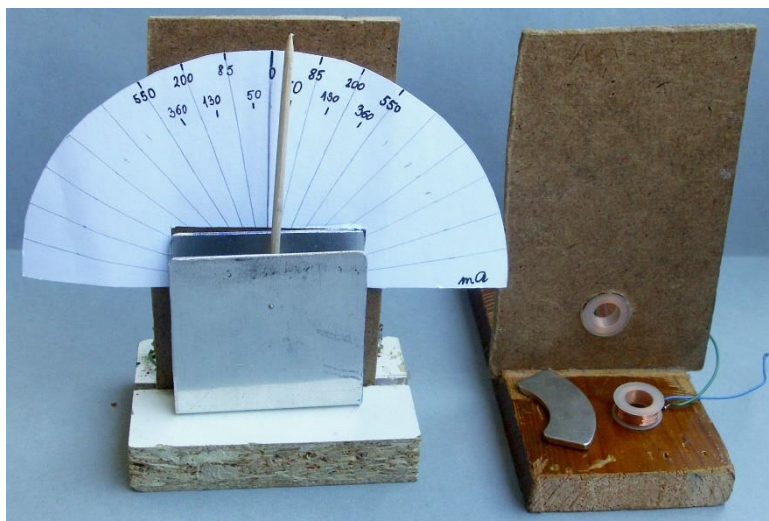
cívku z krokového motoru disketové mechaniky a magnet z harddisku PC. Magnet zavěsily na jehlu a přilepily ručičku z párátko. Za něj umístily cívku s osou rovnoběžnou s osou otáčení magnetu. Podle směru proudu v cívce se magnet natáčí svým severním nebo jižním pólem. Z naměřené křivky závislosti výchylky s proudem procházejícím cívkou lze vyčíst i rozsah použitelnosti měření proudu v řádu desetin ampéru. Skutečná velikost proudu byla měřena digitálním ampérmetrem. Po vyhodnocení zkušeností sestavily měřidlo pracující na stejném principu, ale o dva řády citlivější. Vhodné pro měření proudů v rozsahu miliampérů. Zvolené uspořádání je viditelné na obrázcích 1 až 3.



Obr. 1. Tangentová buzola



Obr. 2. Miliampérmetr



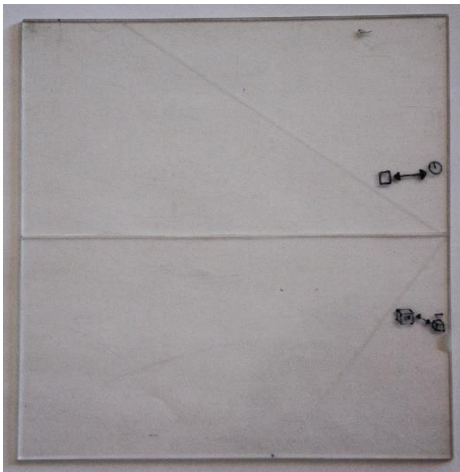
Obr. 3: Ampérmetr

Trisektoři, zdvojovači krychlí a jiná stvoření

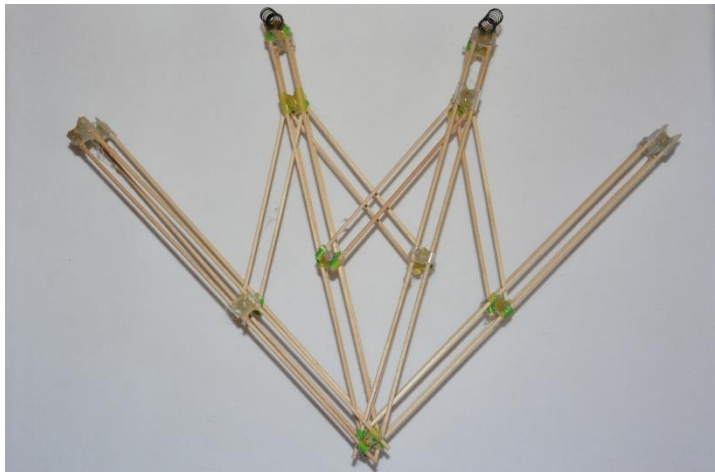
Jiří Budil a Adam Janich se v rámci svého projektu pokusili o nemožné: sestrojili pomůcky, pomocí nichž by bylo možné vyřešit euklidovské slavné řecké neřešitelné problémy (viz např. [4]). Cílem bylo, aby se zamysleli, proč nejsou dané úlohy řešitelné euklidovskou konstrukcí, a pokusili se navrhnout a vyrobit pomůcku, s jejíž pomocí by bylo možné zadané úlohy alespoň přibližně řešit.

Řešitelům projektu se podařilo sestrojiti pomůcku (viz obr. 4), s jejíž pomocí je možné určovat úsečku délky $x \cdot \sqrt{\pi}$ (resp. $\frac{x}{\sqrt{\pi}}$) a $x \cdot \sqrt[3]{2}$ (resp. $\frac{x}{\sqrt[3]{2}}$). Jedná se o obdélníkovou plastovou destičku se třemi ryskami – jedna kolmá ke dvěma protější stranám a další dvě pod úhly, jejichž hodnoty vyplývají z numerického výpočtu konstant $\sqrt{\pi}$ a $\sqrt[3]{2}$.

Druhou pomůckou je tzv. trisektor (viz obr. 5), s jehož pomocí lze s přesností 2 % až 5 % rozdělit zadaný úhel na tři stejné části. Pomůcka je vytvořena ze špejlí a její činnost je založena na osové souměrnosti deltoиду (tj. faktu, že úhly mezi úhlopříčkou deltoidu a jeho stranami jsou shodné). Šest čepů na pomůcce je pohyblivých, což umožňuje ramena pomůcky rozevírat a zavírat podle hodnoty zadaného úhlu. Ramena daného úhlu se ztotožní s krajními rameny pomůcky, prostřední dvě ramena pak určují ramena hledaných úhlů.



Obr. 4. Násobič úsečky



Obr. 5. Trisektor

Architektura a origami

Řešitelé projektu Bára Tížková a Lukáš Hart se zaměřili na vytváření prostorových těles pomocí techniky kirigami. Jedná se o techniku, při níž je nutné z jednoho papíru poskládat 3D těleso; lepení povoleno není, stříhání a vyřezávání papíru ano. Poté, co se řešitelé seznámili se základy této techniky a zkusili si vytvořit několik jednoduchých těles, pustili se do návrhu vlastních těles. K nim si nejdříve vytvořili návrh, ten pak překreslili na papír, vyřezali příslušné části a na závěr přehýbali papír podél daných čar. Tak postupně vytvořili model katedrály, horské dráhy nebo model Tower Bridge. S využitím svítilen nebo LED se podařilo vytvořené modely i krásně nasvítit (viz obr. 6).



Obr. 6. Osvětlený model Tower Bridge

Diodový model vlny

Václav Luňák se v rámci svého projektu zabýval programováním mikročipu FRDM-KL46Z od firmy NXP tak, aby tento mikročip byl schopen ovládat jas a barvu padesáti LED typu WS2811 (firmy Adafruit), které k němu byly sériově připojeny. Počáteční ambice ovládat barevnou vlnu LED dálkově (např. pomocí zasláné SMS) se zrealizovat nepodařilo.

Závěr a pozvánka na další ročník

Dva týdny strávené v podhůří Orlických hor přinesly účastníkům nejen řadu nových nápadů, vědomostí a dovedností z matematiky a fyziky, ale také nová přátelství a neopakovatelnou atmosféru. Řada účastníků se přiznala, že zde zažila „své poprvé“ – „poprvé jsem ušel 26 km“ (celodenní výlet), „poprvé jsem spala pod širákem“ (noční hra Evakuace), „poprvé jsem byla vzhůru do tří hodin do rána“ (noční hra Labyrint).

Žáci ve věku od 14 do 19 let (tj. po absolvování 8. třídy základní školy až po maturanty) se zájmem o matematiku, fyziku, techniku, ale i legraci a překonávání zdánlivě nepřekonatelného mají šanci zažít příští rok to, co zažilo letošních 39 účastníků v Nekoři. Příští soustředění se koná v termínu 15. – 29. 7. 2017 v Horské chatě Radost v Plasnici v Orlických horách. Základní informace budou od podzimu dostupné na webových stránkách soustředění [1] a od začátku roku 2017 se bude možné prostřednictvím webového formuláře již také přihlásit.

Literatura

- [1] *Soustředění mladých fyziků a matematiků* [online]. Dostupné z: <http://kdf.mff.cuni.cz/tabor> [citováno 17. 8. 2016].
- [2] Žilavý, P., Koudelková, V. *Pár věcí (nejen) z tábora 9*. In: Veletrh nápadů učitelů fyziky XI, sborník konference, Olomouc, 2006.
- [3] Kácovský, P. et al. *The Summer Maths and Physics Camp*. In: ICPE-EPEC 2013 Conference Proceedings, Praha, 2014. Dostupné z: <http://www.icpe2013.org/> [cit. 6. 8. 2014]
- [4] *Encyklopedie fyziky* [online]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1438> [citováno 17. 8. 2016].

What if?

TOMÁŠ NEČAS

Gymnázium Brno, třída Kapitána Jaroše 14

Reálné problémy jsou při výuce fyziky velmi důležité. Při jejich řešení se fyziku neučíme, ale používáme ji. Obsahem příspěvku bude představení tří zdrojů skvělých problémů k přemýšlení i experimentování: „What if?“, „Mythbusters“ a „Fyzikální odpověď“ formou rozboru několika ukázkových problémů.

Nechte se inspirovat

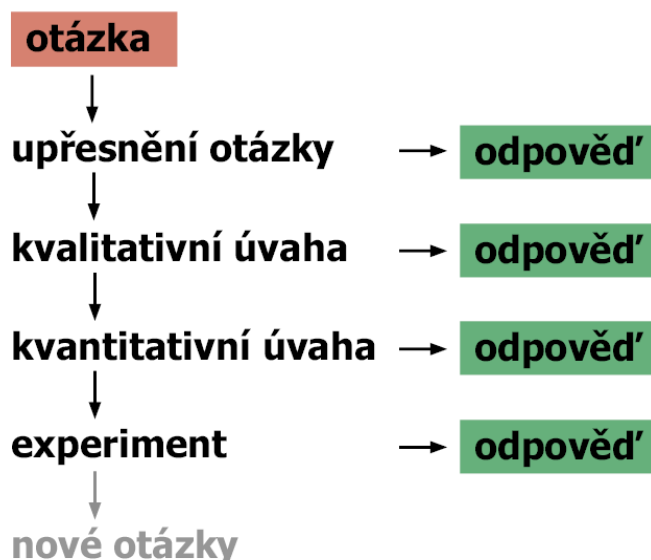
Tento příspěvek vznikl při příležitosti ukončení výroby legendárního pořadu *Mythbusters* po 13 letech natáčení (2003–2016). Podrobnosti o pořadu najdete snadno na wikipedii [1]. Dalo by se kriticky namítnout, že je to povrchní americká show plná výbuchů a zbytečně rozbitých automobilů. Nejdůležitější odkaz pořadu však není v jeho obsahu, ale v jeho duchu. Tím je řešení reálných problémů vědeckou metodou pro „nevědecké“ publikum. Základní myšlenkou série *Mythbusters* je ověřování či vyvrácení nejružnějších mýtů. Celý seriál měl 261 epizod po cca 40 minutách. Kompletní obsah všech dílů seriálu lze snadno dohledat na wikipedii [1]. Mnoho videí k jednotlivým problémům lze pak najít na Youtube po zadání vhodných klíčových slov (název problému + *Mythbusters*). Pro zjednodušení jsem vytvořil seznam nejzajímavějších problémů, najdete ho ke stažení na mém webu [2]. Několik ukázkových problémů následuje v článku po tomto úvodu.

Další citovaný web [3] od Randalla Munroa s názvem *What if?* má v podtitulu uvedeno *odpovědi na absurdní hypotetické otázky*. Podrobné řešení každého problému včetně souvislostí a ilustrací najdete na stránkách v angličtině. Web je živý a problémy stále přibývají. Výběr vyšel i knižně v češtině. Dva typické problémy z webu již bez komentáře najdete ke konci tohoto článku.

Podobným způsobem můžeme využít i fyzikální odpověď [4] na fyzwebu. Žáci mohou řešení formulovat rovněž jako odpovědi tazateli. Jako ukázka pěkného problému poslouží poslední problém uvedený v článku.

Umíte používat fyziku pro řešení reálných problémů?

K čemu by nám byla fyzika, pokud by neumožňovala hledat odpovědi na otázky: *Co když...?* K čemu by pak byla výuka fyziky, pokud by žákům neumožňovala zkoušet hledat odpovědi na otázky tohoto typu. Trénovat tuto dovednost. Než však dojde na konkrétní problémy, je třeba si ujasnit použitou metodu. To se snaží shrnout schéma na obrázku 1.



Obr. 1

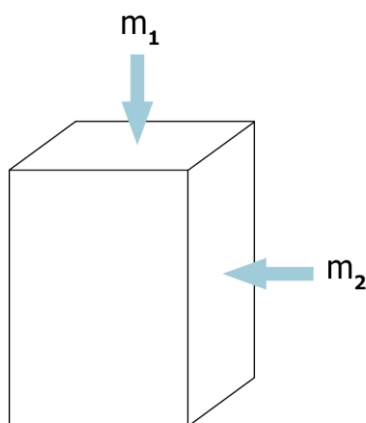
Následují již jednotlivé ukázky.

Who gets wetter?

Je lepší utíkat v dešti než jít pěšky, pokud chceme míň zmoknout?

Tento problém je přiměřeně komplexní. Není příliš jednoduchý (nelze snadno vyřešit již kvalitativní úvahou) a zároveň není tak složitý, že bychom nedokázali na něco rozumného přijít. Pro pořádek tedy začneme upřesněním otázky: člověk nemá deštník, běží co nejrychleji po rovině, déšť je středně silný a nefouká vítr. Snaží se urazit konstantní vzdálenost (např. dostat se domů).

Kvalitativní úvaha je možná. Pro jednoduchost jsem nahradil člověka kvádrem (viz obrázek 2).



Obr. 2. V tom případě dopadne na povrch kvádrů voda shora (celkem m_1) a zepředu (celkem m_2). Hodnota m_2 nezávisí na rychlosti pohybu, zatímco m_1 je nepřímo úměrná rychlosti pohybu. Z toho vyplývá, že lepší je běžet.

Jelikož nahrazení člověka kvádrem je poměrně silné zjednodušení, nezbyvá nám než navrhnout vhodný experiment. Tvůrci seriálu zvolili elegantní měření „zmoknutí“. Oděv byl zvážen před a po vystavení dešti. Hmotností rozdíl pak určuje množství posbírané vody. Měření je možné zvládnout i v domácích podmínkách bez speciálního vybavení.

Lawn chair baloon

Je možné se vznést do výšky několika kilometrů na zahradním křesílku při pevněném k meteorologickým balónům a poté úspěšně přistát pomocí pistole?

Problém je inspirován skutečnou událostí. Základem řešení je zde zjistit si údaje a provést výpočet. Pro dokreslení a kontrolu je možné využít následující text:

Larry Richard Walters, nicknamed „Lawnchair Larry“ was an American truck driver who took flight on July 2, 1982, in a homemade airship. Inspiration I, the „flying machine“ consisted of an ordinary lawnchair with 45 helium-filled weather balloons attached to it. Walters rose to an altitude of over 15,000 feet (4,600 m) and floated from his point of origin in San Pedro, California, into controlled airspace near Los Angeles International Airport. After safe landing he was arrested and fined \$1,500 for violations under U.S. Federal Aviation Regulations.

S takovou úlohou se vaši žáci určitě nebudou nudit.

Penny drop

Může mince padající z mrakodrapu ublížit člověku dole na chodníku?

Tato otázka směřuje ke stanovení mezní rychlosti padajících mincí. Vzhledem k nepravidelnému tvaru není výpočet možný, a proto se můžeme po vzoru seriálu uchýlit k experimentu. Pomocí zdroje tlakového vzduchu a plastové trubice sestrojíme jednoduché zařízení pro měření mezní rychlosti (viz obrázek 3). Rychlost proudění můžeme měřit anemometrem a také pomocí kuliček plastelíny. Pro plastelínu o hustotě $\rho = 1700 \text{ kg/m}^3$ odvodíme vztah pro mezní rychlost kuličky v v závislosti na jejím poloměru r :

$$v = \sqrt{\frac{16}{3} \frac{\rho}{\rho_v} r g}.$$



Obr. 3. Phone book friction

Je možné překonat tření mezi dvěma telefonními seznamy s proloženými stranami?

Jednoduchý problém pro domácí experimentování. Výsledkem je pěkná pomůcka do fyziky (viz obrázek 4). V tomto případě byly použity dva katalogy IKEA o cca 370 stranách, ke kterým jsou na hřbetech přišroubovány dřevěné úchyty.



Obr. 4. V seriálu můžete vidět roztržení pomocí dvou tanků.

Physical salary

Co když se příjem lidí bude neustále objevovat kolem nich v reálném čase? Kolik musím vydělávat, abych se dostal do vážných problémů?

Podrobné řešení viz [3]

Relativistic Baseball

Co by se stalo, pokud by se někdo snažil odpálit baseballový míček při rychlosti nadhodu $0,9 c$?

Podrobné řešení viz [3]

Tlak v pneumatice

Dobrý den, zajímalo by mě, zda se změní tlak v pneumatice po její montáži na automobil a spuštění heveru. V pneuservisu mi tvrdili, že ne, mě se to nezdá. Předem děkuji.

Podrobné řešení viz [4]

Závěr

Na závěr bych rád dodal, že kromě inspirace k přemýšlení a experimentování je tu ještě jeden efekt. Je potřeba počítat s tím, že mnoho studentů seriál mythbusters sledovalo a zná výsledky provedených pokusů.

Literatura

[1] https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_MythBusters_episodes

[2] <http://sites.google.com/site/jaroska14>

[3] <https://what-if.xkcd.com>

[4] <http://www.fyzweb.cz/odpovedna/index.php>

Pády a výstupy na rotující Zemi

JAN NOVOTNÝ

Katedra fyziky, chemie a odborného vzdělávání, PdF MU, Brno

Popis fyzikálních dějů v neinerciálních vztažných soustavách (NIS) zůstává obvykle při výuce stranou zájmu, protože fiktivní síly jsou pro studenty obtížně pochopitelné. Je to škoda, protože pohyb v neinerciální soustavě v dopravních prostředcích náleží k našim každodenním zážitkům. Rotace Země, na jejímž povrchu žijeme, má nezanedbatelné fyzikální důsledky. V příspěvku se budeme zabývat pohyby těles v tíhovém poli rotující Země a ukážeme, že jejich popis v NIS je výhodnější než v IS (např. vesmírný výtah). Upozorníme také na nepřesnosti a omyly, které se při výkladu daného tématu vyskytují.

Úvod

V Perelmanově knize *Zajímavá astronomie* je popsán pokus uskutečněný v 17. století. Dělová koule byla vypálena kolmo vzhůru a šlo o to zjistit, zda by měla v případě přesné kolmosti dopadnout zpět do hlavně. Autor porovnává dvě odpovědi. Podle novinového článku by koule při běžných parametrech měla dopadnout o tisíce kilometrů na západ, zatímco podle Flammarionovy úvahy založené na principu relativity by skutečně dopadla do hlavně. Jak konstatuje autor, obě odpovědi jsou mylné, ale Flammarionova je pravdě mnohem blíže. Tento závěr není v knize zdůvodněn a odkazuje se na odbornou literaturu. V dalším textu posoudíme celý problém.

Pohybové rovnice

Pro pohyb hmotného bodu (fakticky tělesa malých rozměrů) v tíhovém poli Země platí (zanedbáme-li odpor prostředí) vektorová pohybová rovnice

$$\frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = \vec{g} - 2\vec{\omega} \times \frac{d\vec{r}}{dt}$$

s počátečními podmínkami

$$\vec{r}(0) = \vec{r}_0, \vec{v}(0) = \vec{v}_0.$$

Druhý člen napravo představuje Coriolisovo zrychlení, které je důsledkem působení Coriolisovy síly. Předpokládejme, že pracujeme v malé oblasti prostoru, kde lze považovat \vec{g} za homogenní (na souřadnicích nezávislé) pole. Pak lze uvedenou diferenciální rovnici druhého řádu integrovat, čímž obdržíme rovnici prvního řádu

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{v}_0 + \vec{g}t - 2\vec{\omega} \times (\vec{r} - \vec{r}_0).$$

Nultá aproximace řešení je pohyb v homogenním poli bez vlivu Coriolisovy síly

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2$$

Dosazením do předchozí rovnice dostaneme rovnici

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{v}_0 + \vec{g}t - 2\vec{\omega} \times \left(\vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \vec{g}t \right),$$

z ní můžeme integrací určit první aproximaci

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \vec{g}t^2 - \vec{\omega} t \times \left(\vec{v}_0 t + \frac{1}{3} \vec{g}t^2 \right).$$

Tu opět dosadíme do rovnice a dostáváme

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{v}_0 + \vec{g}t - 2\vec{\omega} \times \left(\vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \vec{g}t^2 \right) + 2\vec{\omega} \times \left[\vec{\omega} t \times \left(\vec{v}_0 t + \frac{1}{3} \vec{g}t^2 \right) \right].$$

Její integrací dostáváme druhou aproximaci

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \vec{g}t^2 - \vec{\omega} t \times \left(\vec{v}_0 t + \frac{1}{3} \vec{g}t^2 \right) + 2\vec{\omega} t \times \left[\vec{\omega} t \times \left(\frac{1}{3} \vec{v}_0 t + \frac{1}{12} \vec{g}t^2 \right) \right].$$

Tak by se dalo pokračovat a získávat aproximace libovolného řádu. Je ovšem zřejmé, že vyšší aproximace ztrácejí souvislost s realitou.

V dalším se omezíme na první aproximaci a budeme se věnovat jen případu volného pádu a svislého vrhu.

Pád a svislý vrh

Polohu sledované objektu popíšeme polohovým vektorem $\mathbf{r}(t)$. Souřadnice zavedeme tak, že počátek máme na povrchu Země, osa z míří vzhůru, osa y na sever a osa x na východ. Zvolíme počáteční podmínky pro oba případy v zeměpisné šířce φ

$$\begin{array}{ll} \text{Pád:} & \vec{r}_0 = (0, 0, H) \\ & \vec{v}_0 = (0, 0, 0) \\ \text{Vrh:} & \vec{r}_0 = (0, 0, 0) \\ & \vec{v}_0 = (0, 0, V) \end{array}$$

Silové pole působí na částici je charakterizováno veličinami \mathbf{g} a $\boldsymbol{\omega}$

$$\vec{\omega} = (0, \omega \cos \varphi, \omega \sin \varphi)$$

$$\vec{g} = (0, 0, -g)$$

Dále platí

$$(\vec{\omega} \times \vec{g}) = (-g\omega \cos \varphi, 0, 0)$$

$$\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{g}) = (0, -\omega^2 g \sin \varphi \cos \varphi, \omega^2 g \cos^2 \varphi)$$

Pro pád

$$(\vec{\omega} \times \vec{v}_0) = (0, 0, 0)$$

$$\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{v}_0) = (0, 0, 0)$$

Pro vrh

$$(\vec{\omega} \times \vec{v}_0) = (\omega V \cos \varphi, 0, 0)$$

$$\vec{\omega} \times (\vec{\omega} \times \vec{v}_0) = (0, \omega^2 V \sin \varphi \cos \varphi, -\omega^2 V \cos^2 \varphi)$$

Dosažením do výsledku v první aproximaci dostaneme:

Pro pád:

$$x = \frac{1}{3} g \omega t^3 \cos \varphi$$

$$y = 0$$

$$z = H - \frac{1}{2} g t^2$$

Doba pádu $T_p = \sqrt{\frac{2H}{g}}$.

Odtud

$$x_p = \frac{2}{3} \sqrt{2} \omega \sqrt{\frac{H^3}{g}} \cos \varphi \quad x_p \text{ východní odchylka pádu při dopadu.}$$

Vrh:

$$x = -\omega V t^2 \cos \varphi + \frac{1}{3} g \omega t^3 \cos \varphi$$

$$y = 0$$

$$z = Vt - \frac{1}{2} g t^2$$

$$V = g \frac{T_V}{2} = \sqrt{2gH} \quad T_V = \frac{2V}{g} = 2T_p \quad \text{doba od vyhození po dopad}$$

$$x_V = \left(-\frac{1}{2} + \frac{1}{3}\right) g \omega T_V^3 \cos \varphi = -\frac{1}{6} g \omega T_V^3 \cos \varphi = -\frac{4}{3} g \omega T_p^3 \cos \varphi ,$$

což je západní odchylka vrhu při dopadu.

Při stejné výšce je tedy v první aproximaci $x_V = -4x_p$.

Symetrii křivky podle svislé osy dokážeme posunutím časového počátku do okamžiku dosažení maximální výšky $t^* = t - \frac{V}{g}$, pak

$$z = V \left(t^* + \frac{V}{g} \right) - \frac{1}{2} g \left(t^* + \frac{V}{g} \right)^2 = -\frac{1}{2} g t^{*2} + \frac{V^2}{2g} .$$

Omyly v literatuře

A. Řešení se snahou vyhnout se integraci [2]. V inerciální soustavě (IS), v níž je na počátku v klidu pata věže, jde o vodorovný vrh s počáteční rychlostí V_0 . Výhodní odchylka x_p se zjednodušeně počítá jako

$$\tilde{x}_p = H\omega T_p \cos \varphi = H\omega \sqrt{\frac{2H}{g}} \cos \varphi = \sqrt{2} \omega \sqrt{\frac{H^3}{g}} \cos \varphi .$$

Potíž je v tom, že pak se neshodujeme s výše uvedeným výsledkem první aproximace

$$x_p = \frac{2}{3} \tilde{x}_p .$$

V čem je chyba?

Odpověď:

Ani v naší IS nelze zanedbat pohyb vrcholu věže. Spolu s věží se v IS otáčí vodorovná rovina a tedy i vektor tíhového zrychlení \mathbf{g} . Srovnajme situace v časech $t = 0$, $t = T_p$.

Během pádu narůstá „přídavné“ zrychlení ve vodorovném (z hlediska použité inerciální soustavy) směru. Toto přídavné zrychlení je v 1. aproximaci: $g_r = -g\omega t \cos \varphi$ a jeho dvojitou integrací dostáváme:

$$v_r = -g\omega \frac{t^2}{2} \cos \varphi$$

$$x_r = -g\omega \frac{t^3}{6} \cos \varphi = -\frac{1}{3} \omega \sqrt{2} \sqrt{\frac{H^3}{g}} \cos \varphi$$

Tedy

$$x_p = \tilde{x}_p + x_r = \frac{2}{3} \omega \sqrt{2} \sqrt{\frac{H^3}{g}} \cos \varphi \text{ jak mělo být.}$$

B. Chybný je ovšem i následující postup řešení v neinerciální soustavě (uváděný pro pád na rovníku) :

$$\tilde{x}_p = \int_0^{T_p} v_x dt = \int_0^{T_p} a_c t dt = \int_0^{T_p} 2\omega g t^2 dt = 4 \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{\frac{H^3}{g}} = 2x_p .$$

Zde se zapomnělo na to, že Coriolisovo zrychlení je v čase proměnné a je třeba je integrovat, tedy

$$\tilde{x}_p = \int_0^{T_p} \left(\int_0^t a_c d\tau \right) dt = \int_0^{T_p} \omega g t^2 dt = x_p .$$

Přesné řešení rovnic pro pohyb v rotující soustavě

Je zajímavé, že pohybovou rovnicí lze výchozí vektorovou rovnicí lze vyřešit i přesně bez aproximací.

$$\text{Rovnice } \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = \vec{g} - 2\vec{\omega} \times \frac{d\vec{r}}{dt},$$

kde $\vec{g} = (0, 0, -g) = \text{konst.}$, $\vec{\omega} = (0, \omega \cos \varphi, \omega \sin \varphi) = \text{konst.}$, dává po rozepsání do složek:

$$\ddot{x} = 2\omega \dot{y} \sin \varphi - 2\omega \dot{z} \cos \varphi$$

$$\ddot{y} = -2\omega \dot{x} \sin \varphi$$

$$\ddot{z} = -g + 2\omega \dot{x} \cos \varphi$$

Zderivováním první rovnice dostaneme

$$\ddot{x} = 2\omega \ddot{y} \sin \varphi - 2\omega \ddot{z} \cos \varphi = 2\omega g \cos \varphi - 4\omega^2 \dot{x}$$

kteřou lze po dosazení řešit substitucí $\dot{x} = \xi$, pro případ volného pádu dostaneme

$$x = \frac{g \cos \varphi}{2\omega^2} (\omega t - \sin \omega t \cos \omega t)$$

$$y = -\frac{g \sin \varphi \cos \varphi}{2} \left(t^2 - \frac{\sin^2 \omega t}{\omega^2} \right)$$

$$z = H - \frac{g}{2} \left(t^2 \sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi \cdot \frac{\sin^2 \omega t}{\omega^2} \right)$$

Závěr

Viděli jsme, že snaha zjednodušit problém může vést k chybám, avšak rozbor těchto chyb pomáhá hlubšímu porozumění problému. Uveďme na konec několik konkrétních údajů.

Budova	H (m)	zeměp. šířka	x_p
mrakodrap Taj-pej	508	25°	22,7 cm
Eiffelova věž	300	48°	7,6 cm
Petřínská rozhledna	60	50°	6,5 mm

Literatura

- [1] Perel'man, J. I. *Zajímavá astronomie*, 1955.
 [2] http://fyzweb.cz/materialy/srazky_a_rotace/
 [3] Červenka, M. *195 problémů z mechaniky, elektřiny a magnetismu*, 2015. Dostupné z: <http://fyzika.feld.cvut.cz/~cervenka/vyuka/psfkyr/priklady.pdf>

eTwinningové projekty ve fyzice

VLADIMÍRA PAVLICOVÁ
Dům zahraniční spolupráce

V příspěvku bude představen eTwinning, aktivita Evropské komise, která podporuje spolupráci škol na dálku prostřednictvím digitálních technologií. Na příkladu konkrétních realizovaných projektu ukážeme, jak lze eTwinningové projekty začlenit do výuky v mateřské, základní či střední škole a rozvíjet tak u žáků fyzikální myšlení a manuální zručnost.

eTwinning – komunita škol v Evropě

Aktivita eTwinning (www.etwinning.net) umožňuje školám realizovat mezinárodní projekty na dálku, prostřednictvím digitálních technologií, a to v bezpečném a uživatelsky přívětivém prostředí. Za dobu 11 let fungování se eTwinning stal největší komunitou škol v Evropě, do které je zapojeno více než 390 000 učitelů a 160 000 škol. Mezi hlavní pilíře, na kterých je eTwinning postaven, patří spolupráce, vzájemná komunikace, bezpečnost a sdílení nápadů, poznatků a zkušeností. Pojdme si proto představit několik eTwinningových projektů, které se zaměřily na fyziku či rozvoj technického myšlení.

eTwinning pro nejmenší

Příkladem projektu, který lze realizovat s dětmi na prvním stupni základní školy či dokonce v mateřské školce, je „The European Chain Reaction 2016“ (<https://twinspace.etwinning.net/14485/home>), do kterého se zapojila Základní škola Stráž pod vedením paní Jany Pachlové. Jedná se v podstatě o mezinárodní soutěž, ve které každá přihlášená škola natočí krátké video demonstrující **dominový efekt**. Cílem je u dětí rozvíjet manuální zručnost, technické myšlení a kreativitu. Školy pak na základě shlédnutých videí vyberou mezi sebou vítěze. Tento projekt se pravidelně koná již od roku 2011, letos se do něj zapojilo 32 zemí. Video české školy můžete shlédnout na <https://youtu.be/INA8PruOsUc>.

Bádáme a objevujeme na základní škole

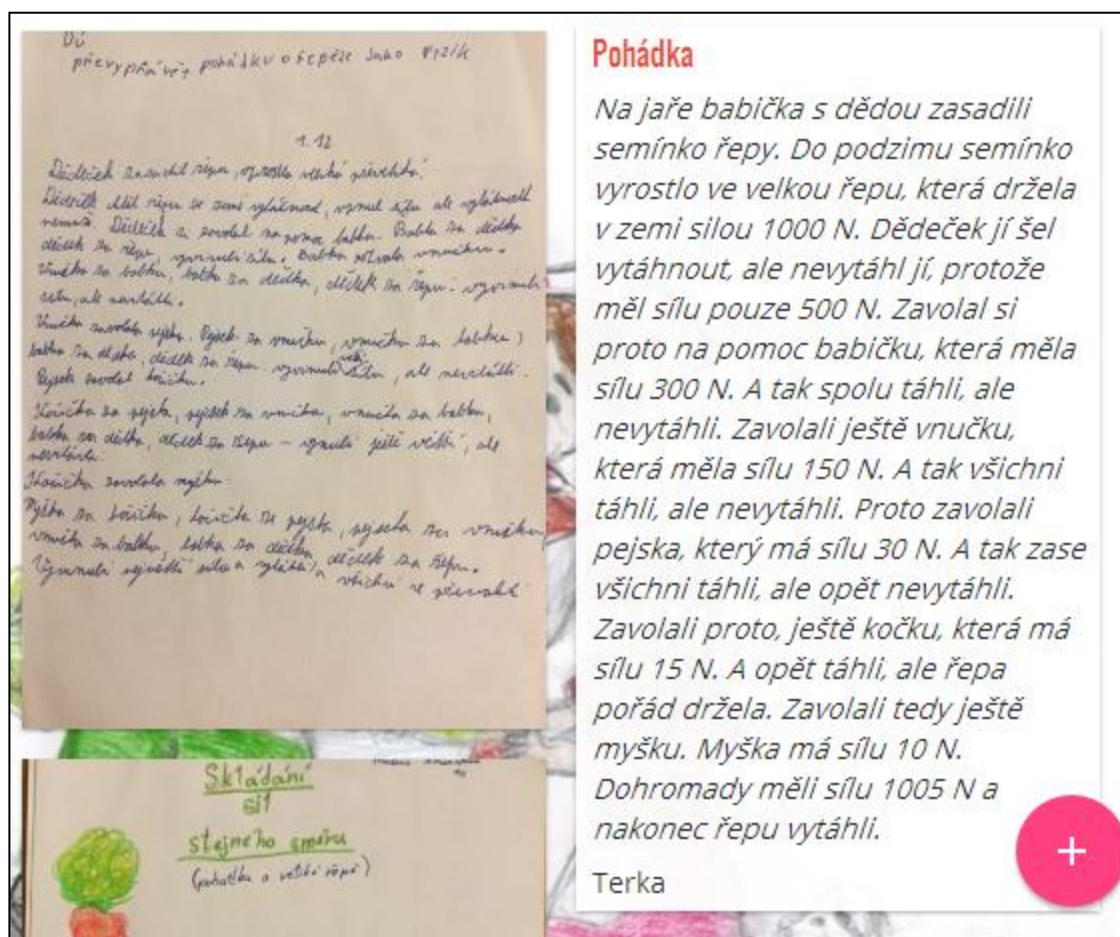
Vytvořit vlastní měřící jednotku a jednoduché měřící zařízení bylo jedním z úkolů v rámci projektu „Už viem prečo... Už vím proč... Juž wiem dlaczego...“, který byl určen pro žáky druhého stupně základních škol. Žáci navrhli a sestrojili **zařízení pro měření délky, objemu a hmotnosti** a také si stanovili vlastní měřící jednotku včetně jejího názvu a zkratky (např. 1 zrnko rýže, zkratka ZR). Díky tomu si žáci uvědomili, že volba měřící jednotky je záležitostí dohody a mezinárodních zvyklostí, a zároveň si procvičili, co jsou měřitelné a neměřitelné vlastnosti těles a jak má správně vypadat zápis. Své výtvořky sdíleli prostřednictvím fotek se svými vrstevníky ze Slovenska a Polska. Na úkolech pracovali ve skupinách, kde plnili různé role a učili se vzájemně naslouchat jeden druhému. Celým projektem provázely postavičky z aplikace

www.voki.com, kterým žáci propůjčovali svůj hlas a pro své zahraniční spolužáky namlouvali definice, popisovali fyzikální jevy apod. Projekt připravil pan Libor Kvapil ze Základní školy a mateřské školy Frýdek-Místek, Lískovec společně se slovenským a polským kolegou, výstupy projektu si lze prohlédnout na <https://twinspace.etwinning.net/11589/home>.



Obr. 1. Rovnoramenné váhy. Ukázky žákovských prací
(zdroj: <https://twinspace.etwinning.net/11589/home>)

Velmi hezký projekt s názvem „Stavíme mosty – Stavíme mosty“ vymyslela ve spolupráci se slovenskou kolegyní pro své „sedmáky“ paní Petra Boháčková ze Základní školy Dr. Edvarda Beneše, Praha 9 – Čakovice. V tomto celoročním projektu žáci zkoumali různé **konstrukce mostů** a zjišťovali, na jakých fyzikálních principech jsou založené. Hravým způsobem se tak seznámili s tématem **síla a její působení**. Jedním z dílčích úkolů bylo např. sepsat pohádku O řepě tak, jak by ji vyprávěl fyzik. Svá literární díla následně žáci umístili na elektronickou nástěnku aplikace <https://paddlet.com/>. V mezinárodních skupinách si pak zkusili sami navrhnout a sestavit papírový most, který má co nejmenší hmotnost, ale zároveň co největší nosnost. Součástí projektu byla i dokumentace mostů v okolí (např. v rámci exkurze ke Karlovu mostu v Praze). Ze závěrečného hodnocení vyplývá, že žáci oceňovali nejen to, že si mohli konstrukci mostů sami prakticky vyzkoušet, ale i to, že se naučili komunikovat a spolupracovat na dálku a uvědomili si, čeho se vyvarovat (např. dlouhé prodlevy v komunikaci). Projektové výstupy lze najít na <https://twinspace.etwinning.net/12090/home>.



Obr. 2. Jak by převyprávěl pohádku O řepě fyzik? Ukázky žákovských prací (zdroj: <https://twinspace.etwinning.net/12090/home>)

Fyzikální fotosoutěž na střední škole

Ukázat, že fyzika není abstraktní věda schovaná v učebnicích ve formě vzorců a definic, ale že je to podstata světa okolo nás, bylo motivem projektu „Inertia in Everyday life“. Žáci české a finské střední školy měli za úkol vytvořit a prezentovat fotografie ilustrující **setrvačnost v běžném životě** a zároveň připravit zajímavý experiment na stejné téma. Během společného setkání, které se odehrálo v českém science centru, pak předváděli experimenty svým vrstevníkům. Potvrdilo se, že je často rozdíl mezi teoretickými znalostmi žáků a jejich dovednosti získané poznatky aplikovat v praxi. Projekt žákům umožnil lépe pochopit setrvačnost jako důležitý fyzikální jev a všimnout si fyzikálních zákonitostí okolo sebe. Zvolené aktivity navíc motivovaly k většímu zapojení i žáky, které fyzika obvykle tolik nebaví, protože při nich mohli projevit své silné stránky (prezentační dovednosti, tvorba videa či fotografování). Projekt byl realizován v hodinách fyziky a anglického jazyka na Podještědském gymnáziu v Liberci pod vedením paní Vladimíry Erhartové.



1) Here is a glass, piece of paper and a coin. By quickly pulling the paper from between the glass and the coin, the coin falls to the bottom of the glass.



2) Here is a knife and a potato attached to the tip of it. When the knife is raised and then, with force, struck to the ground, the potato continues its movement and sinks downwards the blade.

Obr. 3. Setrvačnost v každodenním životě. Ukázky žákovských prací.
(zdroj: <http://inertiaineverydaylife.wikispaces.com/>)

Kde se lze dozvědět více?

Na portálu www.etwinning.net mohou učitelé získat inspiraci, vzdělávat se on-line, ale především vyhledávat partnery z evropských zemí a domluvit si s nimi společný projekt. Po schválení projektu dostanou k dispozici bezpečnou virtuální třídu TwinSpace, ve které mohou bezpečně sdílet výstupy žáků, plánovat další projektové aktivity či třeba komunikovat se zahraničními partnery prostřednictvím chatu. V prostředí TwinSpace mohou učitelé i žáci spolu komunikovat, vytvářet a ukládat projektové výstupy. Po dohodě partnerů mohou být některé výstupy zveřejněny tak, aby práci žáků mohli sledovat rodiče i široká veřejnost. Registrace na portál www.etwinning.net a veškeré aktivity, které na portálu může učitel využít, jsou k dispozici bezplatně. V každé zemi navíc působí Národní podpůrné středisko pro eTwinning, které školám poskytuje metodickou a technickou podporu. Učitelé se mohou bezplatně zúčastnit regionálních metodických seminářů, webinářů či různých národních i mezinárodních akcí (více viz česká informační stránka www.etwinning.cz). Národní podpůrné středisko pro eTwinning v České republice je součástí Domu zahraniční spolupráce (DZS), příspěvkové organizace zřízené Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy.

Pár zajímavých nápadů VII

VÁCLAV PAZDERA

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9

Příspěvek předkládá pár námětů na výrobu jednoduchých pomůcek. Dále jsou v příspěvku uvedeny i jednoduché náměty na pokusy s těmito pomůckami.

Detekční nádoba

Při výuce kapitoly *Magnetismus* používám na zkoumání magnetického pole celou řadu pomůcek: železné piliny, senzorovou fólii, detekční destičku, snímač magnetického pole.



Obr. 1. Zkoumání magnetického pole pomocí: železných pilin, senzorové fólie, detekční destičky, snímače magnetického pole.

Na prostorové (3D) zkoumání magnetického pole výrobci pomůcek prodávají různé detekční nádoby.



Obr. 2. Detekční nádoby na „3D“ zkoumání magnetického pole

Já jsem si vyrobil detekční nádobu ze zavařovací sklenice.



Obr. 3. Detekční nádoba ze zavařovací sklenice

Do víčka zavařovací sklenice jsem vytvořil otvor 25,5 mm (vnější průměr PET preformy) a do něj jsem tavící pistolí přilepil PET preformu [1]. Do láhve jsem nasypal asi 100 g železných pilin. Láhev jsem uzavřel víčkem s nalepenou PET preformou. Nyní do PET preformy můžeme nasunout válcový magnet o průměru 20 mm (maximální průměr) a asi 65 mm dlouhý (maximální délka).



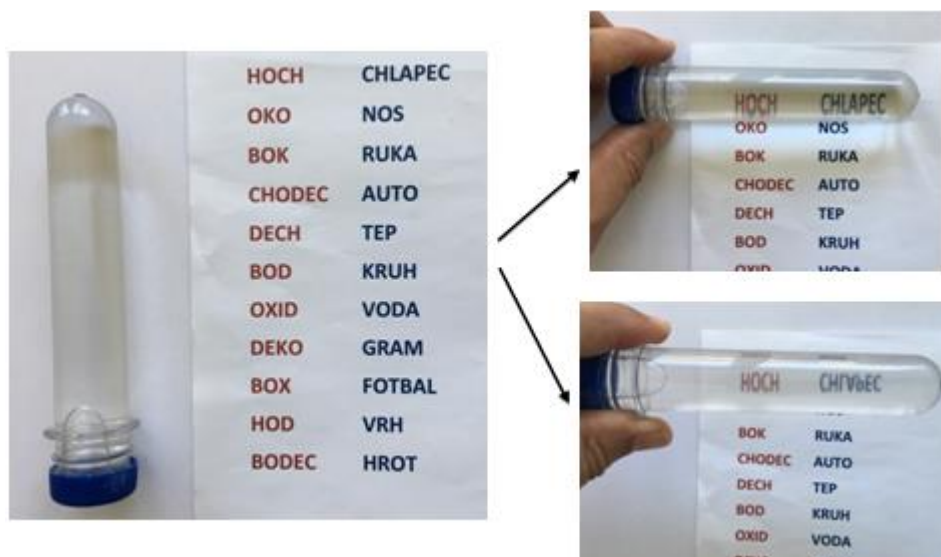
Obr. 4. Válcový magnet poskládaný z 6 neodymových magnetů (jeden magnet má průměr 15 mm, výška 10 mm)

Na obr. 3 můžeme vidět magnetické pole tohoto válcového magnetu po zasunutí do PET preformy. Na obr. 5. můžeme vidět další možnosti zkoumání magnetického pole různých uspořádání magnetů uvnitř PET preformy.



Obr. 5. Vlevo dva magnety souhlasnými póly k sobě a mezi nimi železný váleček. Vpravo železný váleček připojený k válcovému magnetu.

PET preformu můžeme ve fyzice použít i k jiným účelům. Např. v optice – viz obr. 6.

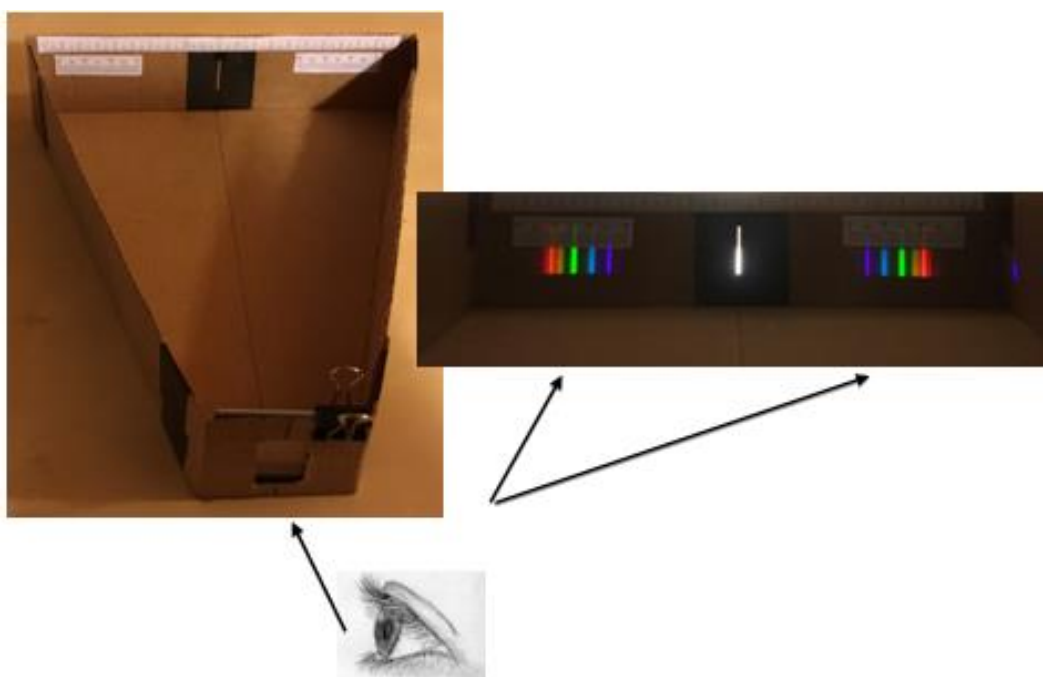


Obr. 6. Ukázka použití PET preformy v optice

Spektrometr

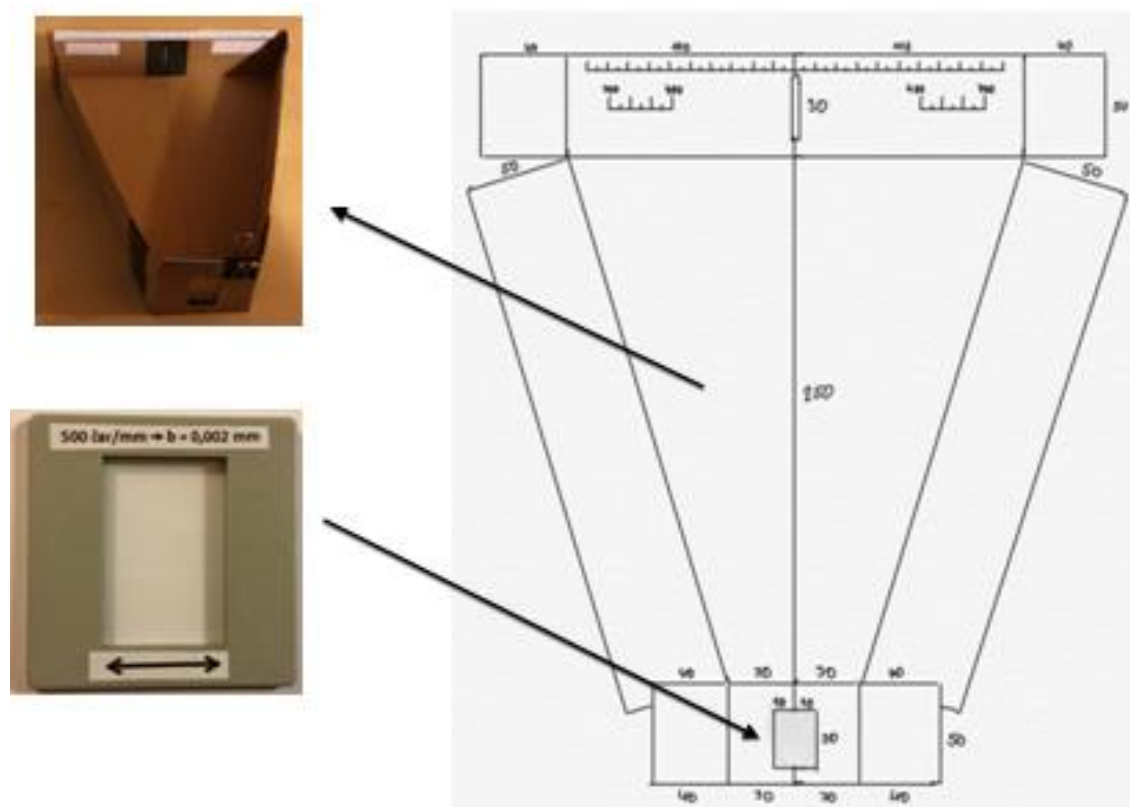
Na dílnách Heuréky jsme v roce 2005 [2] a v roce 2014 [3] vyráběli jednoduché spektroskopy z „CD“ a „difrakční fólie“.

V letošním roce (2016) jsem vytvořil **spektrometr** vyrobený z difrakční fólie. Tento spektrometr funguje stejně jako spektroskop vyrobený z difrakční fólie. Na jedné straně je štěrbinu a na druhé straně je mřížka. Podrobný popis viz [4]. K tomuto uspořádání jsou přidány dvě stupnice (viz obr. 7.), na kterých je možné odečítat vlnovou délku světla (400 až 700 nm). Difrakční fólii jsem zakoupil u Údifu [5]. Použil jsem fólii 500 čar/mm vloženou do rámečku diapozitivu.



Obr. 7. Spektrometr

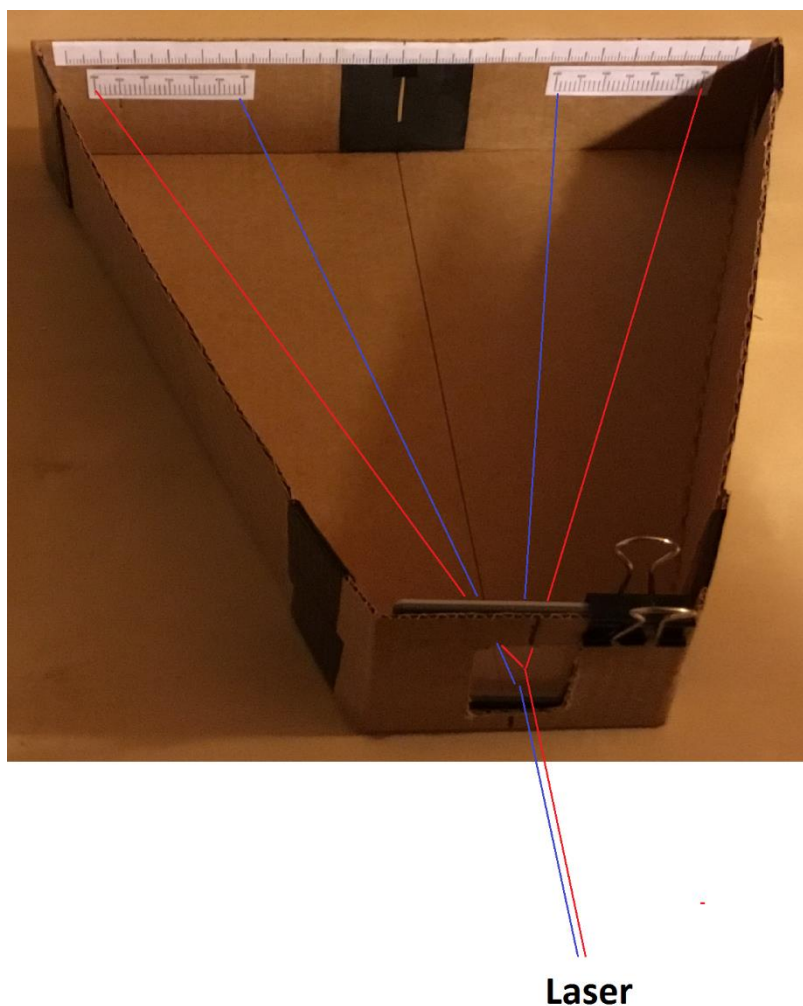
Z tenkého kartónu jsem vystříhl a slepil „tělo“ spektrometru – viz obr. 8.



Obr. 8. Výroba spektrometru

Pomocí tohoto spektrometru můžeme pozorovat spektra různých světelných zdrojů: žárovek, LEDek, zářivek (viz spektrum na obr. 7.), výbojek...

Tento spektrometr můžeme použít také k měření vlnové délky laserů.



Obr. 9. Ukázka měření vlnové délky červeného a modrého laseru

Do okénka difrakční mřížky svítíme červeným, zeleným nebo modrým laserem. Na stupnici můžeme odečíst vlnovou délku světla laseru (viz obr. 7.).

Závěr

Přeji všem hodně zajímavých námětů (nápadů) na výrobu jednoduchých pomůcek a radost z objevování (potvrzování) fyzikálních zákonitostí.

Literatura

- [1] <http://www.vyrobalahvi.cz/bema-vyroba/eshop/21-1-Preformy/5-2-PCO/5/272-Preforma-PCO-38g-clear>
- [2] Schwabacher, A., Pazdera, V. *Jednoduchý spektroskop*, in Dílny Heuréky 2005. str. 118.
- [3] Pazdera, V. *Výroba spektroskopu*, in Dílny Heuréky 2014. str. 151.
- [4] <http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/20-19-Necas.html>
- [5] <http://udif.cz/objednavka/distribuce-pomucek>

Strípky z novolišeňského vědohraní

*VĚRA PEJČOCHOVÁ, DANIELA NOVÁKOVÁ A KOL.
ZŠ Brno, Novolišeňská*

Príspevek je zaměřen na ukázkou vědeckotechnických aktivit na ZŠ Novolišeňská s konkrétními ukázkami, návody na pokusy a na fyzikální modely a hračky.

ŠOK (školní odborný klub)

Vědohraní je nejen název tradiční interaktivní vědeckotechnické akce pořádané na ZŠ Novolišeňská, ale v tomto příspěvku je chápáno jako hra s vědou a na vědu.

Fyzikální a vědeckotechnické akce jsou na ZŠ Novolišeňská organizovány pod hlavičkou ŠOKu (školního odborného klubu). Kromě pravidelných setkání formou tvořivých dílen s různým tematickým zaměřením a nácviky fyzikálního představení jsou organizovány většinou tradiční vědeckotechnické akce, např. Škola plná kouzel (pro všechny líšeňské MŠ), Vědohraní (připravují žáci II. stupně pro všechny žáky I. stupně ZŠ). Žáci se také účastní různých akcí organizovaných jinými institucemi, např. Noc vědců na FCH VUT (expoziční Hrátky s optikou), oslavy 1. výročí Videa science centra (fyzikální představení „Čaroděj ze země AKIZYF“), návštěva učitelů Heureka (fyzikální představení, čarodějnická tvořivá dílna, občerstvení s fyzikou a chemií a výstavka magnetických hraček).

Den Země

Letos jsme poprvé organizovali na škole Den Země jako ucelenou akci pro žáky celého II. stupně. Pro 6. ročník byl připraven projekt Neuvěřitelná příroda (chráněné oblasti v okolí Brna, jeskyně, práce speleologa, ekologické hry, zhotovení geody, tvořivá soutěž „Létající vajíčko“). Pro 7. ročník byl připraven projekt Ostrov plastů (plasty a jejich recyklace, plasty a teplo, bioplasty, výroba bioplastu, výstavka výrobků z PET lahví, zhotovení a střílení raket z PET lahví). Pro žáky 8. a 9. ročníku byl připraven program na FCH VUT Brno, se kterou má ZŠ podepsanou smlouvu o spolupráci.

Následují návody na aktivity, které se žákům líbily. Lze je využít ve výuce fyziky a jsou konkrétními ukázkami mezipředmětových vztahů s přírodopisem a chemií.

Zhotovení geody /částicová stavba látek, krystalizace/

Geoda je horninové těleso (kámen), který má uprostřed dutinu, která je po obvodu vyplněna malými nebo velkými krystaly směřujícími dovnitř dutiny (krystaly křemene, zeolitů, ...).

Základem při tvorbě geod byly unikající plynné bubliny, které zůstaly v chladnoucích horninách.

Potřeby:

syrová vejce, hořká sůl (síran hořečnatý – $MgSO_4$), potravinářské barvivo (nejlépe tekuté), nůž, štěteček nebo vatový ušní tampón, lepidlo Herkules, hrnek na vaření vody, misky

Postup:

Vajíčka rozklepneme na polovinu (můžeme si pomoci nožem), vyprázdníme je, vymyjeme a necháme uschnout. Na vnitřní stranu skořápky nanese pomocí štětečku nebo vatového ušního tampónu lepidlo. Poprášíme ho vybranou solí a necháme dobře zaschnout (třeba přes noc). Do kastrolku dáme vodu, uvedeme ji do varu a postupně přidáváme vybranou sůl. Sůl přidáváme do doby, než se přestane rozpouštět. Roztok soli necháme vychladnout. Vznikne potřebný přesycený roztok. Až bude roztok vychlazen tak, že do něj můžeme dát ruce, vložíme do něj připravené skořápky, případně větší dávku potravinářské barvy. V klidu necháme růst krystaly. Doporučení – i 3 týdny. Pak vyjmeme skořápky s krystaly z roztoku a necháme je uschnout. S pomocí lupy si krystaly můžeme lépe prohlédnout.



Na vnitřní stranu skořápky nanese pomocí štětečku nebo vatového ušního tampónu lepidlo. Poprášíme ho vybranou solí a necháme dobře zaschnout (třeba přes noc). Do kastrolku dáme vodu, uvedeme ji do varu a postupně přidáváme vybranou sůl. Sůl přidáváme do doby, než se přestane rozpouštět. Roztok soli necháme vychladnout. Vznikne potřebný přesycený roztok. Až bude roztok vychlazen tak, že do něj můžeme dát ruce, vložíme do něj připravené skořápky, případně větší dávku potravinářské barvy. V klidu necháme růst krystaly. Doporučení – i 3 týdny. Pak vyjmeme skořápky s krystaly z roztoku a necháme je uschnout. S pomocí lupy si krystaly můžeme lépe prohlédnout.

Vysvětlení:

Ke vzniku krystalů hořké soli je třeba přesycený roztok. Přesycený roztok je takový, v němž se nachází více atomů pevné látky ve vodě, než je normální. Takový roztok si doma vyrobíme tak, že jej nejdříve zahřejeme a pak zchladíme. Krystaly se začnou vytvářet, když přesycený roztok obsahuje „jádrový“ atom nebo molekulu, kolem které se shromažďují další atomy z roztoku. V našem případě rostou krystaly na základu soli, kterou jsme nasypaly na lepidlo.

Bezpečnost:

Rozseknout vajíčko a vařit vodu by měl dospělý.
Po práci se syrovými vajíčky si vždy umyjeme ruce.

Další náměty a poznámky:

Nám se osvědčil síran hořečnatý heptahydrát (magnesii sulfas heptahydricus), který nám dala jako sponzorský dar jedna maminka – lékárnice.

Ke zhotovení geody můžeme využít také kamenec – síran draselno-hlinitý – $KAl(SO_4)_2$. Obě soli můžeme koupit v technické drogerii nebo na internetu. Hořkou sůl v drogerii (velké krystaly) koupíme jako hnojivo. Můžeme ji koupit i v lékárně (drobnější krystalky)

Geody můžeme zhotovit se solí nebo cukrem. Pak můžeme porovnat tvary krystalů různých solí.

Pokus s lepidlem a rostoucími krystaly můžeme udělat i na jiných předmětech.

Výroba bioplastu

/chemie, ekologie, termika, vlastnosti látek/

Většina plastů se vyrábí z nafty. My si vyrobíme plast z rostlinných materiálů.

Potřeby:

kukuřičný škrob, rostlinný olej, ocet, potravinářská barva, kapátko, polévková lžice, talíř, plastový uzavíratelný sáček, mikrovlnka, kuchyňské chňapky,



Postup - 1 dávka:

Do kelímku nasypeme 2 polévkové lžice kukuřičného škrobu a přidáme 2 polévkové lžice vody, zamícháme. Kapátkem přidáme 6 kapek rostlinného oleje, 6 kapek octa a 2 kapky potravinářské barvy, které jsme předem rozpustili ve vodě. Promícháme. Směs nalijeme do sáčku a uzavřeme ho (ne úplně). Sáček položíme na talíř a zahříváme ho v mikrovlnné troubě asi 30 sekund. Talíř vyndáme z mikrovlnky. Než otevřeme sáček, necháme ho trochu vychladnout.

Vysvětlení:

Základní surovinou pro výrobu bioplastu je rostlinná biomasa např. (kukuřice, obilniny, brambory, cukrová řepa, cukrová třtina, sója, tabák) a přírodní suroviny jako např. celulóza a lignit. Bioplast je vyráběn ze škrobu těchto rostlin. Aby se škrob přeměnil na látku vlastnostmi odpovídající plastům z ropy, je nutné jej vystavit vysokým teplotám a pomocí izolace z něj získat glukózu. Kvašením je z glukózy získána kyselina mléčná a později kyselina polymléčná (Polylactid acid) tzv. „PLA“.

Bezpečnost:

Pozor na popáleniny!

Crash test - soutěž „Létající vajíčko“ – soutěž pro 3 - 4 členná družstva

/mechanika, gravitační síla/

Úkol:

Myslíte si, že vajíčko může létat. Může, ale musíte mu pomoci. Každá skupina dostane soubor materiálů a pomůcek. Z nich máte zhotovit speciální „zařízení“ na vajíčko. Vajíčko budete spouštět z 2. poschodí a při dopadu na zem se nesmí rozbít. Při přemýšlení musíte zvážit všechny skutečnosti, které mohou pomoci letu i uschování vajíčka (měkký dopad, zbrzdění letu...).

Základní pravidla:

Každá skupina obdrží startovací balíček 1 000 bodů.

Za tyto body si můžou družstva nakupovat materiál:

starý papír formát A4	100 bodů
kousek plastelíny	50 bodů
nafukovací balónek	300 bodů
mikroténový sáček	50 bodů
1 m provázku	50 bodů
kus izolepy	50 bodů
1 kancelářská sponka	10 bodů
1 brčko	20 bodů
špejle	10 bodů

Materiál se může nakupovat průběžně.

Každé družstvo musí vyrobit létající stroj, vajíčko se nesmí pustit volně.

Zařízení se staví ve stanoveném čase – cca 45 min.

Družstvo svůj létací stroj pojmenuj.

Vajíčko se „pouští“ z okna ve 2. poschodí na malý dvůr.

Hodnocení:

Hodnotí se:

název létajícího zařízení	+ (0 až 30)
estetičnost zpracování	+ (0 až 100)
elegance letu	+ (0 až 100)
rozbití vajíčka	– (0 – 100) <i>tyto body se odečítají</i>

Výsledné hodnocení = název + estetičnost + elegance letu a rozbití vajíčka + zůstatek bodů ze startovacího balíčku

Vědohraní

Vědohraní je tradiční interaktivní vědeckotechnická akce, kterou připravují žáci II. stupně s učiteli pro všechny třídy I. stupně ZŠ, letos s mottem „Do světa pohádek a fantazie. Žáci 1. – 3. tříd navštívili Papírové království (fyzikální představení, herny s pokusy a funkčními hračkami z papíru, tvořivé dílničky). Žáci 4. – 5. tříd se zúčastnili „Kosmické expedice na planetu XYZ“. Prošli náročnou přípravou kosmonautů (úkoly na postřeh, logické myšlení, prostorovou představivost, práci s informacemi i na prověření některých manuálních dovedností). Vyrobili si a stříleli vodní rakety z PET lahví nebo přistávací modul – létající talíř, provedli průzkum neznámé planety, na které přistály.

Střílečka z roličky od toaletního papíru (ukázka z dílny z Papírového království)

*/mechanika, polohová a pohybová energie
a jejich přeměna/*

Potřeby:

*rolička od toaletního papíru, gumička, káček,
2 malé kousky špejle, malé nůžky, kousek papíru*



Postup:

V roličce od toaletního papíru uděláme pomocí nůžek 2 díry (asi 1 – 1,5 cm od okraje). Oběma otvory pomocí háčku protáhneme gumičku a proti vyklouznutí ji zajistíme na každé straně kouskem špejle.

Náboj do této střílečky vyrobíme z tenkého papíru (zbytek výkresu). Malý obdélníček přehneme na polovinu (případně natříkrát), a pak ho přehneme do „večka“.

Střílečku vezmeme do jedné ruky, otočíme ji k sobě gumičkou. Střed „večka“ náboje zachytíme za gumičku a pomocí něho natáhneme gumičku k sobě. Pak pustíme. Papírový náboj proletí vnitřkem roličky, vyletí z ní a letí do poměrně velké vzdálenosti.

Vysvětlení:

Natáhneme-li gumičku, konáme práci. Ta zůstane uschována jako polohová energie pružnosti gumičky. Gumičku pustíme. Polohová energie se mění na pohybovou a předává se i papírovému náboji.

Polodrahokamy (geologický průzkum planety)

/termika, plasty a vlastnosti látek/

Potřeby:

Mikroténové sáčky různých barev, alobal, nůž, trouba

Postup:

Namačkaním mikroténových sáčků vytvoříme jádro a kolem něj napevno „ovijíme“ sáčky dalších barev. Vše zabalíme do alobalu a dáme do trouby zapnuté na plný výkon. Pečeme asi 15 – 20 minut podle druhu trouby a velikosti alobalových kouli. Opatrně pomocí kleští nebo rukavice vyndáme kouli na prkénko, necháme trochu vychladnout, odstraníme alobal a ostrým nožem rozřízneme na polovinu.

Vysvětlením.

Teplem se plasty deformují, smršťují.

Přítulnice obolživelná (průzkum fauny planety)

/zeletrování těles, el. náboj, el. polarizace, elektrická síla, vztlaková síla a plování těles/

Potřeby:

Mikroténové sáčky, tenký provázek (nit'), nůžky, brčko, větší láhev (platová nebo i skleněná)

Postup:

Mikroténový sáček rozstříháme. Ze vzniklého obdélníku vystříháme čtverec a z něj kruh. Brčko dáme do středu kruhu a vytvoříme kolem něj malou hlavičku. Provázkem obmotáme krček u hlavičky.



Pomocí brčka hlavičku trochu nafoukneme, vystrčíme rychle brčko a „zakrotíme krček“ tak, aby neunikl vzduch.

Pak omotáme a dobře zavážeme provázek. Zbylou kruhovou část kolem hlavičky rozstříháme na chapadla. Na hlavičku můžeme namalovat permanentním fixem oči nebo nalepit chemoprénem koupená plastová očka.

a) Vzniklou „chobotničku“ třeme o vlasy, oděv nebo kožešinu a pak ji přiložíme ke stěně. Chobotnička na stěně drží i několik hodin.

b) Chobotničku můžeme dát do větší láhve s vodou. Plave, má vystrčenou hlavičku a pod ní jsou chapadla. Obrátíme láhev, chobotnička vyplave opět na hladinu.

Vysvětlení:

a) Třením získá chobotnice elektrický náboj. Přitáhne se k nezelektrované stěně (el. polarizace), a protože je lehká drží na ní (elektrická síla je větší než gravitační).

b) Dáme-li ji do vody, plove vždy nahoře, protože její průměrná hustota je menší než hustota vody. Budeme-li mít dost trpělivosti, můžeme přidáním malého množství vody pomocí brčka do hlavičky chobotnice docílit toho, že bude vždy plovat těsně pod hladinou vody ve sklenici.

Živočichové jako na Zemi (průzkum fauny na planetě)

Na planetě žijí pravděpodobně stejní živočichové jako na Zemi. Naši jazykovědci totiž rozluštili následující názvy živočichů:

Žíbola je žízala (ží – bol – a → ží – žal – a)

Khltan je klokan (k – hlt – an → k – lok – an)

Podarí se vám rozluštit názvy dalších živočichů?

Dikmalba

Rosmrada

Vladařík

Khovorek

Řešení

Dikobraz	Dik – malba	Dik – obraz
Ropucha	Ro – smrad – a	Ro – puch – a
Králík	Vladař – ík	Král – ík
Křeček	K – hovor – ek	K – řeč – ek

Magnetická hmota (geologický průzkum planety)

/magnety, feromagnetické látky/

Potřeby:

Lepidlo Hekules, velmi jemné železné piliny, borax, voda, neodýmový magnet, 2 misky, dřevěná tyčka jako míchadlo, (potravinářská barva)

Postup:

100 ml Herkulesu rozpustíme ve 100 ml vody. Ve 100 ml horké vody rozpustíme 20 ml boraxu. Oba roztoky smícháme, promícháváme míchadlem, pak propracujeme rukama. Děláme delší dobu, musí proběhnout chemická reakce. Můžeme přidat potravinářskou barvu. Odebere-me sliz do druhé misky a přidáme železné piliny (asi 2 až 3 polévkové lžíce). Vzniklá hmota nesmí být moc hustá

Dáme-li ke hmotě silný neodýmový magnet, hmota se začne k magnetu přitahovat a začne magnet zesponu obalovat.

Vysvětlení:

Hmota obsahuje drobné částičky feromagnetického železa, proto se k neodýmovému magnetu přitahuje.

Poznámka:

Hmotu nelze dlouho uchovat, protože piliny rezivějí.



Hmota elektricky vodivá (geologický průzkum planety)

a) Zhotovení elektricky vodivého těsta

Potřeby:

230 ml vody, 160 g mouky, 160 g soli, 2 vrchovaté polévkové lžice vinného kamene (hydrogenvinan draselný), 1 polévková lžice rostlinného oleje, potravinářská barva, malý hrnec, vařečka, polévková lžice, prkénko, vařič

Postup:

Vodu a sůl dáme do hrnce, uvedeme do varu a vaříme, až se většina soli rozpustí. Ztlumíme vařič a přidáme ostatní přísady, nepřetržitě mícháme, až se vytvoří „bakule“. Hrnec sundáme z vařiče, těsto dáme na prkénko poprášeného moukou a ještě ho hněteme, až se vytvoří těsto požadované hustoty. Můžeme přidat i barvu.

Těsto uchováváme ve vzduchotěsné dóze nebo plastovém sáčku. V plastovém sáčku se však kondenzuje voda. Pak stačí těsto po vyjmutí ze sáčku prohníst a bude jako „nové“. Těsto vydrží i několik týdnů.

b) Zhotovení elektricky nevodivého těsta

Potřeby:

1 ½ hrnku mouky, ½ hrnku cukru, 3 polévkové lžice rostlinného oleje, ½ hrnku destilované vody, mísa, vařečka, prkénko

Postup:

V míse smícháme cukr a mouku (asi ½ hrnku necháme na přidání na závěr). Přidáme olej a postupně po lžících přidáváme vodu. Propracujeme na hladké těsto. Dle potřeby můžeme přidat vodu nebo mouku.

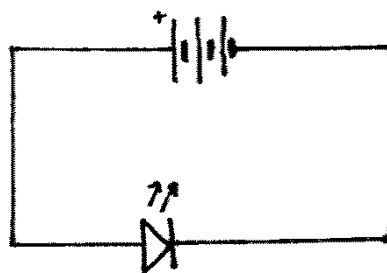
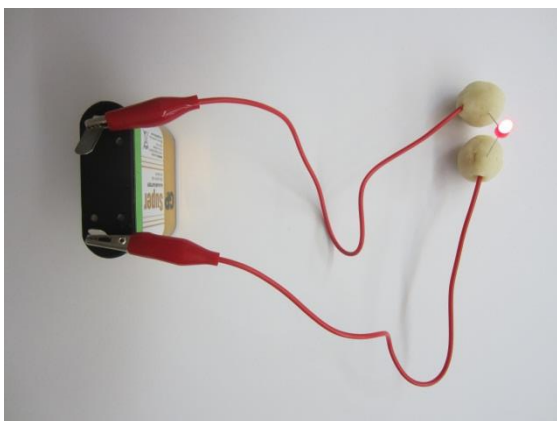
Toto těsto nemusíme dělat. Pro většinu pokusů ho nepotřebujeme. Neobejdeme se však bez něj, pokud budeme dělat nějaké „elektrické figurky“.

c) Sestavování elektrických obvodů

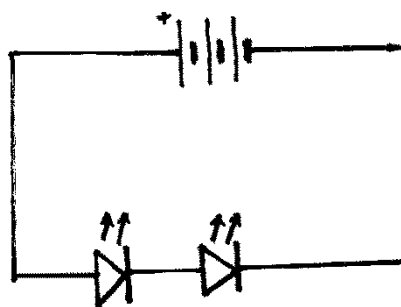
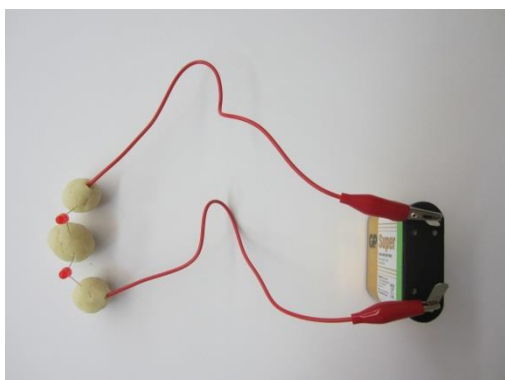
Další potřeby:

vodiče, baterie 4,5 V a 9 V, různé LED diody, bzučák, motorek..., nůž, dřevěná nebo kartonová podložka

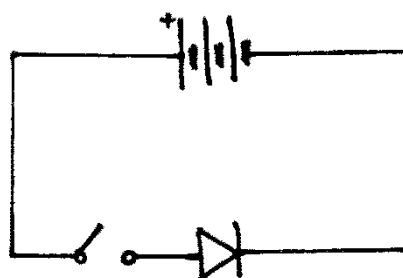
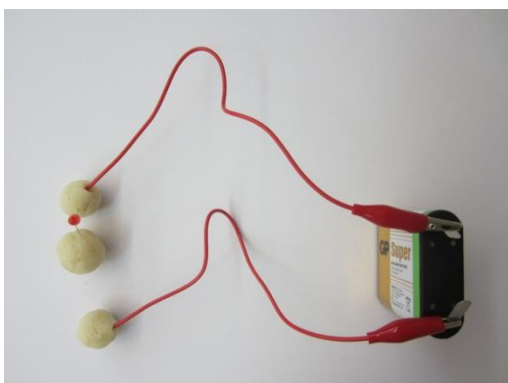
1. Jednoduchý el obvod s 1 LED diodou



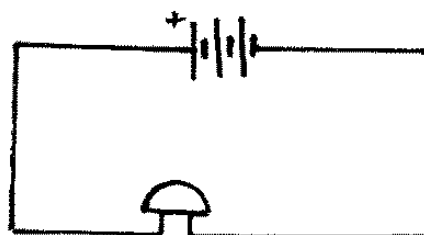
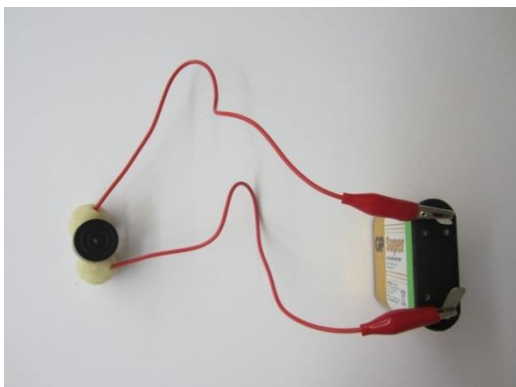
2. Sériové zapojení 2 LED diod



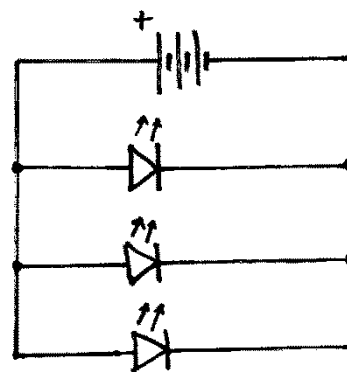
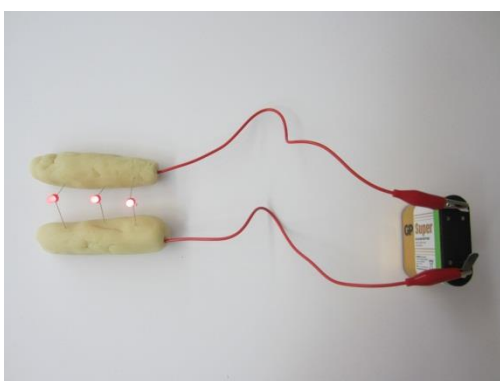
3. El. obvod s LED diodou a otevřeným spínačem



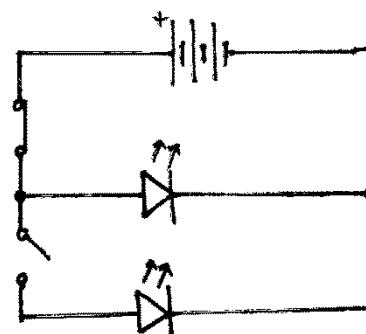
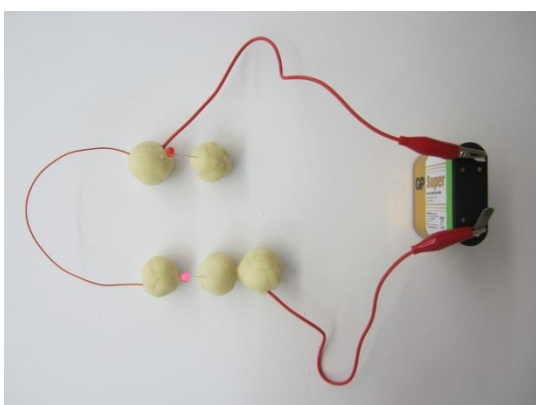
4. El. obvod se bzučákem (zvonkem)



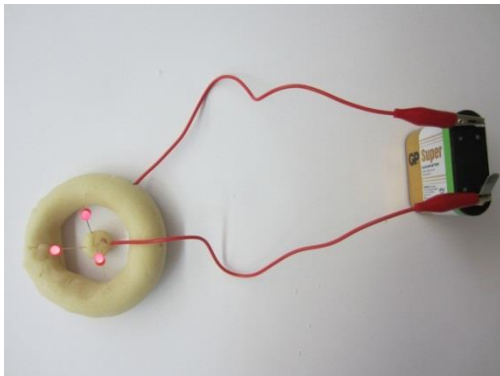
5. Paralelní zapojení 3 LED diod



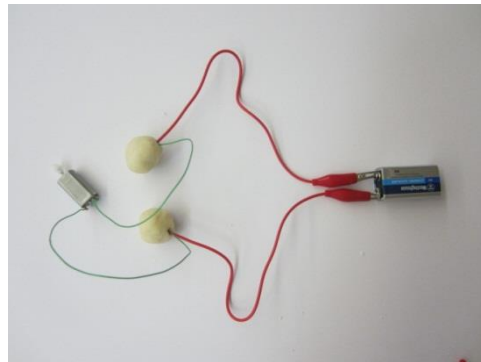
6. Paralelní zapojení 2 LED diod s otevřeným spínačem



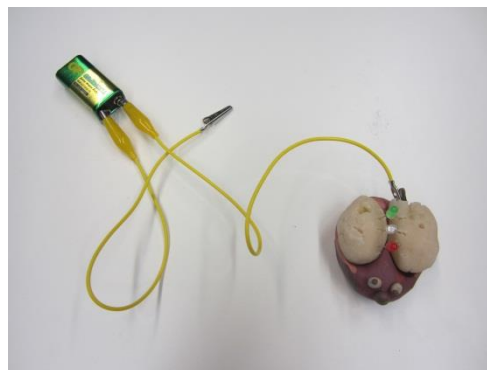
7. Zapojení 3 LED diod paralelně jinak



8. Zapojení s elektromotorkem



Můžeme s dětmi vymýšlet i jiná zapojení. **Využijeme-li nevodivé těsto, můžeme tvořit například figurky zvířat a zapojovat do nich diody, bzučák...**



6 desek (karty) s čísly (neznámé předměty na planetě)

Na planetě XYZ byl nalezen soubor 6 číselných karet. Proběhl jejich výzkum. Co bylo zjištěno:

Na kartách jsou čísla od 1 do 63.

Na všech kartách je stejný počet čísel – 32,

1. číslo na každé kartě je mocninou čísla 2

$$1 = 2^0 \qquad 2 = 2^1 \qquad 4 = 2^2$$

$$8 = 2^3 \qquad 16 = 2^4 \qquad 32 = 2^5$$

Každé číslo od 1 do 63 můžeme zapsat jako jediný součet čísel uvedených na 1. místě na kartách.

$$1 = 1 \qquad 2 = 2 \qquad 3 = 1+2$$

$$4 = 4 \qquad 5 = 1+4 \qquad 6 = 2+4$$

$$7 = 1+2+4 \qquad 8 = 8 \qquad 9 = 1+8$$

$$10 = 2+8 \qquad 11 = 1+2+8 \qquad 12 = 4+8$$

$$13 = 1+4+8 \qquad 14 = 2+4+8 \qquad 15 = 1+2+4+8$$

.....

$$30 = 2+4+8+16 \quad \dots \quad 51 = 1+2+16+32 \quad \dots \quad 63 = 1+2+4+8+16+32$$

Podle těchto součtů jsou také tvořeny karty. Číslo je uvedeno na všech kartách, jejich první číslo je sčítancem tohoto součtu.

Jak můžeme karty využít?

Pomocí těchto karet můžete uhádnout jakékoli číslo od 1 do 63, které si myslí kamarád.

Karty dáme nějakému kamarádovi s výzvou, aby si myslel číslo od 1 do 63. Aniž by vám myšlené číslo prozradil, vrátí vám všechny karty, na nichž je myšlené číslo napsané.

Myšlené číslo pak rychle určíme tak, že sečteme první čísla na vrácených kartách.

Vyzkoušejte si to.

Šablona:

<p>1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 X 25 27 29 31 Y 33 35 37 39 Z 41 43 45 47 49 51 53 55 57 59 61 63</p>	<p>2 3 6 7 10 11 14 15 18 19 22 23 X 26 27 30 31 Y 34 35 38 39 Z 42 43 46 47 50 51 54 55 58 59 62 63</p>
<p>4 5 6 7 12 13 14 15 20 21 22 23 X 28 29 30 31 Y 36 37 38 39 Z 44 45 46 47 52 53 54 55 60 61 62 63</p>	<p>8 9 10 11 12 13 14 15 24 25 26 27 X 28 29 30 31 Y 40 41 42 43 Z 44 45 46 47 56 57 58 59 60 61 62 63</p>
<p>16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 X 28 29 30 31 Y 48 49 50 51 Z 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63</p>	<p>32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 X 44 45 46 47 Y 48 49 50 51 Z 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63</p>

Matemagické sčítací sloupce

Na planetě byly nalezeny 4 sloupce se 4 čísly na 4 stěnách každého sloupce. Při jejich výzkumu bylo zjištěno, že 4 čtyřciferná čísla na stěnách sloupců můžeme sečíst velmi rychle.

Můžete si vyrobit jejich kopie.

Potřeby:

4 šablony (viz příloha), nůžky, lepidlo

Postup:

4 šablony, nejlépe ve 4 barvách, vystříhneme a podle čárkovaných čar ohneme. Tečkovanou záložku natřeme lepidlem a slepíme hranolovité tyčky čísel. Tyčky položíme vedle sebe. Dostaneme vždy 4 řady čtyřmístných čísel.

S našimi čísly vytvořenými pomocí sloupců můžeme určit rychle součet všech 4 řad s čísly pod sebou.

Vyzkoušíme si to třeba na sčítání čísel:

$$\begin{array}{r} 7629 \\ 2474 \\ 6238 \\ \hline 9895 \\ 2\ 6236 \end{array}$$

Jak?

→ vždy se podíváme na 3. řádek (čtyřmístné kombinace čísel)

Např. $7\ 6\ 2\ 9$

$2\ 4\ 7\ 4$

$6\ 2\ 3\ 8$

$9\ 8\ 9\ 5$

→ v našem případě máme číslo $6\ 2\ 3\ 8$

→ od poslední číslice odečteme 2 , dostaneme tedy $6\ 2\ 3\ 6$

→ výsledek musí mít 5 číslic. My tedy číslici 2 , kterou jsme odečetli, dáme dopředu. Dostaneme tedy výsledek:

$2\ 6\ 2\ 3\ 6$

A to je správný výsledek.

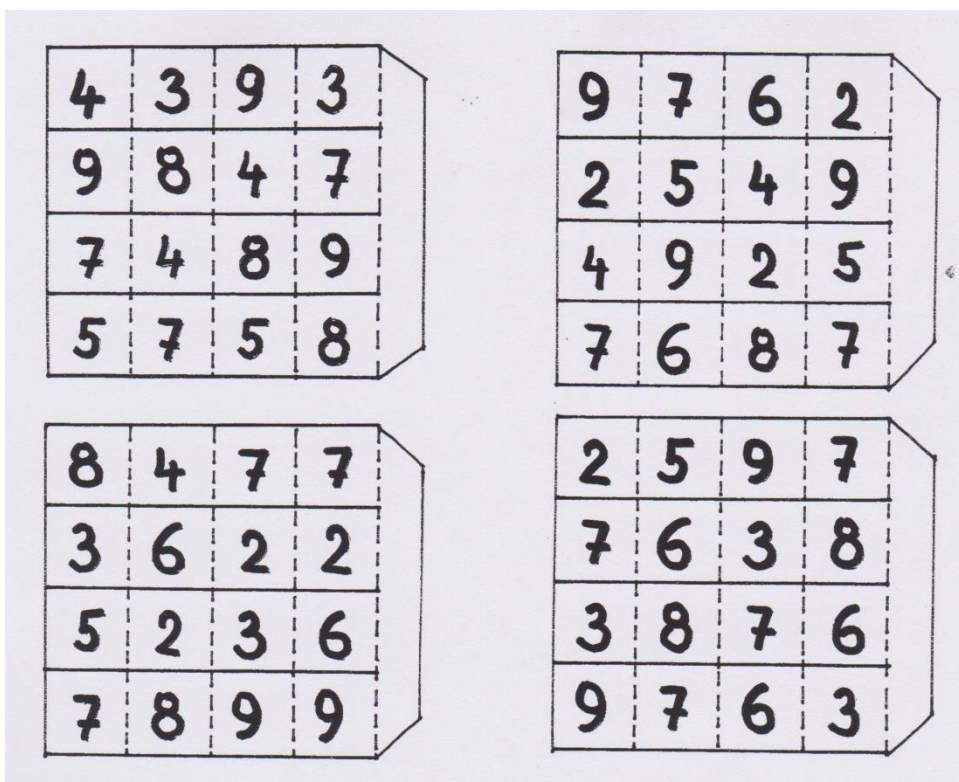
Poznámka:

Otáčením tyček můžeme měnit kombinace čísel. Jejich součet určujeme vždy stejně podle čísla ve 3. řádku. Od posledního čísla odečteme 2 a tuto dvojku přidáme před číslo.

Toto matematické kouzlo funguje i se 3 nebo 2 tyčkami, dokonce i s jednou. Postup je stejný.

Př.	629	76	6
	474	24	4
	238	62	2
	895	98	8
	2 236	260	20

Šablona:



Literatura

- [1] Heineckeová, L. L. *Zábavné vědecké pokusy pro děti*
- [1] www.eko-plasty.cz
- [3] <http://courseweb.stthomas.edu>
- [4] <http://intheplayroom.co.uk>

Z Fyzikálního šuplíku 006

VÁCLAV PISKAČ

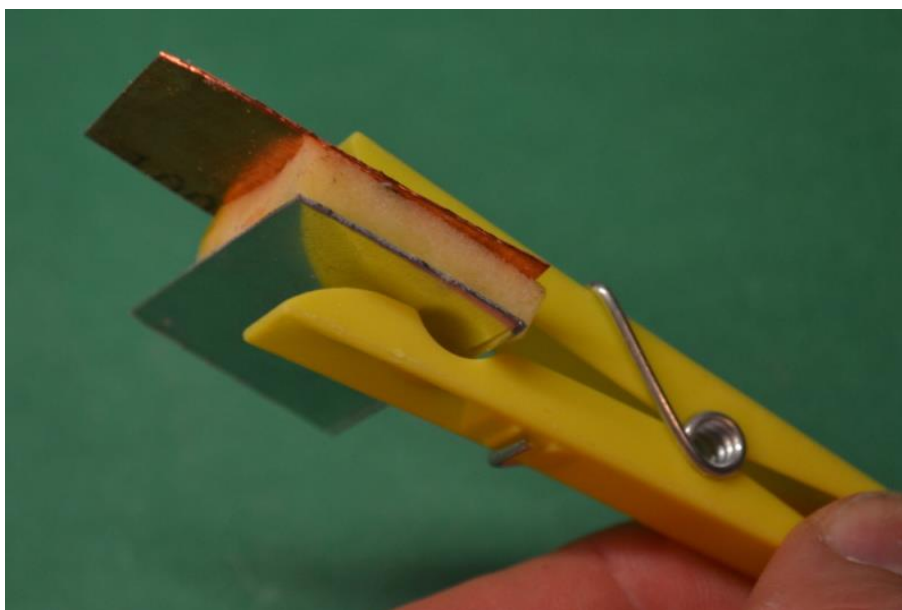
Gymnázium tř. Kpt. Jaroše, Brno

V článku jsou stručně popsány 3 učební pomůcky z oblasti elektřiny a magnetismu. Příspěvek se zaměřuje na využití ve výuce, podrobné návody ke stavbě a využití jsou popsány na autorových stránkách [1].

Klíčová slova: chemický článok, zátěžová charakteristika, oscilační obvod, pulzní zdroj, elektromagnetická indukce

1. Jablečný článok [2], [3]

Pokusil jsem se podrobněji rozebrat „klasické“ návody na rozsvícení žárovky pomocí citronu a dvou hřebíků. Pro žákovské experimenty používám článek z plátku jablka, měděného a zinkového plechu a plastového kolíčku na prádlo.



Žáci si změří napětí naprázdno a zkratový proud (zde nehrozí spálení ampérmetru). Poté si vyzkouší rozsvítit LED. Při použití vysokosvítivé červené LED stačí pro velmi slabý svit dva články spojeny sériově, pro vysokosvítivou bílou LED alespoň tři, lépe však čtyři.

Jako učitelský experiment provádím proměření zátěžové charakteristiky ovočlánku – napětí klesá s rostoucím odběrem proudu přesně podle učebnicových teorií. Z měření lze dopočítat i maximální poskytovaný výkon – cca 0,08 mW.

2. Indukční stříkačka [4]

Tato jednoduchá hračka indického fyzikáře Ardvina Gupty [5] umožňuje podrobnou diskusi o elektromagnetické indukci. Magnet jezdící uvnitř cívečky indukuje elektrický proud, který rozsvěcí LEDku. V základním provedení postačuje k demonstraci toho, že elektromagnetická indukce existuje a funguje. Po drobných úpravách pomůcka umožňuje měřit indukovaný proud.

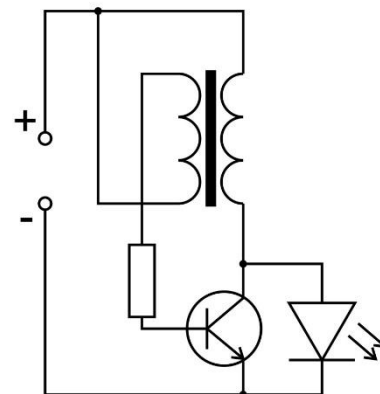


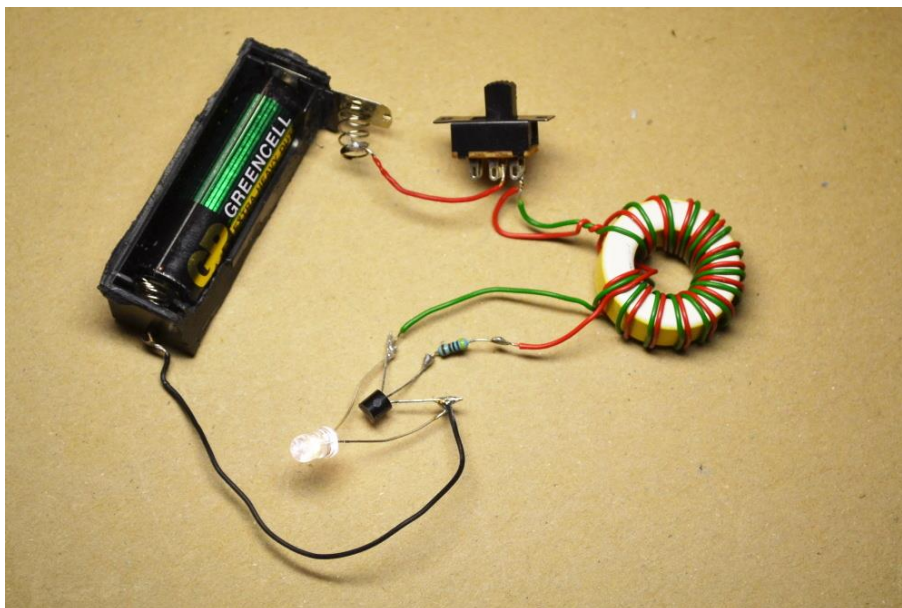
3. Zloděj joulů [6]

Jednoduchý obvod složený z tranzistoru a dvojité cívky dokáže při napájení z monočlátku rozsvítit bílou LED, která potřebuje ke svému provozu napětí 3,5 Voltu.

K pochopení funkce musí žáci znát základy fungování tranzistoru. Podrobnější rozbor viz [6], případně použijte klíčová slova „Joule thief“ v Googlu.

Obvodem teče pulzní proud s frekvencemi od desítek do stovek kHz. Díky tomu se indukuje dostatečně vysoké napětí pro LED.





Literatura

- [1] <http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz>
- [2] Piskač, Václav. *Ovočlánky*. Dostupné z:
<http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/elektro/ovoclanky.pdf>
- [3] Piskač, Václav. *Ovočlánky- metodika kombinovaného experimentu*. Dostupné z:
online http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/2016/zakovske_ovoclanky.pdf
- [4] Piskač, Václav. *Indukční stříkačka*. Dostupné z:
http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/2016/indukcni_strikacka.pdf
- [5] <http://www.arvindguptatoys.com>
- [6] Piskač, Václav. *Zloděj Jouleů*. Dostupné z:
http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/elektro/joule_thief.pdf

Optické klamy a další náměty na experimenty

JAROSLAV REICHL

SPŠST Panská 3, Praha

V příspěvku je popsáno několik jednoduchých experimentů na téma optické klamy, třecí síla a momentová věta. Řada optických iluzí je zobrazena na různých webových stránkách nebo v učebních textech, já předkládám možnost, jak tyto optické iluze předvést experimentálně. Dále popisují netradiční experiment na téma třecí síly a aplikaci momentové věty.

Úvod

Ve svých hodinách se snažím vést žáky k tomu, aby o všem, co uvidí nebo uslyší, přemýšleli a nenechali se oklamat. Proto se snažím všechny obrázky, videa, a další materiály, které buď sám, nebo moji žáci najdou, předvést experimentálně, abych buď vyvrátil, nebo potvrdil to, co autor tvrdí. Tak vznikly nápady na následující optické experimenty.

Dále popsané experimenty z mechaniky považuji za netradiční v tom smyslu, že daný fyzikální jev demonstrují netradičně či s využitím problémové úlohy.

Optické iluze – reálný experiment

Optickou iluzí budu mít na mysli v tomto článku zobrazení, které vzniká na základě lomu světla a vzniklý obraz má na první pohled nečekané vlastnosti. Pro tento účel je vhodné použít velkou skleněnou nádobu přibližně válcového tvaru, stativ a předtištěné motivy. K provedení experimentu budeme potřebovat ještě vodu, kterou budeme přilívat do skleněné nádoby.



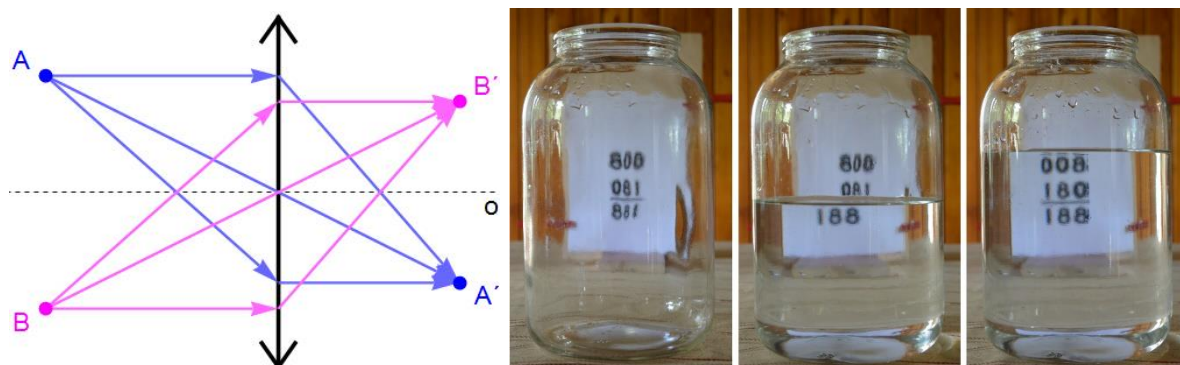
Obr. 1. a obr. 2. Průběh experimentu

Experiment provedeme ve dvou krocích. V prvním kroku postavíme před žáky prázdnou skleněnou nádobu a za ní umístíme předtištěnou předlohu. Žáci vidí text (resp.

obrázek) na papíru tak, jak jej vidí běžně. Pokud nyní nalijeme do nádoby vodu, text (resp. obrázek) se stranově převrátí; oba kroky experimentu jsou zobrazeny na fotografii na obr. 1. Vysvětlení vyplývá z faktu, že nádoba s vodou se chová jako spojná čočka, která (v případě, že je vytištěná předloha dostatečně daleko za nádobou – tj. je od nádoby dále, než je ohnisková vzdálenost takto vytvořené čočky) vytváří stranově převrácený obraz (viz schéma na obr. 3). Obraz se bude převracet podél osy válce, tj. v té rovině, v níž je plocha válce zakřivená.

Pokud tedy láhev uzavřeme a položíme na podložku, bude se obraz převracet vodorovně (viz obr. 2). Můžeme také zformulovat problémovou matematickou úlohu, kterou následně experimentálně dokážeme. Průběh experimentu v jeho třech krocích je zobrazen na obr. 4.

Při předvádění experimentu si musíme uvědomit, že experiment je nutno sledovat pouze z relativně malého zorného úhlu, aby byly zobrazované jevy dobře patrné. Žáci ale mohou přijít postupně do takové pozice, kde výsledek experimentu dobře uvidí. Snímání obrazu kamerou je sice možné, ale pak mohou žáci namítat, že popsaná optická iluze může nastat i při zpracování obrazu kamerou a dalšími částmi audiovizuálního řetězce.



Obr. 3. a obr. 4. Vysvětlení experimentu a matematický klam

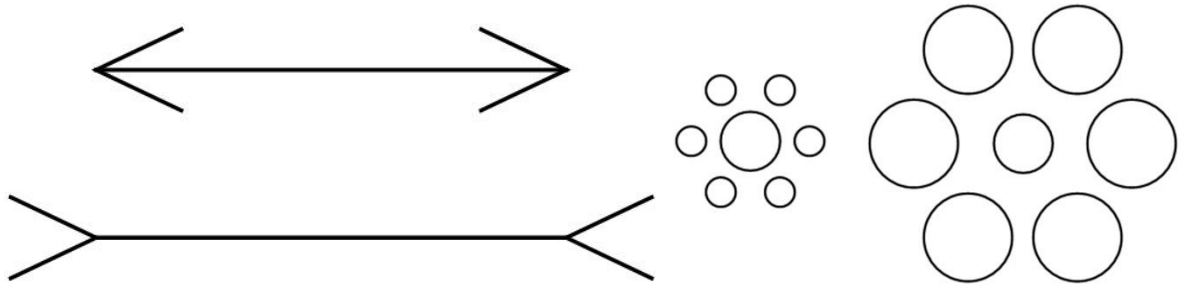
Optické klamy

Na různých webových stránkách lze nalézt různé optické klamy. Některé z nich jsou dobře vysvětleny a zobrazeny, jiné jsou špatně. Obrázky, které za optické klamy považujeme, sledujeme očima, ale mozek obrázky interpretuje jinak, než jak jsou skutečně zobrazeny. Zdá se, že vidíme něco, co na obrázku není, interpretujeme špatné barvy, tvary předmětů se zdají jiné (viz např. [1]). Ve většině zdrojů, kde jsou optické klamy zobrazeny, je nutné se spolehnout na tvrzení autorů („úsečky jsou stejně dlouhé“, „barvy oblastí A i B jsou stejné“, ...). Proč bychom ale nemohli podat experimentální důkazy těchto tvrzení?

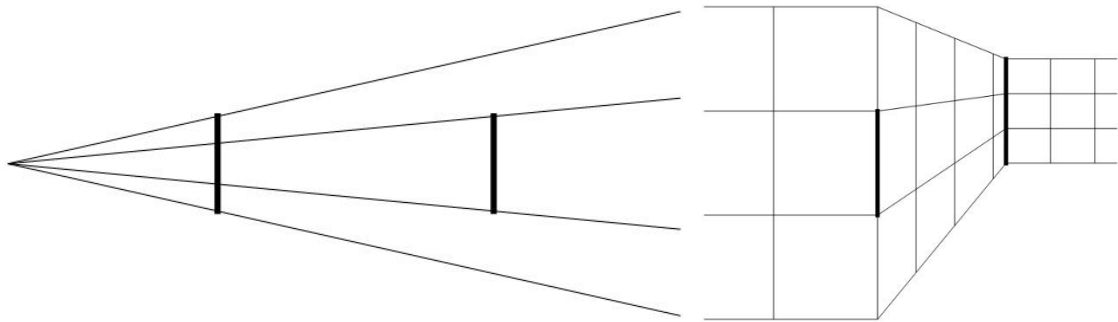
Proto jsem se rozhodl některé experimentální důkazy podat. Navazuji tím na modely optických klamů představených v [2]. Předlohy obrázků jsou vyrobeny přesně (rozměry, barvy, ...) v software Mathematica. Experimentální důkaz spočívá v porovnání délek úseček, poloměrů kružnic, barev, ... pomocí vhodných nástrojů (kousek špejle, mince, pomocný obrázek, ...).

Optické klamy, které jsem vybral a vytvořil k nim reálný model, jsou zobrazeny na obr. 5 až obr. 10. Příslušné pracovní listy, na kterých jsou optické klamy správně vytištěny pro další porovnávání rozměrů a barev, jsou k dispozici u autora článku. Pracovní listy pak stačí vytisknout a pracovat s nimi v hodině.

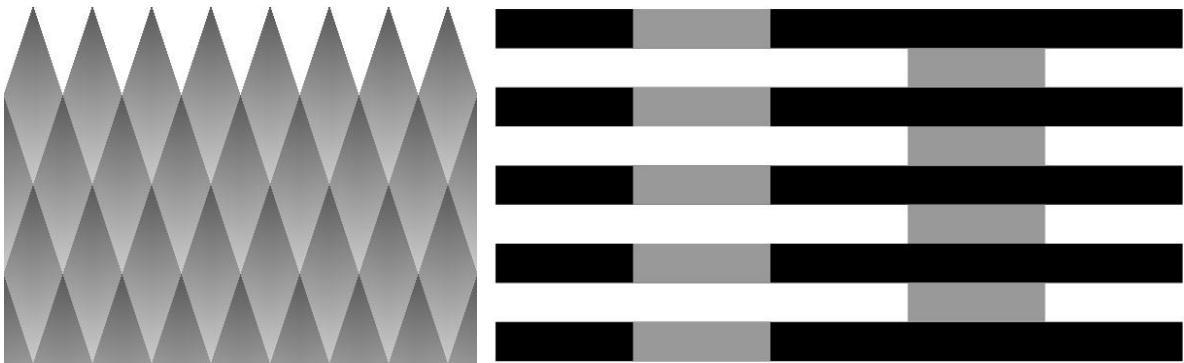
Sami žáci s využitím např. kousků špejle zjistí, že obě vodorovné úsečky na obr. 5 mají stejnou délku, že vnitřní kruhy na obr. 6 mají stejný průměr a že obě zvýrazněné čáry na obr. 7 (resp. na obr. 8) mají stejnou délku.



Obr. 5. a obr. 6. Geometrické klamy – zdánlivá změna délky a poloměru



Obr. 7. a obr. 8. Geometrické klamy – zdánlivá změna délky



Obr. 9. a obr. 10. Barevné klamy – zdánlivá odlišnost kosočtverců a šedých proužků

Podobně lze zjistit např. přiložením jednoho ze zobrazených kosočtverců (vystřížením z pracovního listu nebo s využitím dalšího samostatně vytištěného), že všechny kosočtverce zobrazené na obr. 9 jsou stejné; tedy nejsou ty ve spodnějších řadách tmavší. Analogicky lze zjistit, že na obr. 10 jsou použity pouze dvě barvy – černá a jeden odstín šedé, ačkoliv oko vidí dva různé odstíny šedé.

Netradiční zvedání židle

Při probírání vlastností třecích sil se žáci ve většině kvalitativních i kvantitativních úloh setkávají s třecí silou působící ve vodorovném směru nebo na nakloněné rovině. Experiment, který je dále popsán, tuto zažitou představu boří, čímž nutí žáky o problematice třecích sil (a sil obecně) přemýšlet hlouběji.

K experimentu budeme potřebovat truhlářskou svěrku, několik stejných dřevěných kvádrů (odřezky, součásti používané pomůcky, ...), pevný provázek a předmět, který budeme zvedat. Já osobně používám z důvodu ztraktivnosti experimentu židli ze třídy, ale použit lze libovolný vhodný (viz popis dále) předmět. Předmět přivážeme na provázek, provázek provlékneme pevným ramenem svěrky a do svěrky pečlivě sevřeme dřevěné kvádry. Pak provázek umístíme na jeden z kvádrů a svěrku opatrně zvedneme (viz obr. 11). Spolu se svěrkou zvedáme i daný předmět.

Provázek je napínán tíhovou silou předmětu a ta je kompenzována silou, kterou na provázek působí dřevěný kvádr. Síla, kterou působí dřevěný kvádr na provázek, je realizována třecí silou působící mezi kvádry. Velikost třecí síly je dána součinitelem smykového tření a normálovou silou, tj. silou kolmou k podložce. Touto normálovou silou je síla, kterou jsou kvádry stlačeny svěrkou k sobě. Povolněním svěrky lze velikost normálové síly zmenšit, tím se zmenší i velikost síly třecí a kvádr, na kterém je položen provázek, z řady kvádrů vypadne. Tyto poznatky není nutné žákům sdělovat – je vhodné, aby při řízeném rozhovoru na ně přišli žáci sami.



Obr. 11. a obr. 12. Provedení experimentů s židlí a vážení předmětů

Která krychlička má největší hmotnost?

K následujícímu experimentu mě inspirovala jedna logická úloha: Jak zjistit na dvě vážení na rovnoramenných vahách, který z devíti na první pohled stejných předmětů má největší hmotnost?

Devět stejných předmětů (z nichž jeden má větší hmotnost, než každý z ostatních) můžeme najít ve fyzikálních pomůckách nebo si je vyrobit. Já jsem pro ten účel slepil devět papírových krychliček, do kterých jsem vlepil jednu matku M6; do jedné z krychlí jsem vlepil tyto matky tři. Rovnoramenné váhy buď můžeme využít z fyzikálních sad pro demonstraci momentové věty, nebo je vyrobit – např. ze špejle, na kterou budeme zavěšovat mističky ze seříznuté PET láhve. V mém provedení jsou použity tři špejle svázané k sobě drátkem, mističky se zavěšují na háček vyrobený z kancelářských sponek.

Postup vážení (tj. určení té krychličky, která má největší hmotnost) necháme vymyslet žáky. Po chvíli přijdou na to, že stačí položit libovolné tři krychličky na jednu misku vah a další libovolné tři na druhou misku vah. Pokud je vahadlo v rovnováze (viz obr. 12), pak je krychlička s největší hmotností mezi třemi nepoužitými krychličkami. Pokud vahadlo v rovnováze není, je v té mističce, která převažuje směrem dolů. Na trojici krychliček, mezi kterými hledaná krychlička určitě je, aplikujeme podobný postup. Tentokrát ale do mističek umístíme vždy po jedné krychličce. Pokud je vahadlo v rovnováze, má největší hmotnost ta, která zůstala nepoužitá na stole. Pokud vahadlo převažuje jedním směrem, je hledaná krychlička v mističce, která se nachází níže.

V případě, že chceme, aby žáci o úloze přemýšleli více, můžete zadání modifikovat tak, aby vymysleli nejmenší počet vážení (a následně je zrealizovali), pomocí kterých lze krychličku s největší hmotností nalézt.

Závěr

Popsané experimenty jsou na přípravu ze strany učitele velmi snadné a velmi levné – lze je zrealizovat s minimem pomůcek. U řady z nich se navíc podaří u žáků vyvolat tzv. „WOW efekt“ – tedy překvapení, pokud žáci tento experiment vidí poprvé. Téměř všechny popsané experimenty lze využít v různých částech hodiny s různou funkcí (demonstrační experiment, motivační experiment, zadání problémové úlohy a podobně).

Literatura

- [1] *Encyklopedie fyziky – Optické klamy* [online], [citováno 23. 8 2016]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/492>
- [2] Reichl, J. *Magická fyzika a matematika*. In Dílny Heuréky 2014, sborník konference projektu Heuréka, editor L. Dvořák, Nakladatelství Matfyzpress 2015, str. 165–166, [CD-ROM]. ISBN 978-80-7378-290-0.

Fyzikální animace pomocí VPythonu aneb 3D programování pro smrtelníky

MATĚJ RYSTON

Katedra didaktiky fyziky, Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova

Účelem příspěvku je seznámit zájemce s programovacím nástrojem VPython, který umožňuje na obrazovce vytvářet jednoduché 3D objekty a dále s nimi manipulovat v „prostoru“, čímž můžeme, mimo jiné, vytvářet i fyzikální animace jednoduchým a návodným způsobem.

Úvod

Visual Python (zkráceně VPython) je nástavba programovacího jazyka Python určená pro tvorbu 3D animací a interaktivních aplikací. Pracuje na základě vytváření jednoduchých geometrických objektů (koule, kvádr, válec, šipka, apod.) a jejich další manipulace v prostoru. Hlavní předností tohoto nástroje je, že s vytvořenou scénou můžeme interagovat myší v průběhu chodu programu, zejména natáčet a přibližovat či oddalovat „kameru“. Tyto grafické prvky jsou integrovány v samotném VPythonu a uživatel se tak může soustředit na „fyzikální“ stránku problému bez nutnosti hlubší zdatnosti v počítačové grafice. Současně je možné své programy spouštět přímo v internetovém prohlížeči přes k tomu určenou webovou stránku (vizte níže).

O projektu Visual Python

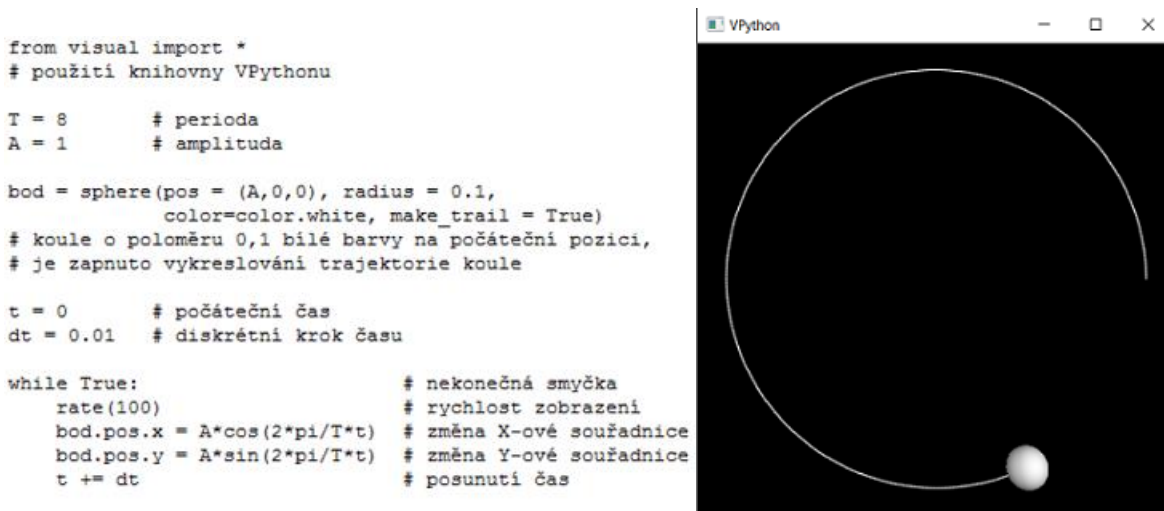
Visual Python je otevřený softwarový projekt, který začal v roce 2000. Rozšiřuje populární programovací jazyk Python o grafický modul umožňující snadnou manipulaci s 3D objekty. Na webové stránce projektu [1] nalezneme vše potřebné pro začínajícího uživatele, tj. samozřejmě dokumentaci, ale zejména odkazy na několik video lekcí na Youtube [2], které mohou pomoci začínajícím uživatelům. Spolu s instalací programovacího prostředí získá uživatel poměrně velké množství hotových ukázkových programů. Ty kromě základních principů demonstrují také různá možná použití VPythonu.

Protože se jedná vlastně o rozšířenou knihovnu pro existující programovací jazyk, nemá VPython žádné uživatelské rozhraní, pokyny se přímo programují v libovolném programovacím editoru. Instalační balíček VPythonu obsahuje základní editor dostačující pro začínající i pokročilé uživatele.

Jak už to tak u otevřených softwarů bývá, kolem VPythonu existuje malá komunita nadšenců, kteří vytváří své vlastní projekty, z nichž je možno se inspirovat. Existuje také fórum, kde uživatelé sdílí své zkušenosti a ochotně radí začátečníkům (osobně potvrzeno autorem tohoto příspěvku).

Psaní programu

Na obrázku 1 vlevo je jednoduchý program demonstrující použití VPythonu doplněný vysvětlujícími komentáři. Vpravo vidíme záběr scény (zde pouze jako fotografii), kterou program vytvoří. Jedná se o kouli pohybující se po kružnici v rovině xy se středem v počátku souřadnic.



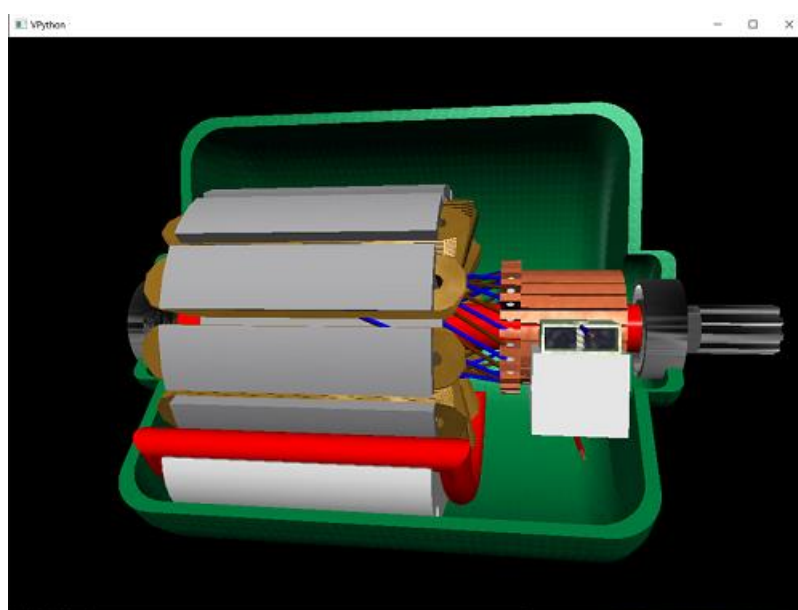
Obr. 1. Vlevo – jednoduchý program simulující kruhový pohyb hmotného bodu. Vpravo – Běh programu vyfocený v náhodném čase.

Stejně jako u jiných animačních programů máme na výběr, zda daný fyzikální problém budeme simulovat pomocí již předem známého řešení pohybových rovnic (jako v příkladu výše) nebo, zda půjde o čistou simulaci, kdy budeme numericky integrovat diferenciální rovnice pohybu. V tom případě je třeba v programu použít vhodnou numerickou metodu (příkladem mohou být například explicitní Rungeovy-Kuttovy metody). Více o numerických metodách je možné najít v [3] nebo [4], elementární úvod k numerickým metodám je obsažen v bakalářské práci [5].

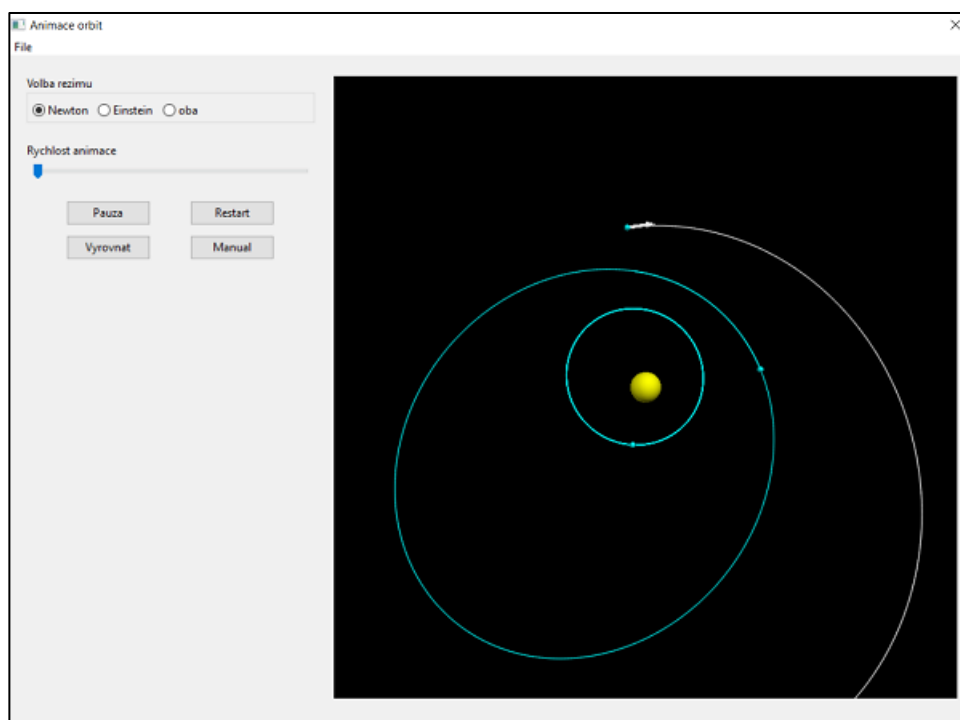
Příklad složitější animace vidíme na obrázku 2. Jedná se o animaci otáčejícího se elektromotoru, která je jedním z demonstračních programů, které uživatel získá s instalací balíčku VPython.

Posledním příkladem na obrázku 3 ukážeme možnost využití programovatelného ovládacího rozhraní, které nám umožňuje přejít od animací k interaktivním aplikacím. VPython v sobě sám obsahuje knihovny na vytvoření tlačítek a dalších interaktivních prvků pro ovládání programu, dále je možné VPython propojit s dalšími již existujícími knihovnami pro tvorbu aplikací.

Zobrazená aplikace na obrázku 3 je vytvářena v rámci autorovy dizertační práce jako pomůcka pro srovnávání klasických a relativistických orbit těles. Umožňuje nastavit počáteční rychlost planety myši, natáčet scénu, pozastavit či zrestartovat animaci a dále měnit její rychlost. Aplikace je zatím stále ve stavu vývoje.



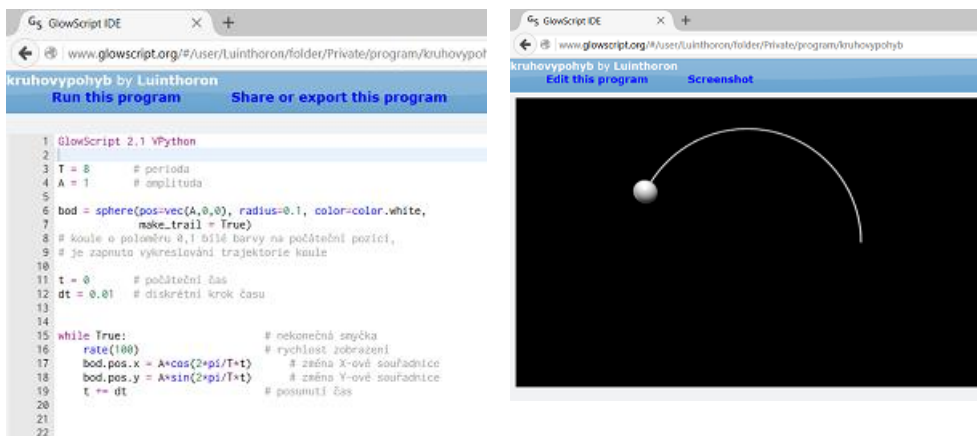
Obr. 2. Animace konstrukce elektromotoru



Obr. 3. Interaktivní aplikace vykreslující orbity planet kolem hvězdy. Planety je možno vysílat pomocí kliknutí myši. Scéna může být libovolně přiblížena a natočena.

Spuštění animace v internetovém prohlížeči

Programy ve VPythonu je možné díky internetovému projektu **GlowScript** [6] spustit přímo v internetovém prohlížeči. To znamená, že uživatel má možnost své programy vložit na stránku projektu do své složky a posléze je dálkově spustit přes internet z libovolného prohlížeče. Zároveň je může v prohlížeči i upravovat či vkládat do svých vlastních webových stránek. Například učitel tak může spustit svůj program ve třídě, aniž by musel na třídním počítači být nainstalovaný speciální software. Ukázka prostředí GlowScript je na obrázku 4.¹



Obr. 4. Vlevo – kód programu z prvního příkladu v prostředí GlowScript.
Vpravo – Spuštěný program přímo v internetovém prohlížeči.

Závěr

Visual Python je užitečný programovací nástroj pro vytváření fyzikálních animací a interaktivních aplikací. Díky své jednoduchosti je flexibilní na používání, na druhou stranu uživatel musí mít alespoň základní znalosti programování, protože se jedná o čistě programovací nástroj bez uživatelského rozhraní. Vzhledem k existenci nadšené komunity existuje nemalé množství ukázkových příkladů a video lekcí, které mohou pomoci všem novým uživatelům při tvorbě jejich prvních programů.

Tento nástroj může být zejména využit pro tvorbu a prezentaci fyzikálních modelů ve výuce fyziky. Nicméně i zájemci z řad studentů si mohou sami vytvářet své modely a animace, čímž dochází k propojení předmětů fyzika a informatika.

Autor příspěvku vítá jakékoli dotazy či návrhy na spolupráci týkající se tvorby ve VPythonu (spolupráce na fyzikálním problému, studentský projekt apod.). V případě zájmu nebo dotazu prosím napište na emailovou adresu **matej.rys@gmail.com**.

¹ Zde je třeba poznamenat, že GlowScript projekt používá mírně pozměněnou verzi VPythonu (tedy ne tzv. klasický VPython). Liší se několik málo klíčových slov, což způsobuje, že kód funkční v offline editorech čistě překopírovaný na web GlowScriptu nemusí pracovat správně. Seznam odlišností je k dispozici na stránce projektu.

Literatura

- [1] *VPython* [online]. [cit. 2016-08-24]. Dostupné z: <http://vpython.org>
- [2] *VPython videos* [online]. [cit. 2016-08-24]. Dostupné z:
<https://www.youtube.com/channel/UCh7f3A56AjdAraWhPreCqig>
- [3] PRESS, William H. Numerical recipes: the art of scientific computing. 3rd ed. New York: Cambridge University Press, c2007. ISBN 978-0-521-88068-8.
- [4] Holmes, M.H. Introduction to Numerical Methods in Differential Equations. (Springer, 2007).
- [5] RYSTON, Matěj. Řešení pohybových rovnic testovacích částic v okolí černé díry [online]. 2012 [cit. 2016-08-25]. Dostupné z:
<https://is.cuni.cz/webapps/zzp/detail/96886>. Vedoucí práce Tomáš Ledvinka.
- [6] GlowScript IDE [online]. [cit. 2016-08-25]. Dostupné z:
<http://www.glowscript.org>

Příspěvek k výuce sledování čistoty vod porovnávacími senzorickými a míchacími metodami

PETR SLADKÝ, FRANTIŠEK LUSTIG

Universita Karlova v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta

Příspěvek je věnován výuce sledování čistoty vody a jejímu znečištění rozpuštěnými i nerozpuštěnými příměsemi. Pro uvedený účel jsou popsány nenákladné metody a pomůcky senzorického a zvláště vizuálního porovnávání vzhledu kapalin. Vedle senzorického porovnávání umožňují vyvinuté pomůcky rovněž současné míchání a digitální záznam tekutých vzorků pomocí paralelních segmentačních a měřících držáků zkušebních vzorků („Parallel Segmenting and Measuring Device“ – PASMED). Pomůcka „Image Intensity Analyzer“ pro paralelní porovnávání disponuje softwarem [6], který dovede vyhodnotit RGB, či HSL intenzity barvy, zákalu, či sedimentace a zjistit rozdíly, které oko nedokáže rozlišit. Na ukázkových školních experimentech vhodných i pro základní školy je objasněno vizuální porovnávání hodnocení čistoty vod na základě vzhledu jejich barvy, pěny a zákalu. Pokročilejší digitální procesní analýza senzorického porovnávání a hodnocení kvality vod ale i jiných kapalin pomocí pomůcky „Image Intensity Analyzer“ se uplatní na všech dalších stupních vzdělávání zvláště metodou Research Oriented Education – ROE. Pro zpestření výuky používáme hygienicky nezávadné vzorky (mléko, džus, čaj, káva víno, pivo). Demonstrujeme modelování vody obsahující rozpustné, nerozpustné, či částečně rozpustné hydrofilní nebo hydrofobní příměsi a jejich procesní změny.

1. Úvod a rozbor problému

Voda je základem života na Zemi. Bez vody vydrží člověk přibližně 48 hodin. Podle míst výskytu a složení na Zemi se voda rozděluje na různé typy vod. Mezi nejdůležitější z nich patří pitná voda. Vlivem fyzikálně-chemických procesů a lidské činnosti dochází na Zemi ke koloběhu vody. Během koloběhu vody na Zemi se v závislosti na rozpustnosti s vodou mísí jiné, nerozpustné, rozpustné a částečně rozpustné látky, které mění její fyzikálně-chemické i bio-chemické vlastnosti. Některé z příměsí vody jsou zdraví škodlivé a činí vodu nejen nepitnou ale i nevhodnou k mytí nebo koupání. Proto je důležité sledování a hodnocení fyzikálně chemických a biochemických vlastností vod a jejich příměsí.

Složení a vlastnosti vod se objektivně sledují a hodnotí moderními více oborovými (fyz-chem, bio-chem atp.) metodami a přístroji, např. podle norem o vodách. Prvotně však sledujeme a hodnotíme kvalitu vod včetně čisté a pitné vody subjektivně smysly neboli senzoricky např. podle norem o senzorické analýze.

Senzorické metody se provádí porovnáváním podnětů oproti vjemům pocitově tzv. hedonicky (příjemný-nepříjemný pocit), rozdílově (je-není rozdíl, větší menší nebo stejný vjem podnětu). Normativně se senzorickými metodami zabývá senzorická analýza. Provádí jí převážně znalé hodnotitelské subjekty. Jejich výroky se objektivizují statistickými metodami.

Senzoricky se sledují a hodnotí vlastnosti vod a obecně všech materiálů nejprve zrakem (vizuálně), protože zrakem přijímáme více než 95% informací, dále čichem (olfaktometricky) vůně nebo pachy, hmatem (taktilně) např. tvrdost nebo měkkost nebo vazkost vody. Teprve potom ochutnáváním – (gustatorně) chuť. Vody vydávají rovněž zvuky, hodnocené sluchem (akusticky). Vizually se sledují a hodnotí vzhledové znaky vod, kterými jsou barva a zákal. Zvláštním případem zákalů vodných směsí s plyny je i pěna. Čistá voda je vizuálně jiskrně čirá bez zákalu i barvy, nepění a je bez zápachu a příchuti.

Podle druhu rozpuštěných a/nebo nerozpuštěných hydrofilních nebo hydrofobních látek jsou vody s příměsí obvykle více či méně zbarvené a zakalené a často i výrazně pění, případně i páchnou. Mohou být i slizké a kluzké. Velkou nevýhodou použití přírodních a technologických (antropoidních aj.) vod pro školní vizuální i ostatní senzorní experimenty zvláště na nižších úrovních vzdělání je jejich možná zdravotní závadnost. Případné použití těchto vod vyžaduje kvalifikované řízení experimentů.

Na školách je proto výhodné pro vizuální sledování a hodnocení vlastností vod porovnávacími senzorními a míchacími metodami použít modelové materiály na bázi pitné vody tj. různé druhy nápojů a pitnou a/nebo čistou vodu. Předností použití modelových materiálů typu nápojů pro vizuální sledování a hodnocení jejich vzhledu je, že umožňují simulovat prakticky všechny materiálové a procesní jevy ovlivňující vzhled různých typů vod. Pomocí nápojů na bázi vody lze modelovat prakticky většinu materiálově-procesních jevů ovlivňujících barvu, zákal a/nebo pěnivost jak různých typů vod, tak i nápojů. To se týká např. vizuálního sledování a hodnocení vlivu jevů mísení, rozdělování, rozpouštění, srážení, koagulace, sedimentace, flotace nerozpustných, rozpustných hydrofobních nebo hydrofilních látek anorganického i organického původu. Významnou didaktickou předností vodných směsí typu nápojů je, že je lze použít pro sledování a srovnávací hodnocení komplexních tj. vizuálních, olfaktometrických, taktilních, akustických a gustatorních senzorních vlastností nejen vodných směsí ale obecně i všech látek.

Nezanedbatelnou předností nápojů jako modelových barevných, kalných a/nebo pěnivých vodných roztoků, suspenzí či emulzí je, že je lze využít ke zpestření výuky méně oblíbených školních předmětů a/nebo k mezioborové výuce přírodovědných oborů na všech stupních vzdělávání.

Významnou výhodou využití jak nápojů na bázi vody tak i srovnávacích metod vizuálního sledování a hodnocení materiálově-procesních vlivů na jejich vzhled je, že jejich skutečný i obrazový vzhled je žákům znám od nejnižších vzdělávacích stupňů. V neposlední řadě pak lze využít nápoje vhodně zvolených druhů k výchově správné životosprávy a pitného režimu včetně upozornění na možné negativní zdravotní vlivy některých nápojových typů. Je důležité, že nápoje jsou široce i přiměřeně cenově dostupné, analogicky uchovatelné jako potraviny a řada z nich je k dostání přímo v transparentních spotřebitelských obalech. Některé z těchto obalů jako např. láhve nebo sklenice z bílého skla lze použít přímo jako nenákladné pomůcky typu zásobních a/nebo zkušebních nádob pro ukládání a/nebo procesní zpracování vzorků.

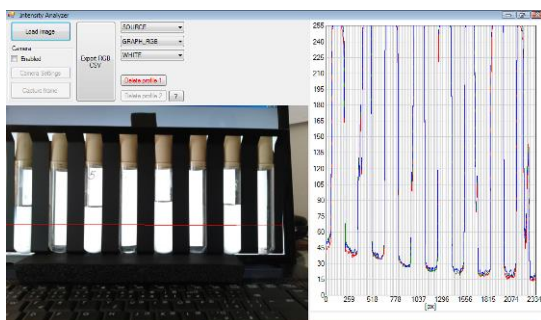
Pro účinnější sledování a hodnocení vlivu materiálově procesních jevů na vzhled vod i jeho modelování pomocí nápojů na bázi vody jsme vyvinuli nenákladnou soupravu pomůcek „Image Intensity Analyzer“ sestávající ze sady paralelních segmentačních

držáků zásobních a zkušebních vzorkovnic typu lahví a zkumavek běžných obchodních druhů. Souprava může obsahovat nosiče dyád zásobních vzorkovnic typu lahví a/nebo tetrad, oktád a dekád zkušebních vzorkovnic typu zkumavek a/nebo běžných nápojových sklenic o objemech 10 až 500 ml. Zvláštní předností vizuálního sledování a hodnocení materiálův-procesních vlivů na vzhled nápojů a obecně vod je, že jejich vzhled lze současně obrazově snímat, zaznamenávat a vyhodnocovat běžně dostupnými a nenákladnými zařízeními jako např. mobilní telefony nebo webkamery.

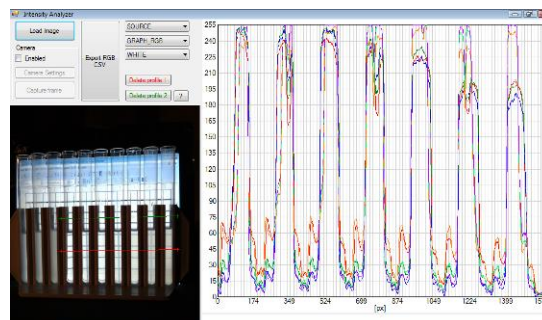
Souprava „Image Intensity Analyzer“ je doplněná softwarem pro porovnávání a hodnocení zaznamenaných a/nebo zaznamenávaných snímků. Jeho zásadní předností je, že umožňuje tvorbu srovnávacích párů digitálních jasových profilů v RGB barevných pásmech na principech klasické srovnávací fotometrie a spektrofotometrie. Navíc lze vyvinutý software využít i k normativnímu vizuálnímu hodnocení barvy výrobků podle pokynů ČSN ISO 11037 „Senzorická analýza – Pokyny pro senzorické hodnocení barvy výrobků“.

2. Příklady použití

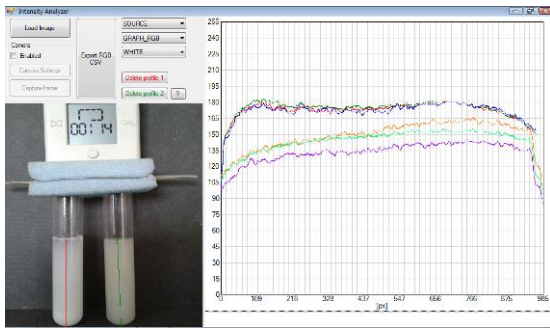
V příspěvku ukážeme některé školní možnosti využití soupravy pomůcek „Image Intensity Analyzer“ pro sledování a hodnocení vod, nápojů, jiných kapalin i materiálů porovnávacími senzorickými a míchacími metodami pomocí několika příkladů výsledků spolu s jejich stručnou diskusí. Na níže připojených obr. 1 až 6 jsou pro ilustraci didaktických možností vyvinuté soupravy pomůcek ukázány některé výsledky (pouze se stručným objasněním vzhledem k šíři celé problematiky).



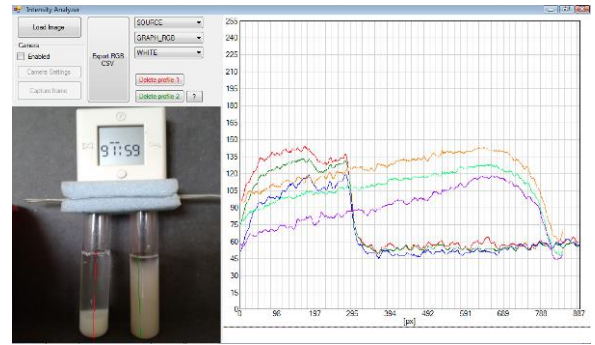
Obr. 1. Ukázka paralelního oktětového segmentačního a měřicího držáku zkumavek se vzduchem a vodou, podsvětleno obrazovkou.



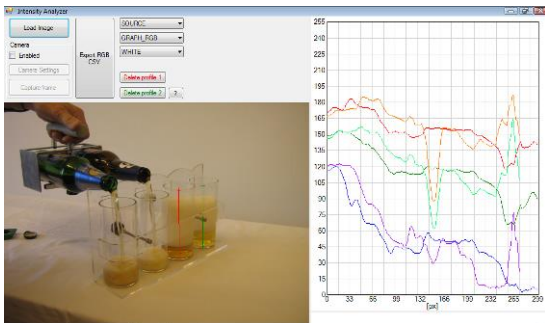
Obr. 2. Zákal mléka v transmisi přibližně v závislosti na koncentraci, podsvětleno rastrorem na obrazovce.



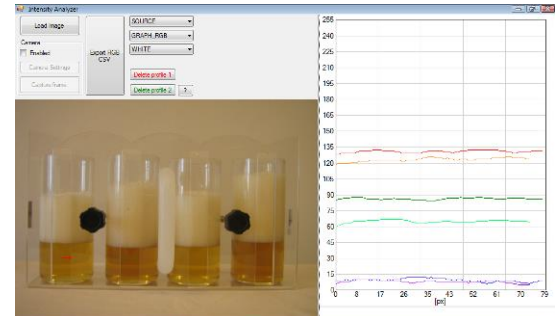
Obr. 3a. Porovnání sedimentačních profilů zředěného kyselého mléka a suspenze pekařských kvasnic po rozmíchání na počátku sedimentace. Okyseleno octem. Nehomogenně podsvětleno černým pozadím. Jasové profily korelují se sedimentačními.



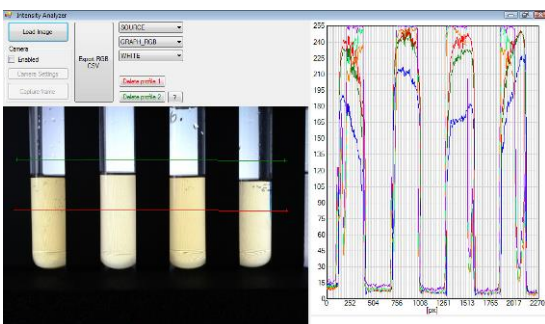
Obr. 3b. Porovnání sedimentačních profilů zředěného kyselého mléka a suspenze pekařských kvasnic jako na obr. 2a, avšak cca 90 min po rozmíchání. Částice kyselého mléka jsou větší než kvasinky, proto sedimentují rychleji.



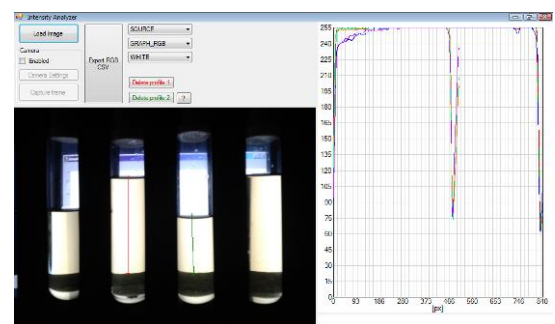
Obr. 4a. Porovnání nealko piv Birrel – Staropramen nalévaných současně z obchodních lahví pomocí párového paralelního segmentačního držáku do tetrády degustačních sklenic a hodnocených vyvinutým SW porovnávacího jasového profilování.



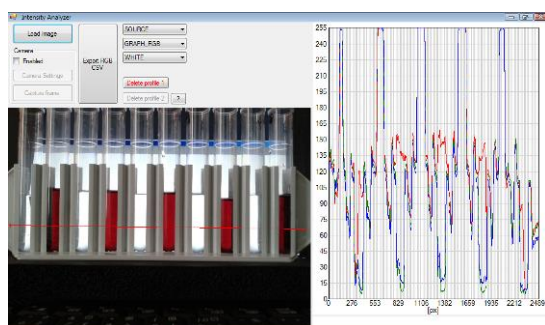
Obr. 4b. Jako na obr. 4a krátce po nalití. Z tetřádového srovnávacího uspořádání ABAB je na první pohled vidět nejen rozdíl barev obou značek piv ale i výšek napěnění způsobených rozdílnou úrovní sycení oxidem uhličitým.



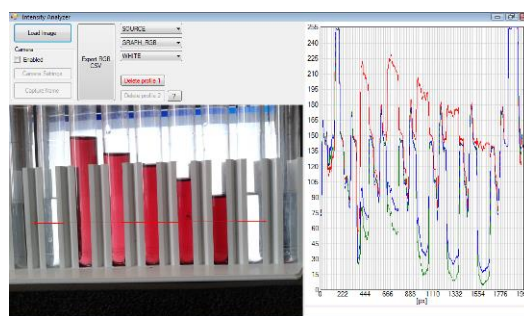
Obr. 5a. Ukázka porovnání rozdílů barev piv Staročech 12 a 10 a jejich jasových RGB profilů v tetřádovém uspořádání.



Obr. 5b. Ukázka odečtu objemu přídavku vody jasovým profilováním po barevné adjustaci piv z obr. 5a na vizuálně stejnou úroveň.



Obr. 6a. Příklad dekádového uspořádání pro vizuální porovnávání, snímání a hodnocení barvy červeného vína metodou srovnávacího jasového profilování s možností korekce na vigněting a další světelné vady snímku získaného fotoaparátem z levného mobilu.



Obr. 6b. Ukázka jasových profilů závislosti červeného vína z obr. 6a na přidávku vody.

Závěr

Ukázali jsme několik školních příkladů modelování, sledování, zaznamenávání a hodnocení vlastností vod vizuálními senzory a fotosnímáči metodami pomocí nápojů (mléko, pivo, víno) se soupravou „Image Intensity Analyzer“.

Soupravu pomůcek lze v neposlední řadě využít i pro zpestření výuky většiny tzv. neoblíbených předmětů jakými jsou fyzika a matematika a přírodovědné a technické obory všeobecně.

Literatura

- [1] ČSN ISO 11037. *Senzorická analýza – Pokyny pro hodnocení barvy výrobků*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha 2012.
- [2] Sladký P. *Systém stavebnic držáků vzorkovnic a sestav pro přípravu, senzorické a přístrojové porovnávání a hodnocení kvality nápojů a potravin*, uživatelský vzor CZ 28422, Úřad průmyslového vlastnictví, Praha, 2015.
- [3] Wu D. Sun D.-W. *Colour measurements by computer vision for food quality control - A review*. Trends in Food Science & Technology **29** (2013) s. 5-20.
- [4] Jackman P., Da-Wen Sun, El Masry G. *Robust color calibration of an imaging system using a colour space transform for an advanced regression modeling*, Meat Science **91** (2012) s. 402-407.
- [5] Valous N., Mendoza F., Sun D. -W., Allen P. *Colour calibration of a laboratory computer vision system for quality evaluation of pre-sliced hams*. Meat Science, **81** (2009) s. 132–141.
- [6] Lustig F., Sladký P. *Image Intensity Analyzer*, software firmy RNDr. František Lustig, IČO 12273678, U Druhé Baterie 29, Praha 6, tel.: 602 858 056, 2016.

Experimenty z Interaktivní fyzikální laboratoře: Vrh

*ŠBATKA ZDENĚK, KÁCOVSKÝ PETR, SNĚTINOVÁ MARIE,
MACHALICKÁ JANA, BOČEK VÍT, HOMOLOVÁ LENKA, KOLÁŘ PETR
Katedra didaktiky fyziky, MFF UK v Praze*

Príspevek prezentuje čtyři praktické aktivity z oblasti mechaniky vrhů (volný pád, vrh vodorovný a vrh šikmý vzhůru) v pro někoho možná netradiční formě. Aktivity pro studenty středních škol připravili studenti učitelství fyziky na MFF UK v Praze.

Úvod

Interaktivní fyzikální laboratoř (dále IFL, [1]) provozovaná MFF UK v Praze již několik let nabízí studentům středních škol možnost si samostatně vyzkoušet některé experimenty a zlepšit tak svoje znalosti a dovednosti v oblasti experimentální fyziky. Nezapomínáme však ani na studenty matfyzu. Studentům učitelství byl nabídnut seminář zaměřený na praktickou práci ve škole, a to především s důrazem na přípravu těchto aktivit (včetně podpůrných materiálů – zadání, návodů, pracovních listů, apod.) Jedním z výstupů semináře tak je i soubor návodů na experimenty, které dle daného zadání (specifikovaných vzdělávacích cílů) studenti učitelství zpracovali.

V zimním semestru školního roku 2015/2016 navštěvovali seminář čtyři studenti, každý z nich dostal za úkol připravit jednu aktivitu pro středoškoláky. Tato aktivita byla specifikována fyzikálním experimentem, aparaturou, designem pracovního listu (do jaké míry je dán postup, logická struktura aktivity, apod.) a především výukovým cílem (všechny aktivity se jistým způsobem zaměřovaly na zlepšení přístupu studentů k bádání). V prvním běhu semináře jsme se zaměřili na jedno ze základních témat mechaniky – vrhy.

V rámci semináře bylo provedeno i testování prověřených aktivit. Studenti (i vyučující) vyzkoušeli aktivity připravené jejich spolužáky. Následně byly diskutovány připomínky a tyto byly zapracovány. Výsledné pracovní listy jsou dostupné na webových stránkách Interaktivní fyzikální laboratoře [2].

1. Volný pád

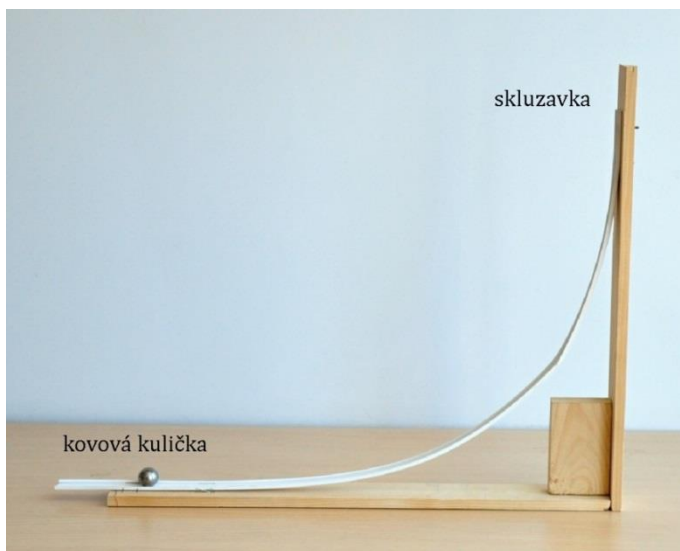
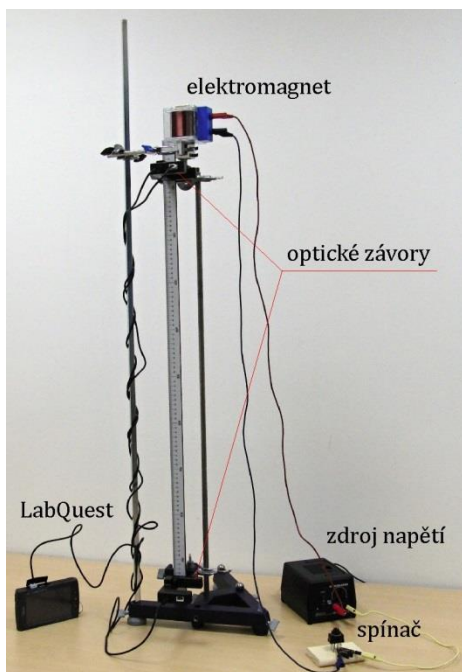
Výukový cíl: Jak analyzovat data, aby odhalila nebo ukázala závislost.

Design: Úkol je dán, ale studenti se sami rozhodnou, jak budou postupovat.

Logická struktura: Posbírat data v konkrétní situaci → vhodně je zpracovat tak, aby jejich interpretace odpovídala na zadání úkolu.

K provedení experimentu mají studenti k dispozici aparaturu pro studium volného pádu. Aparatura (obr. 1) je tvořena držákem na kovovou kuličku a zachycovací nádobkou, do které kulička padá. K držáku a nádobce je připojen citlivý měřič času, který se automaticky spouští při vyklouznutí kuličky z držáku a automaticky vypíná při dopadu kuličky do nádobky – měří tedy dobu volného pádu. Studenti mohou nastavovat výšku, ze které kulička padá; pro měření této výšky je aparatura doplněna délkovým měřidlem.

Ideou měření je pro různé výšky zaznamenat dobu volného pádu a analýzou takto získaných dvojic dat (typicky vynesení do grafu) ukázat, že volný pád je rovnoměrně zrychleným pohybem. Bonusovým úkolem je využití lineární regrese k určení tíhového zrychlení g .



Obr. 10. Aparatura „Volný pád“

2. Sjezd po skluzavce (vrh vodorovný)

Výukový cíl: Jak narýsovat graf a prezentovat závěry založené na důkazech.

Design: Úkol je dán, ale studenti se musí rozhodnout, jak konkrétně budou postupovat.

Logická struktura: Zjistit něco obecného → předpovědět pro konkrétní situaci → ověřit předpověď.

Studenti mají danou konstrukci (obr. 2, vlastní výroba¹ členů IFL), která představuje skluzavku, po které je možné nechat sklouznout kuličku; skluzavka tedy slouží jako jakýsi vrhač kuliček. Pohyb kuliček po opuštění skluzavky představuje vrh vodorovný. Velikost počáteční rychlosti a tedy i dolet kuliček je možné ovlivnit výběrem místa na skluzavce, ze kterého je necháme sklouznout.

Studenti proměří závislost doletu kuličky na výšce, ze které sjíždí a na milimetrový papír vytvoří příslušný graf. Získaný graf následně využijí k tomu, aby dokázali trefit cíl (krabičku) ve vzdálenosti, kterou jim učitel určí.

¹ Skluzavka byla vyrobena z dřevěných latíček a vrchní části elektrikařské lišty.

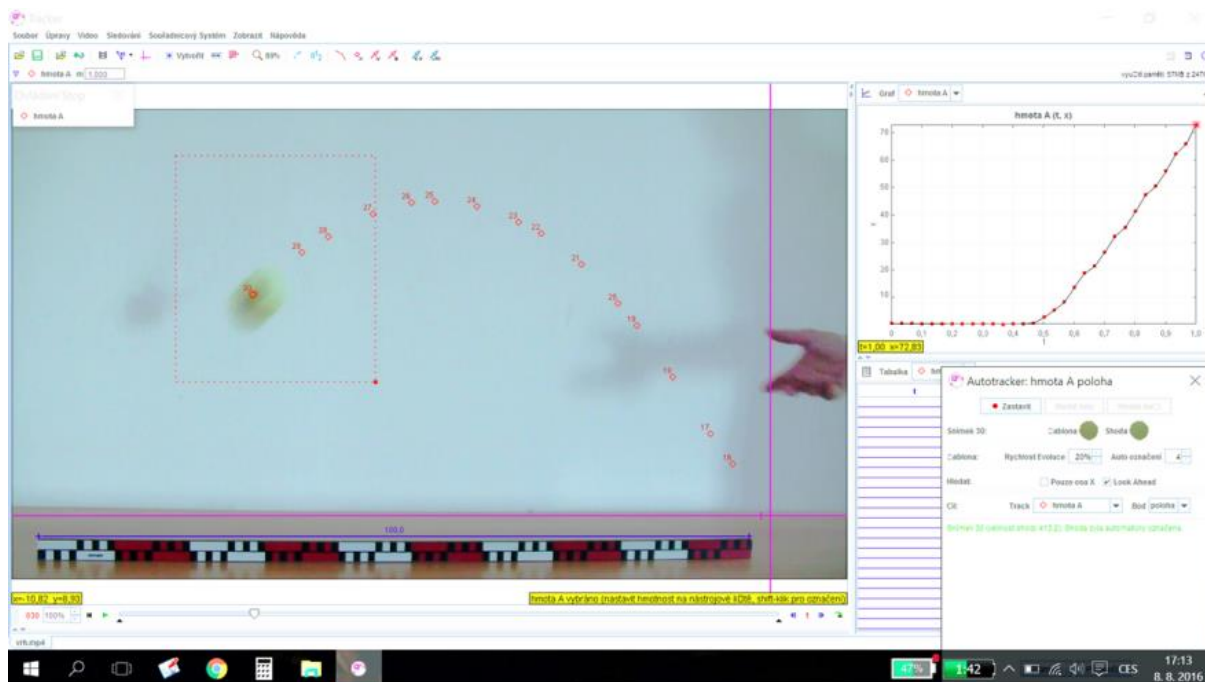
3. Studium vrhu šikmého

Výukový cíl: Jak naplánovat strategii sběru dat tak, aby odpovídala na otázku.

Design: Otázka dána, ale studenti se sami rozhodnou, jak budou postupovat.

Logická struktura: Vymyslet vlastní předpověď → sbírat data pro její otestování.

Pro tento experiment mají studenti k dispozici tenisový míček, stativ a kameru, pomocí které zachytí šikmý vrh míčkem. Pořízené video následně analyzují pomocí programu Tracker a jejich úkolem je ověřit, po jaké trajektorii se vržený míček pohyboval (obr. 3). Rozšiřujícím úkolem je studium časového vývoje rychlosti ve směru osy x .



Obr. 3. Videoanalýza v programu Tracker ukazuje, že trajektorii šikmého vrhu je část paraboly.

4. Střelíme z kanónu (vrh šikmý vzhůru)

Výukový cíl: Jak narýsovat graf a prezentovat závěry založené na důkazech.

Design: Úkol je dán, stejně jako hlavní body postupu, studentům je ponechána jistá volnost.

Logická struktura: Zjistit něco obecného → předpovědět pro konkrétní situaci → ověřit předpověď.

Studenti mají k dispozici kanón – vrhač projektilů (Projectile launcher od firmy Vernier [3], viz obr. 4). Toto zařízení umožňuje střílet kovové kuličky, kterým dodává počáteční hybnost stlačený vzduch. Vzdálenost, do které projektil doletí, je možné ovlivnit náklonem hlavně kanónu a tlakem stlačeného vzduch. Tlakování je prováděno pomocí pumpičky.

Studenti proměří závislost doletu na úhlu náklonu kanónu a na milimetrový papír vytvoří příslušný graf. Získaný graf následně využijí k tomu, aby dokázali trefit cíl (krabičku) ve vzdálenosti, kterou jim učitel určí. V základní verzi této aktivity tak studenti nemusí využívat žádných rovnic.

V levnější verzi experimentu lze namísto kanónu od firmy Vernier alternativně použít vrhač míčků určený primárně pro psy [4].



Obr. 4. Aparatura k aktivitě „střílíme z kanónu“. Navíc je třeba: metr, krabička, milimetrový papír, psací a rýsovací potřeby.

Závěr

Někteří ze studentů, kteří prošli seminářem, se pro příští školní rok 2016/2017 rozhodli zařadit mezi plnohodnotné asistenty v IFL. Aktivity, které připravovali, se stanou součástí nabídky IFL pro studenty středních škol. Domníváme se, že zmíněný vysokoškolský seminář se osvědčil a budeme jej nabízet i v dalších letech.

Literatura

- [1] <http://kdf.mff.cuni.cz/ifl/>
- [2] <http://kdf.mff.cuni.cz/ifl/index.php?page=experimenty>
- [3] <http://www.vernier.cz/produkty/podrobne-informace/kod/VPL>
- [4] <http://www.psitlapka.cz/HyperPet-K-9-KANNON>

Peer Instruction – podpora pro učitele

JANA ŠESTÁKOVÁ

Katedra didaktiky fyziky, MFF UK Praha

Peer Instruction je vyučovací metoda, kterou vytvořil Eric Mazur pro zefektivnění své výuky fyziky velkých skupin vysokoškolských studentů. Metoda umožňuje studentům aktivní zapojení a hlubší porozumění probíranému tématu. Její použití se ukázalo být přínosným i v menších skupinách a na nižších stupních škol.

Níže zmíněné internetové stránky www.PeerInstruction.cz a blog.PeerInstruction.net poskytují informace o metodě Peer Instruction, www.Perusall.com nabízí nástroj pro zefektivnění domácí přípravy studentů na výuku a www.PollEverywhere.com umožňuje okamžitý sběr studentských odpovědí v hodině.

www.PeerInstruction.cz

[Www.PeerInstruction.cz](http://www.PeerInstruction.cz) jsou české internetové stránky s podrobným popisem metody, databází vhodných otázek a odkazy na rozšiřující materiály a videa spojená s tématem výuky metodou Peer Instruction.

Otázky v databázi jsou připraveny k použití v prezentaci, lze je zobrazit přímo ze stránek nebo stáhnout. U otázek jsou uloženy správné odpovědi, u některých i chybné představy žáků, které vedou ke špatným odpovědím [1].

www.Perusall.com

Perusall je internetová stránka vytvořená pro domácí přípravu studentů. Učitel vloží materiály a studenti před výukou čtou, kladou otázky, komentují studované materiály, vzájemně si odpovídají a reagují na komentáře.

Učitel tak ještě před výukou získá přehled o tom, kterým partiím studenti rozumí a kterým je v hodině potřeba věnovat větší pozornost.

Internetová stránka anglicky s překladem do českého jazyka a její použití je zdarma [2].

blog.PeerInstruction.net

Tato stránka je oficiálním blogem metody Peer Instruction. Na stránce naleznete články o zkušenostech učitelů s použitím metody v různých předmětech, návod na „převrácení třídy“ i tvorbu otázek a mnoho dalších inspirativních článků.

Prostřednictvím této stránky je také možné se připojit do celosvětové komunity uživatelů metody Peer Instruction a sdílet s nimi své zkušenosti.

Stránka je anglicky [3].

www.PollEverywhere.com

Stránka umožňující sbírání odpovědí pomocí zařízení připojených k internetu, například studentských mobilních telefonů nebo tabletů. Vyučující na stránce vytvoří nebo otevře uloženou otázku a spustí sběr odpovědí. Studenti na svých zařízeních zobrazí otázku vstupem na stránku PollEv.com/uživatelské jméno učitele (například PollEv.com/JanaSest) a kliknutím na příslušnou možnost odešlou odpověď. Tento způsob sbírání odpovědí lze použít například ve školách, které vybavují třídy školními tablety s připojením na wi-fi. Stránka je anglicky [4].

Literatura

- [1] *Peer Instruction* [online]. [cit. 2016-08-25]. Dostupné z: <http://www.peerinstruction.cz>
- [2] *Perusall* [online]. [cit. 2016-08-25]. Dostupné z: <http://www.perusall.com>
- [3] *Turn to Your Neighbor* [online]. [cit. 2016-08-25]. Dostupné z: <https://blog.peerinstruction.net/>
- [4] *Poll Everywhere* [online]. [cit. 2016-08-25]. Dostupné z: <http://www.PollEverywhere.com>

Optické hračky

MICHAELA ŠUTOVÁ

Katedra fyziky, chemie a odborného vzdělávání, PdF MU, Brno

Příspěvek přináší ukázky z tvorby optických hraček. Jejich podrobný návod a ukázkou realizace při výuce fyziky. Dále jsou doplněny postřehy a doporučení vyvozená z praktické aplikace těchto hraček během výuky na základní škole.

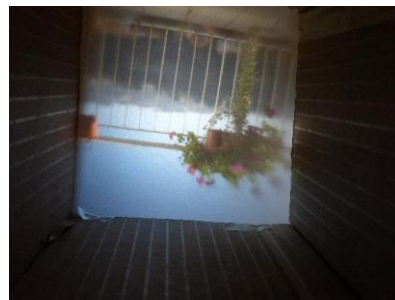
Úvod

Optické hračky patří k jednoduchým, leč praktickým způsobům zpestření běžné výuky fyziky a praktické ukázky probírané látky. Většina hraček lze vyrobit z běžně dostupných levných materiálů. Výroba mnohých hraček není nikterak náročná, takže je možné je aplikovat i u dětí mladšího školního věku (např. v dětských kroužcích).

Optických hraček existuje velké množství. Mnohé z nich byly vynalezeny v 19. století a staly se oblíbenou zábavou. Některé hračky lze dokonce považovat za předchůdce filmů. Díky zrcadlům umožňují pozorovat neskutečný, ale nádherný svět (Piskač, 2009). Tento příspěvek se zaměřuje na popis výroby a aplikace tří vybraných optických hraček – camery obscury, kaleidoskopu a periskopu.

Camera obscura

Zobrazovací systém „camera obscura“ objevili islámští učenci, čímž přispěli k vývoji optického principu užívaného i dnes ve fotografii. Tvořila ji uzavřená schránka uvnitř s černým povrchem. Schránku si můžeme představit jako malou krabičku nebo třeba i schránku o velikosti celé místnosti. Ta obsahovala matnici, jíž mohla tvořit i samotná zadní stěna schránky. Matnice je vlastně z jedné strany skleněná a z druhé strany matová deska, která rozptyluje dopadající světlo. Stěnou naproti matnici procházel malý otvor. Důležitá je také velikost otvoru. Při použití menšího otvoru byl obraz ostřejší, ale zároveň se snižoval jeho jas. Pokud byl otvor příliš malý, tak se ostrost obrazu zhoršovala vlivem difrakce. Světelný paprsek, dříve nejčastěji sluneční, se na tomto otvoru rozptyloval tak, že se na matnici vytvářel zmenšený a převrácený obraz pozorovaného předmětu. Arabové takovým aparátem pozorovali zatmění Slunce a sluneční skvrny. Za jasných nocí camera obscura dovolovala pozorovat i povrch Měsíce (Wikipedia, 2013; Bdínková, 2010).



Důležitý optický přístroj vlastně znovu vynalezl v roce 1540 Erasmus Reinhold. Aby byl obraz na matnici jasnější a zřetelnější, začala být do vstupního otvoru vsazována čočka. V 17. století se temná komora stala oblíbenou pomůckou malířů. V roce 1816 nahradil Francouz Joseph Nicéphore Niepce skleněnou desku papírem potaženým vrstvou chloridu stříbrného. V roce 1835 pořídil svůj první snímek anglický badatel W. H. Fox Talbot. Jeho vybavení se skládalo z krabiček s hranami o délce 6 cm a se čtvercovým průřezem Jeho manželka tomuto zařízení říkala „past na myš“.

Návod

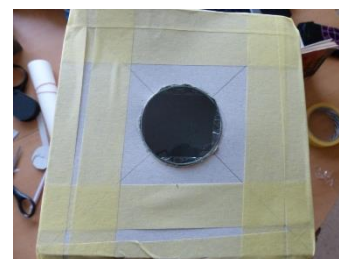
Varianta 1:

1. Budeme potřebovat kelímek od jogurtu, jehož vnitřní část natřeme černou temperovou barvou smíchanou se škrobem nebo disperzním lepidlem. Po zaschnutí propícheme do dna díрку pomocí připínáčku nebo jehly.
2. Na horní část kelímku vytvoříme promítací stěnu z průsvitného svačinového papíru, který upevníme gumičkami.
3. Pokus s dírkovou komorou provádíme v tmavé místnosti (třeba v koupelně). Zapálíme svíčku, kelímek otočíme dnem k plameni svíčky ve vzdálenosti asi 20 cm. Na promítací stěně se vytvoří obraz plamene svíčky, který je výškově převrácený.



Varianta 2:

1. Z kartónu si vyrobíme dvě krabičky o velikostech např. 50 cm x 15 cm a 30 cm x 13 cm. Tak, aby do sebe obě krabičky šly zasunout. Pro slepování konců jednotlivých krabiček použijeme lepicí pásku.
2. Na větší krabičku připevníme čočku – nejjednodušší je využít čočku z lupy.
3. Na menší krabičku připevníme matnici. Jako matice lze využít pauzovací papír.
4. Tato varianta krásně ostří a krásně se na tom dá demonstrovat, jak funguje hloubka ostrosti u fotoaparátu.



Ukázka a postřehy

Camera obscura patří mezi nejjednodušší optické hračky, které zvládnou i žáci nižšího školního věku. Při aplikaci se děti rozdělily do 3 skupinek po 2 až 3 členech (takto velká skupinka je vhodná i u žáků staršího školního věku). Každá skupinka dostala již zhotovenou krabičku (pro urychlení práce), která do sebe dobře zapadala. Děti si krabičky nazdobili dle libosti. Dále jsme pomocí špičky špendlíku propíchnuli do krabičky malý otvor – děti jsem upozornila, že čím menší otvor bude, tím ostřejšího obrazu později dosáhneme. V této fázi výroby se hodilo mít po ruce náhradní krabičky. Výroba se neobešla bez menších „katastrof“ v podobě protržení velkého otvoru v krabičce, který byl příčinou dětské neurvalosti a nedočkavosti. Z druhé strany krabice jsme vystříhali otvor, pro pozorování obrazu a nakonec jsme vyrobili pomocí vrstvy papírového kapesníčku a izolepy, kterou jsme papírový kapesníček upevnili dovnitř krabice matnici.

Krabici jsme zavřeli víkem, oko přiložili k otvoru a malou díрку namířili na okno. Komu nebyl obraz vidět – zvětšili jsme opatrně díрку – čímž nám klesla ostrost obrazu.

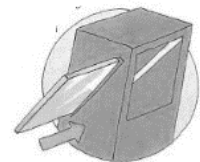
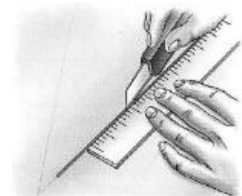
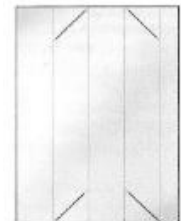
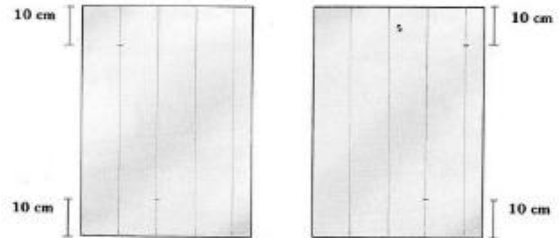
Na závěr jsme ještě vyzkoušeli zadní projekci. Využili jsme krabičky, kterou jsme si vyrobili, baterky a papíru, který nám posloužil jako stínítko. Na zadní stranu naší krabičky jsme upevnili obrázek (děti použili svoje vlastní obrázky, které si nakreslili v minulých dnech) a ten jsme promítli zezadu na list papíru.

Periskop

Periskop je optické zařízení, které umožňuje boční posun přijímaného světelného paprsku. Používá se především ve vojenství, kde umožňuje výhled, aniž by byl pozorovatel vystaven přímé střelbě. Je důležitou součástí vybavení ponorek a bojových vozidel, používá se ale i v mnoha dalších oborech. Funguje na principu vertikálního tubusu na koncích opatřeného zrcadly nakloněnými v 45° úhlu tak, aby navzájem odrážel vnější obraz.

Návod

1. Vezmeme kartónovou desku, kterou čtyřikrát složíme kolem její kratší strany. Rozložíme ji s přečnickující záložkou k pravé straně.
2. Na záhybu, který je nejbliž levé straně desky, uděláme značku 10 cm od horní části. Na záhybu, jenž je druhý od leva, uděláme značku 10 cm od spodní části. Tento postup opakujeme i na pravé straně desky.
3. Tužkou lehce narýsujeme přímky od značek, které jsme udělali, směrem k nejbližším rohům. Perem pak obtáhneme čáry narýsované tužkou. Přestaneme rýsovat vždy 1 cm od konce každé čáry tužkou.
4. Umístíme pravítko podél šikmých čar a nožem rozřízneme jen podél částí, které jsme obtáhli perem. Důležité je vést čistý a přesný řez.
5. Nyní slepíme krabici dohromady. Lepidlo nanese podél celé pravé přečnickující strany a přitiskneme pevně ke kartonu tak, aby celá krabice dobře držela.
6. Do vyřezaných otvorů nyní vložíme zrcátka. Důležité je, aby zrcátka byla rovnoběžná, aby se obraz odrazil přímo do očí pozorovatele. (Soft-Air, 2009)



Ukázka a postřehy

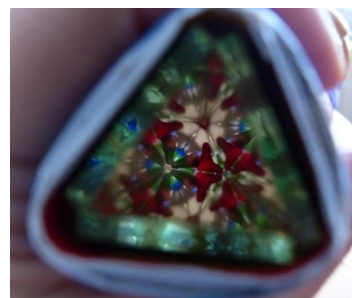
Uvedený návod je verzí nejjednodušší konstrukce periskopu, který odráží světelný paprsek kolmo k původnímu směru a druhý zpět do původního směru, jen posunutý o vzdálenost zrcadel.

Výrobu periskopu úspěšně zadávám starším žákům základní školy. Jde o jednoduchou manuální činnost, která žáky (a to i ty problémové) velice baví. Vzhledem ke své jednoduchosti je vhodné zadat výrobu periskopu do skupinek po dvou žácích.

Starší žáci periskop velmi dobře znají například z filmů. Jednoduchý princip pochopí velmi rychle. Během výroby se nejčastěji žáci setkávají s problémem, kdy lepidlo neudrží kartonovou desku. Zde je pak vhodné slepit kartonovou krabici pomocí lepicí pásky.

Kaleidoskop

Pomocí kaleidoskopu dochází k harmonizaci levé a pravé mozkové hemisféry a k hluboké relaxaci. Na jednoduchém principu soustavy zrcadel vzniká z chaosu řád a jsme svědky donekonečna se měnících obrazců. Základem jsou tři obdélníková zrcátka sestavená do tříbokého hranolu. Díky opakovanému zrcadlení se motiv z prostředního trojúhelníku opakuje dál a dál až do nekonečna.



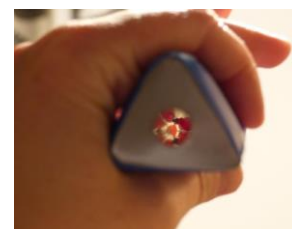
Autorem fotografií ilustrujících výrobu kaleidoskopu je Klára Kučerová, které tímto děkuji.

Návod

1. Tři zrcátka (rozměry 2,5 x 12 cm) položíme rubem vedle sebe, přelepíme lepicí páskou, aby se nehýbala. Rozteče by měly odpovídat síle zrcátka, tj. 2,5 mm, ale není to nutné, je lepší, když budu o něco větší.
2. Složíme je tak, aby tvořila rovnostranný trojúhelník. Ideální je, když se zrcátka dotýkají jenom hranami – chce to trochu si s tím pohrát, popřípadě jednou dobře nastavenou dvojicí zrcátek zajistit lepidlem z lepicí pistole, ale není to nutné. Samotná páska stačí. Kaleidoskop funguje, i když trojúhelník není přesný. Doporučuji ovinout konce gumičkou – zrcátka budou lépe držet v rource
3. Zavineme zrcátka do pruhu papíru (tady mám plakát z Billy) o šířce 13 – 13,5 cm. Jedna hrana zrcátek musí lícovat s hranou pruhu papíru, druhá musí být zanořená
4. Utěsníme mezeru mezi papírem a zrcátkem z té zanořené strany, nejlépe lepicí pistolí.
5. Vložíme do volného prostoru skleněnou kuličku a zajistíme ji elektrikářskou izolační páskou (je na to nejlepší, je pružná a dobře se tvaruje).



6. Sypeme dovnitř korálky a střípky (proto jsme utěsňovali prostor mezi zrcátky a papírem, aby drobnější perličky nepropadávaly).
7. Zbývá utěsnit druhou stranu. Uzavření druhé strany kaleidoskopu trojúhelníčkem skla a následně uzavření papírové roury. Kousek skla se prostě vloží a vlepí, nejlépe taky lepicí pistolí. Z kartonu se vystřihne kolečko, průbojníkem se do něj vyrazí díra a natvaruje se na konec



Ukázka a postřehy

Kaleidoskop jsem vyzkoušela dětmi mladšího školního věku.

Děti se rozdělili do skupinek po 4 dětech, kde si navzájem vypomáhali. Každé dítě si vyrobilo vlastní kaleidoskop. Kaleidoskop děti znají jako hračku z dětství – „krasohled“. Vycházela jsem z faktu, že děti jsou zvědavé a určitě každého z nich při hraní si s „krasohledem“ nejednou napadla otázka, jak je to vlastně možné? A co je uvnitř? Dneska jsem dala dětem možnost si na dříve zmíněné otázky společně odpovědět.

S dětmi jsme pracovali postupně, nejprve jsem jim řekla, co si uděláme a děti následně sami za mého případného dohledu postupovali. Samotná výroba děti velmi bavila. V téměř každé skupince se našla jeden manuálně zdatnější jedinec, který pomáhal ostatním členům.

Když jsme si zhotovili základní kostru kaleidoskopu, přišel kámen úrazu. Paní učitelka má bohužel pouze dvě ruce, takže se mi tvořila řada nedočkavých dětí, kterým jsem pomocí tavné pistole lepila jednotlivé součástky k sobě. Tento nedostatek však odpadne u starších žáků a za předpokladu, bude-li k dispozici více tavných pistolí. Obdobný problém nastal při vytlačování kulatého otvoru do kartonu pomocí prorážecího a kladívka.

Děti se nejvíce vyřádily při zdobení kaleidoskopu pomocí barevných elektrikářských pásek a samozřejmě také při naplňování kaleidoskopu korálky.

Literatura

- [1] BDINKOVÁ, Věra. Camera obscura a hračky s barvami. *Fyzika hrou* [online]. 2010 [cit. 2013-11-12]. Dostupné z: <http://www.fyzikahrou.cz/fyzika/hracky-a-modely/camera-obscura-a-hracky-s-barvami>
- [2] Camera obscura. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2013 [cit. 2013-11-12]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Camera_obscura#Zn.C3.A1m.C3.A9_ve.C5.99ejn.C3.A9_camery_obscury
- [3] Periskop výroba. *Soft-Air* [online]. 2009 [cit. 2016-07-28]. Dostupné z: <http://www.air-soft-pt.estranky.cz/clanky/periskop--vyroba/navod.html>
- [4] PISKAČ, Václav. Optické hračky: snadno a rychle v 11 přehledných vyobrazeních. In: *Fyzikální šuplík* [online]. 2009 [cit. 2016-07-28]. Dostupné z: http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/metodiky/opticke_hracky_-_brozura.pdf

Klimatické změny z pohledu fyziky

LIBUŠE ŠVECOVÁ

Ostravská univerzity, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyziky

V současné době dochází ke klimatickým změnám na Zemi. V příspěvku se zabýváme jednou z možností, jak zavést klimatické změny do výuky fyziky na střední školu v České republice. Navrhujeme téma zpracovat do výuky jako součást molekulové fyziky a termiky. Tání ledu v Severním ledovém oceánu souvisí z našeho pohledu se změnami skupenství, proto je téma zpracováno v rámci tohoto tematického celku.

Úvod

Environmentální fyzika je oblast fyziky, která zasahuje do mnoha odvětví současné společnosti. Jedním z aktuálních problémů jsou klimatické změny. Klimatické změny jsou téma, které lze zahrnout do výuky fyziky v rámci environmentální výchovy.

Možnostmi zahrnout klimatické změny do výuky fyziky v České republice se zabývala Švecová L. [10], Švecová L. a Mechlová E. [11]. Švecová L. klade důraz na zařazení pojmu vratný děj a nevratný děj do kurikula v ČR, protože uvedené pojmy souvisí s klimatickými změnami na Zemi. Konceptem *klimatické gramotnosti* se zabýval ve své disertační práci Milář T. [5]. Disertační práce obsahuje také *Návrh kurikula a vzorové aktivity*. Autor se zaměřil na 7. až 9. ročník základní školy. Pokud se zamyslíme nad pojmy, které jsou uváděny s klimatickými změnami, jedná se o pojmy z fyziky např. teplota, tání ledovců atd.

Zařazení klimatických změn do výuky fyziky na střední školu

V současné době není téma zařazeno v učebnicích fyziky pro střední školy. Pro základní školy vyšla na příklad učebnice *Jak se zachovat, když...* [8]. V učebnici se žáci seznámí, jak mají postupovat během mimořádné události (např. během povodně, tornáda atd.).

Jedním z důvodů, proč uvedené téma není zahrnuto v učebnicích fyziky, je, že se data velmi rychle mění. Uvádíme některé organizace, které své výzkumy zveřejňují na svých stránkách a pravidelně je aktualizují např. NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), nebo *Institution of Oceanography at UC San Diego*.

Změny skupenství

Navrhujeme zařadit klimatické změny v rámci části fyziky *Molekulová fyzika a termika* po probrání tematického celku *Změna skupenství*. Na základě rozhovoru s vyučujícími v Moravskoslezském kraji změny skupenství učitelé probírají v hodinách fyziky v 8. ročníku základní školy a ve 2. ročníku střední školy. V článku se budeme zabývat pouze 2 ročníkem střední školy. Do 8. ročníku základní školy lze téma také zařadit s mírnou úpravou.

Realizace

Přístup k realizaci výuky se může lišit. První možnost je provést výuku v rámci laboratorního cvičení. Druhá možnost je pouze formou frontální výuky. Třetí možnost je formou projektové výuky. V našem článku se budeme zabývat první možností – laboratorním cvičením a druhou možností, tedy frontální výukou. Formou projektové výuky bylo téma také zpracováno, ale bude ověřeno ve školním roce 2016/2017.

Laboratorní cvičení

Žáci obdrží pracovní list pro žáky. Mají připravené podnosy s pomůckami k výrobě chladicí směsi. Žáci pracují ve dvojicích. Vyučující má připraven dataprojektor s prezentací v PowerPointu.

Pracovní list pro žáky

Klimatické změny z pohledu fyziky

Autor: Libuše Švecová,

Ostravská univerzita, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyziky

E:libuse.svecova@osu.cz

Otázky k zamyšlení:

- Popište, co se stane s ledem na chodníku, jestli ho posypete kuchyňskou solí? Uveďte odpověď:
- Změní se teplota směsi? Uveďte odpověď:
- Pokud se teplota směsi změní, vysvětlete, proč se teplota změnila? Uveďte odpověď:

Pomůcky: kuchyňská sůl, termoska s ledovou tříští, 2 stejné kávové lžičky, 2 stejné kádinky. 2 lihové teploměry.

Postup:

1) Z termosky vložte do každé kádinky 6 lžiček ledové tříště. Změřte teplotu ledové tříště $t_1 = \dots$

2) Teploměry nechte vložené v kádinkách. Do jedné kádinky vložte 2 lžičky soli. Občas kádinku zamíchejte. (Pozn. Dávejte pozor, abyste nevložili lžičku od soli do kádinky, ve které je pouze led.) Sledujte teplotu v obou kádinkách. Změřte teplotu ledové tříště $t_2 = \dots$ Změřte teplotu ledové tříště se solí $t_3 = \dots$

3) Porovnejte teplotu v obou kádinkách. Uveďte odpověď:

4) Popište, jak se změnil led v kádince se solí. Uveďte odpověď:

5) Vysvětlete výsledky experimentu. Uveďte odpověď:

Komentář

Žáci realizují experiment sami. V PowerPointu má učitel připraven fázový diagram vody. Vysvětlí, proč se změnila teplota tání ledu po vsypání soli. Vysvětlení lze najít

na [2], [9]. Učitel promítne žákům závislost teploty na hmotnostním podílu NaCl (%), vysvětlí graf a položí následující otázky:

Učitel: Určete přibližně hmotnostní podíl NaCl v procentech během Vašeho experimentu?

Žáci: 25 %.

Komentář: V případě, že žáci realizují pouze laboratorního cvičení, mají žáci výklad zpracovaný v pracovním listu pro žáka. Dále obdrží úlohy pro žáky, viz text níž.

Učitel: Uveďte, kde v přírodě se vyskytuje led a slaný roztok?

Žáci: V Severním ledovém oceánu a u Antarktidy.

Učitel: Ano, máte pravdu, v současné době probíhají různá měření zabývající se slanosťou v oceánech. Povrchová teplota vody v Severním ledovém oceánu je $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Salinita je 30 ‰ až 32 ‰ [3].

Od roku 1979 probíhá mapování plochy ledu v Severním ledovém oceánu.

V roce 2012 byla rozloha ledu v Severním ledovém oceánu kritická. Nejmenší rozlohu má led v Severním ledovém oceánu v září. Z výsledku měření vyplývá, že v roce 2016 budou hodnoty velmi podobné roku 2012. Je nutné počkat do konce září, abychom mohli prohlásit, ve kterém roce byla rozloha ledu v Severním ledovém oceánu nejmenší.

Vědci měří i mocnost ledové pokrývky. Mezi zajímavé výsledky vědců patří, že „letní tání přečká led silnější než 2 metry“ [1].

Dalším příkladem, jak souvisí klimatické změny s fyzikou, jsou změny povrchové teploty Země. Jedním ze skleníkových plynů, které ovlivňují povrchovou teplotu Země je oxid uhličitý CO_2 . Oxid uhličitý absorbují také oceány. Poslední výzkumy ukazují, že zvyšující se množství oxidu uhličitého v atmosféře, zvyšuje okyselování oceánu. V současné době měříme v oceánech teplotu, pH, salinitu. Pozorujeme tání ledovců, měříme hodnoty dopadajícího záření na Zemi atd. To je jenom pár příkladů, jak souvisí fyzika a chemie s klimatickými změnami na Zemi. Dopady klimatických změn nesouvisí jenom s fyzikou a chemií, ale i biologií a geografii. Na změny musí reagovat rostliny a živočichové, kteří v daných oblastech žijí, a může dojít ke změnám v ekosystémech.

Na internetu lze najít řadu zajímavých grafů a animací, které se snaží široké veřejnosti zpřístupnit data z posledních měření. Výhodou těchto animací i grafů je, že i laik chápe, jak k rychlým změnám dochází. Jako příklad uvádíme aplikaci *Climate Time Machine* (Pozn. <http://climate.nasa.gov/interactives/climate-time-machine/>). Stránky byly ověřeny 2. 9. 2016)

Učitel: Na našem území se měří oxid uhelnatý CO , ne oxid uhličitý CO_2 . Měření oxidu uhelnatého je dáno zákonem 201/2012 Sb [12]. Oxid uhličitý se měří v oblastech s minimem rušivých vlivů např. na Havajských ostrovech, nebo v Point Barrow na Aljašce. Aktuální data oxidu uhličitého lze najít na stránkách *Institution of Oceanography* <https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/>. Můžete vidět, jak se mění koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře na Manua Loa. Stránky byly ověřeny 2. 9. 2016.

Další možnosti jsou stránky *National Oceanic & Atmospheric Administration* (NOAA) <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/graph.html>. Stránky byly ověřeny 2. 9. 2016.

Úlohy pro žáky

Obdrželi jste soubor úloh, na které se pokuste pomocí informací z internetu odpovědět. Informace můžete získat z kteréhokoliv zdroje na internetu, nebo učebnice. Záleží zcela na Vás, jaký zdroj si vyberete. Uvádíme některé zajímavé stránky. Uveďte autora, název zdroje, webovou adresu a datum citování.

Zajímavé stránky

Aplikace *Climate Time Machine*

<http://climate.nasa.gov/interactives/climate-time-machine#/>.

Měření oxidu uhličitého

<https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/>

<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/graph.html>

Úlohy

1) Kdy je koncentrace oxidu uhličitého v ovzduší největší?

Komentář: Od 1. 1. 2016 do 2. 9. 2016 byla nejvyšší týdenní hodnota oxidu uhličitého 408,7 ppm v dubnu. Největší měsíční průměrná hodnota oxidu uhličitého v atmosféře byla v květnu 407,7 ppm, Data byla ověřena 2. 9. 2016 na stránkách <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/graph.html>.

2) Vyhledejte na internetu, kdy je koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře nejmenší.

3) a) Uveďte, v jakých jednotkách vědci měří oxid uhličitý v atmosféře.

b) Jednotku vysvětlete, případně vysvětlení najdete na internetu.

4) Zjistěte na internetu, kdy byla rozloha ledu v Severním ledovém oceánu nejmenší.

5) Uveďte, jaké důsledky by mělo pro lidskou populaci, kdyby v létě roztál všechen led v Severním ledovém oceánu.

6) Uveďte, ve kterých oblastech byla koncentrace oxidu uhličitého největší v roce 2014. Změnila se, v těchto oblastech průměrná teplota?

7) Porovnejte měnící se celkovou povrchovou teplotu v závislosti na geografickém rozložení, tzn., porovnejte Severní a Jižní polokouli, pevninu a oceány, Asii a Severní Ameriku.

Závěr

Cílem dnešní hodiny bylo, abyste si uvědomili, které znalosti z fyziky vědci využívají k měření dopadů klimatických změn.

Závěr

V článku se zabýváme jednou z množností, jak zavést klimatické změny do výuky fyziky. Výuka byla realizována u žáků základní i střední školy. V článku je představen návrh hodiny pro středoškolské žáky. Na základě pozitivní zpětné vazby od žáků můžeme říci, že výuka se žákům líbila. Žáci byli překvapeni, že informace mohou vyhledat na internetu. Dále je překvapilo, jak změny skupenství souvisí s táním ledu v Severním ledovém oceánu. Navrhujeme navázat na současné učebnice fyziky, vymezit oblasti, ve kterých fyzika souvisí s klimatickými změnami a témata zapracovat do výuky.

Literatura

- [1] BBC. *Oceány. Severně ledový oceán (8/8)*. Režie: Philippe Cousteau. TV. ČT2. 1.4. 2012. 14:20.
- [2] Böhm, Pavel. *Led posypaný solí*. Dostupné z: <http://fyzweb.cz/odpovedna/index.php?id=6147&ref=OFI> [Cit. 3. 9. 2016]
- [3] <https://leporelo.info/severni-ledovy-ocean> [Cit. 3. 9. 2016]
- [4] Institution of Oceanography at UC San Diego. *The Keeling Curve*. Dostupné z: <https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/> [Cit. 3. 9. 2016].
- [5] MILÉŘ, Tomáš. *Meteorologie a klima ve výuce fyzice na základní škole*. Univerzita Palackého, 2012.
- [6] NASA. *Climate Time Machine*. Dostupné z [http://climate.nasa.gov/interactives/climate-time-machine#/.](http://climate.nasa.gov/interactives/climate-time-machine#/) [Cit. 3. 9. 2016]
- [7] *National Oceanic & Atmospheric Administration NOAA* Dostupné z: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/graph.html> [Cit. 3. 9. 2016]
- [8] PLUCKOVÁ, Irena, Dušan VIČAR, Tomáš MILÉŘ, Petr SLÁDEK, Ivo SVOBODA, Kateřina ŠMEJKALOVÁ a Jiří ŠIBOR. *Jak se zachovat, když...* 1. vyd. Brno: NOVÁ ŠKOLA, s.r.o., 2015. 95 s. ISBN 978-80-7289-746-9.
- [9] *Sbírky fyzikálních pokusů*. Dostupné z: <http://fyzikalnipokusy.cz/1614/chladicismes-vody,-ledu-a-soli>. [Cit. 3. 9. 2016]
- [10] ŠVECOVÁ, Libuše. *Nevratné procesy ve výuce fyziky*. Ostrava: Ostravská univerzita v Ostravě, 2015. Fyzika. ISBN 978-80-7464-363-7.
- [11] ŠVECOVÁ, Libuše; MECHLOVÁ, Erika. *Jak souvisí CO₂ s teplotou na Zemi*. MATEMATIKA–FYZIKA–INFORMATIKA, [S.l.], v. 23, n. 4, p. 295–301, srp. 2014. ISSN 1805-7705. Dostupné z: <http://www.mfi.upol.cz/index.php/mfi/article/view/155>>. Date accessed: 03 zář. 2016.
- [12] Zákon č. 201/2012 Sb. *Zákon o ochraně ovzduší*. In: *Zákony pro lidi.cz*. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-201>

Astrofyzikální videa

JAN VESELÝ¹, VĚRA KRAJČOVÁ²

¹Hvězdárna a planetárium v Hradci Králové

²Smíchovská střední průmyslová škola, Praha 5

V příspěvku představujeme soubor videí, která zachycují pokusy či výklad s demonstračními pomůckami. Témata se hodí do výuky fyziky na střední i na základní škole. Video trvá průměrně 10 minut. Z celého souboru 42 spotů vybíráme ty, jež se zaměřují na astronomii a astrofyziku, a vznikly v prostředí Hvězdárny a planetária v Hradci Králové (HPHK). Video jsou dostupná online na webu Smíchovské střední průmyslové školy (SSPŠ) a vznikla za podpory Operačního programu Praha – Adaptabilita v letech 2013 – 2015.

Představení projektu

V tomto příspěvku představujeme výstupy z projektu *Výuka pro 21. století – projektová výuka a digitalizace výuky*, který proběhl na Smíchovské střední průmyslové škole v letech 2013 až 2015 v rámci Operačního programu Praha – Adaptabilita. Tento projekt měl několik částí: projektová výuka, fyzikální přednášky pro studenty SSPŠ od vysokoškolských učitelů, vznik zajímavých maturitních projektů ve spolupráci s ČVUT, vizualizace do výuky matematiky a deskriptivní geometrie, kvízové otázky a testy z matematiky a fyziky a fyzikální videa. Chceme představit výstupy vhodné do výuky fyziky. Všechny níže popsané výukové materiály jsou vystaveny na stránkách <http://oppa.ssps.cz> a jsou k dispozici učitelům k využití ve výuce.

Kvízové otázky z fyziky – <http://oppa.ssps.cz/index.php/fyzika>

Jedná se o 27 tematických prezentací vhodných především k motivaci před začátkem nového učiva, ale vhodné jsou také k opakování celku či ke zkoušení. Navržené jsou pro práci s hlasovátky, ale dají se využít i bez nich.

Testy z fyziky – <http://oppa.ssps.cz/index.php/testfyz>

Na tomto místě jsou ukázky testů různých tematických celků fyziky, které lze sestavit z otázek, jež vznikly v rámci projektu. Všechny otázky s plnou funkčností testovacího systému e-škola jsou dostupné na webu <http://eskola.ssps.cz>. Učitel z libovolné školy, který má zájem o tato sdílená data, může do tohoto prostředí získat bezplatný přístup.

Fyzikální videa – <http://oppa.ssps.cz/index.php/vidfyz>

V rámci projektu bylo vytvořeno 42 videí na nejrůznější fyzikální, ale také biologická témata. Průměrná délka jednotlivých spotů se pohybuje okolo deseti minut.

Videa vytvořená ve spolupráci SSPŠ a HPHK

Jednotlivé spoty vycházejí z částí pořadů pro školy, které doplňují hlavní program v planetáriu a mají stejný scénář jako výklad lektora při školní návštěvě programu na

hvězdárně – jsou vlastně záznamem takového výkladu bez žáků doplněným dalším obrazovým materiálem. Vzhledem k tomu, že deklarovaná průměrná délka školních pořadů je 90 minut (dvě vyučovací hodiny), z toho nejméně hodinu trvá program v digitálním planetáriu, nelze během jedné exkurze stihnout výklad všech témat. Videá tedy mohou posloužit také jako doplněk a rozšíření exkurze na hvězdárnu a do planetária, například při následném shrnutí a opakování získaných poznatků během školní výuky. Jsou dostupná na webu SSPŠ <http://oppa.ssps.cz> nebo na webu HPHK <http://www.astrohk.cz/ucitele.php>.

Videa umístěná v sekci Astrofyzika

Telurium

Sluneční soustava

Telurium II

Hvězdy I – velikosti a vzdálenosti

Hvězdy II – spektrální třídy

Hvězdy III – vznik, vývoj a zánik

Videa v dalších sekcích

Několik videí se nachází také v dalších sekcích. V sekci **Mechanika** se nachází *Pokusy za sníženého tlaku* – toto video začíná experimentem s varem vody za sníženého tlaku a výkladem souvislosti s nízkým atmosférickým tlakem a z něj plynoucí nepřítomnosti kapalně vody na povrchu Marsu. V sekci **Optika** je video *Dalekohledy* – v něm se z čoček sestavuje jednoduchý Galileiho a Keplerův dalekohled – a v sekci **Různé** jsou videá *Mlžná komora* a *Fakíři aneb Jak se leží na hřebíku*. Poslední ze jmenovaných videí není astrofyzikální, ale vzniklo ve spolupráci s HPHK.

Cílové skupiny

Videa *Telurium I*, *Telurium II* a *Sluneční soustava* jsou určena především pro žáky základních škol a nižších gymnázií (*Telurium I* je vhodné také pro první stupeň ZŠ), všechny tři díly videa *Hvězdy* a *Mlžná komora* jsou pak určeny středoškolákům. *Pokusy za sníženého tlaku* jsou určeny středoškolským studentům, ale jako motivační lze video využít i v nižších ročnících. Celkem je tedy devět videí, která lze nazvat astrofyzikálními, ale často jde o témata, jež jsou obsažena v učivu ZŠ.

Závěr – účel pořízení a vystavení videí

Ideální je navštívit přímo dané specializované zařízení, neboť video nahradí autentický interaktivní zážitek jen částečně a nedokonale. Ve videích se využívají pomůcky, které jsou na školách vzácné (dnes už i telurium), či jsou unikátní a svázané s prostředím hvězdárny či planetária. Mohou proto částečně nahradit exkurzi na hvězdárnu nebo být využívána během klasické výuky fyziky či k motivaci.

Literatura

[1] <http://oppa.ssps.cz>

[2] <http://www.astrohk.cz/ucitele.php>

Mapujeme geomagnetické pole

VLADIMÍR VÍCHA¹, JAN JURICA²

¹Gymnázium, Pardubice, Dašická 1083; ÚTEF ČVUT Praha

²FEL ČVUT Praha

Při výuce fyziky mapujeme magnetické pole především v okolí průmyslově vyráběných permanentních magnetů nebo v okolí vodičů s proudem. V našem příspěvku se zaměřujeme na mapování magnetického pole Země jednak lokálně za pomoci buzoly a školního teslametru Vernier, a poté globálně za pomoci dat z teslametrů umístěných na družici Proba-V. Článek dává do souvislosti globální mapy geomagnetického pole s mapami radiačního pozadí ve výšce 820 km nad Zemí.

Buzola a železné předměty

Pilovali jste někdy železný předmět ve svěráku? Slyšeli jste, že strelka buzoly v blízkosti železných předmětů neukazuje na sever? Při prvním experimentu zjistíme, že železné piliny se na čelistech svěráku chovají trochu podobně jako mezi nesouhlasnými póly magnetu.



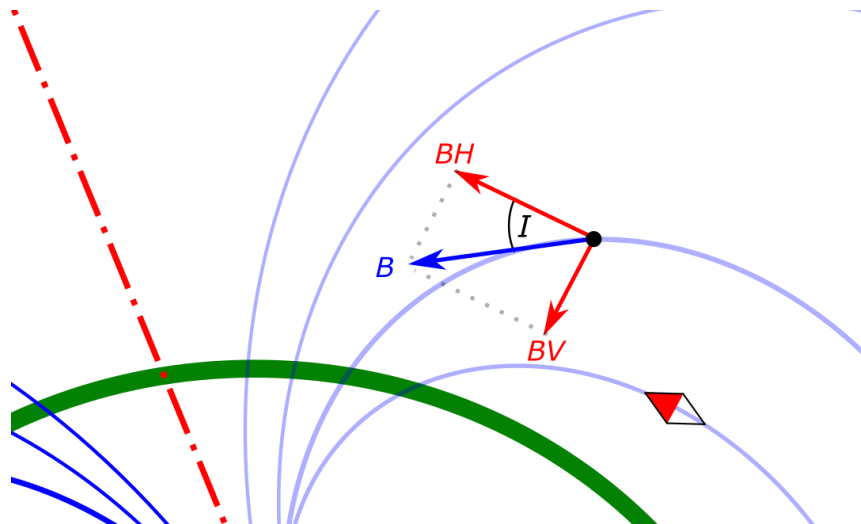
Obr. 1. Železné piliny na čelistech svěráku.

Protože piliny neferomagnetických kovů se tak nechovají, můžeme usuzovat, že svěrák se zřejmě v geomagnetickém poli zmagnetoval. Pak může svěrák nebo jiný železný předmět ovlivňovat strelku buzoly. Zkusíme tedy přiblížit buzolu k železnému předmětu. Bude se k železu přitahovat severní nebo jižní pól strelky? V našem článku se omezíme na protáhlé předměty z měkkého železa umístěné vertikálně, které si mohou žáci buzolou „osahat“ přímo v učebně (veřeje dveří, noha stolu, radiátor...). Nejspíše budou překvapeni, že nahoře se k železu přitahuje severní pól strelky a dole jižní pól strelky. Při vertikálním pohybu buzoly podél železného předmětu se strelka otočí o 180° (obr. 2).



Obr. 2. Střelka buzoly se nahoře u radiátoru přitahuje severním koncem (vlevo) a dole jižním koncem (vpravo).

Z experimentu vyplývá, že radiátory a další svislé železné tyče mají nahoře jižní pól a dole severní pól. Proč se tak zmagnetovaly, vysvětluje obr. 3.



Obr. 3. Vektor magnetické indukce B nad povrchem Země můžeme rozložit na horizontální složku B_H a vertikální složku B_V . Úhel označený I se nazývá inklinace.

Magnetické indukční čáry nad severní zemskou polokoulí vstupují do Země a vektor \vec{B} , který má směr tečny, můžeme rozložit na horizontální složku \vec{B}_H a vertikální složku \vec{B}_V . Horizontální složka otáčí střílkou buzoly a vertikální složka magnetuje svisle stojící železné předměty. Vytváří z nich vlastně tyčové magnety, které mají na severní polokouli severní pól dole a na jižní polokouli severní pól nahoře. Úhel mezi vodorovným směrem a směrem \vec{B} se nazývá inklinace.

Měření teslametrem Vernier

Máme-li k dispozici např. teslametr Vernier, můžeme změřit horizontální a vertikální složku magnetické indukce geomagnetického pole a vypočítat inklinaci. Měření provedeme ve vzdálenosti alespoň metr od železných předmětů. Když sondu umístíme vertikálně, určíme okamžitě \vec{B}_V . Jestliže sondu položíme horizontálně, budeme dostávat různé hodnoty magnetické indukce v závislosti na orientaci sondy vzhledem k poledníku. Extrémních (jednou kladných a jednou záporných, v absolutní hodnotě však sobě podobných) hodnot dosáhneme při položení sondy ve směru poledníku. Tuto hodnotu budeme považovat za \vec{B}_H .



Obr. 4. Měření vertikální složky magnetické indukce (vlevo) a horizontální složky magnetické indukce (vpravo) teslametrem Vernier. Vpravo má sonda směr magnetického poledníku.

Vidíme, že vertikální složka $41,0 \mu\text{T}$ má více než dvakrát větší hodnotu než složka horizontální $18,6 \mu\text{T}$. S přihlédnutím k obr. 3 můžeme z pravoúhlého trojúhelníka vypočítat inklinaci I

$$I = \arctg \frac{B_V}{B_H} = \arctg \frac{41,0}{18,6} = 65,6^\circ.$$

Vypočítáme také hodnotu magnetické indukce B (výslednice složek)

$$B = \sqrt{B_V^2 + B_H^2} = \sqrt{41,0^2 + 18,6^2} \mu\text{T} = 45,0 \mu\text{T}$$

Kalkulátor magnetického pole

Měli bychom nějakým nezávislým způsobem ověřit, zda naměřené a vypočtené hodnoty odpovídají měřením jiných experimentátorů. Pro náš účel bude vhodná webová stránka British Geological Survey: http://www.geomag.bgs.ac.uk/data_service/models_compass/wmm_calc.html, která umožňuje výpočet magnetických veličin z World Magnetic Model.

Geodetic Coordinates

Latitude: degrees minutes seconds

Longitude: degrees minutes seconds

Altitude: km above MSL.

Date

Date: (YYYY.YY OR YYYY-MM-DD) Please note: Date must be between 2015.0 and 2020.0

[Show result on map](#)



Obr. 5. Webová stránka British Geological Survey umožňující z matematického modelu geomagnetického pole (WMM) vypočítat pro každé místo na Zemi a pro konkrétní datum námi požadované veličiny. V řádku MF je pod I inklinace, pod H horizontální a pod Z vertikální složka magnetické indukce, pod F je magnetická indukce (výsledná). Magnetická indukce je uváděna v jednotkách nT. Jako vstupní údaje byly vloženy souřadnice GPS, nadmořská výška a čas odpovídající měření s teslametrem Vernier.

Porovnáme-li výsledky našich měření s výsledky z kalkulátoru, vidíme, že největší relativní odchylka pro magnetickou indukci je 11 %, ale inklinace se liší jen o 0,8 %.

Družice Proba-V

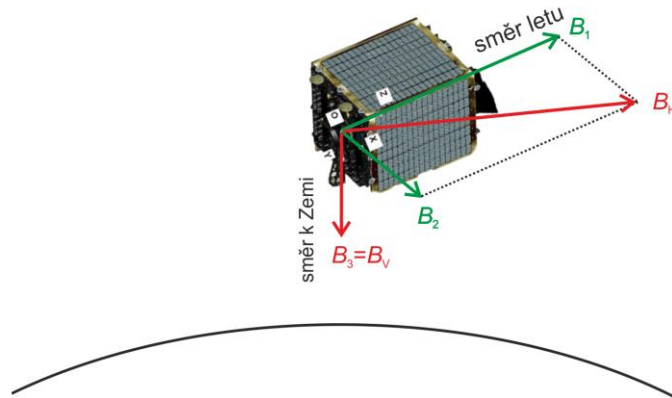
Kalkulátor umožňuje výpočet veličin geomagnetického pole nejen v nadmořské výšce Pardubic (0,22 km), ale i ve výšce, kde se pohybuje družice Proba-V (820 km). Porovnejme nyní veličiny I , H , Z a F pro Pardubice a ve výšce 820 km nad Pardubicemi.

A	Latitude	Longitude	Altitude	Date			
	50.040	15.792	0.22	2016.64			
	Comp	D	I	X	Y	H	Z
MF	4.076	66.071	19862	1415	19913	44873	49093
SV	7.5	0.4	4.1	43.7	7.2	29.8	30.2
B	Latitude	Longitude	Altitude	Date			
	50.040	15.792	820.00	2016.64			
	Comp	D	I	X	Y	H	Z
MF	2.370	65.059	14446	598	14458	31090	34287
SV	7.7	0.3	2.6	32.4	3.9	16.2	16.3

Obr. 6. Porovnání veličin geomagnetického pole na zemi v Pardubicích (nahore) a v nadmořské výšce 820 km nad Pardubicemi (dole).

Vidíme, že hodnota magnetické indukce klesla o 43 %, a inklinace o 1° , což činí 1,6 %.

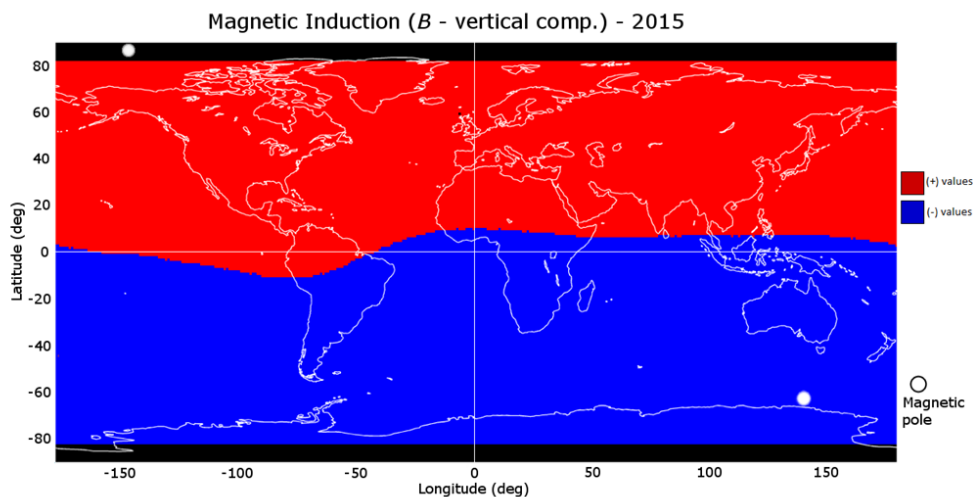
Také tyto hodnoty z kalkulátoru můžeme porovnat s měřením geomagnetického pole, které provádí družice Proba-V a jejíž data jsou odesílána do ÚTEF ČVUT. Jsou na ní tři teslametry měřící B_1 (ve směru letu), B_2 (kolmo na směr letu) a B_3 (vertikální směr). Orientaci vektorů vidíme na obr. 7.



Obr. 7. Orientace teslametrů na družici Proba-V, která obíhá s oběžnou dobou 101 min ve výšce 820 km nad Zemí. Na družici je namontován také český pixelový detektor radiace SA-TRAM, který spravuje ÚTEF ČVUT v Praze.

Vertikální složka magnetické indukce je rovna hodnotě B_3 . Horizontální složku vypočítáme jako vektorový součet $\vec{B}_1 + \vec{B}_2$ (viz obr. 7). Inklinaci vypočítáme stejně jako při měření teslametrem Vernier na Zemi.

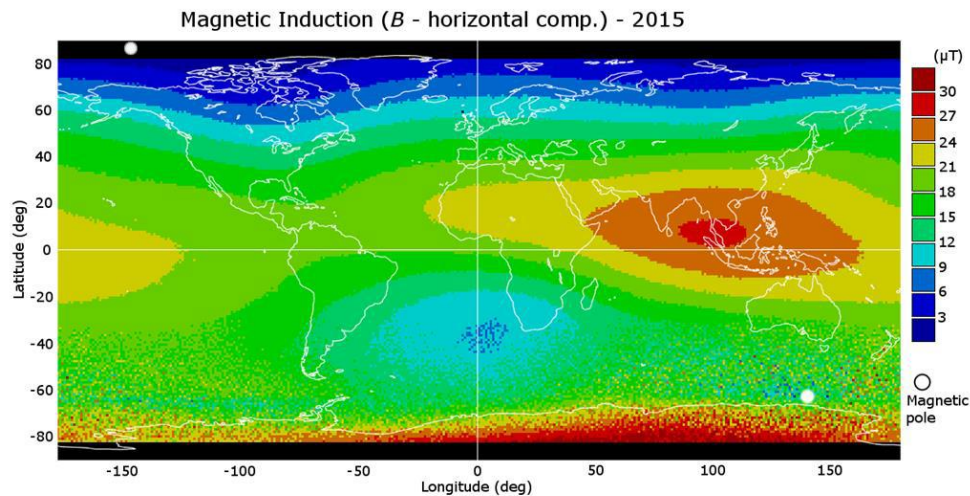
Student Gymnázia Pardubice, Dašická Jan Jurica se v letech 2015/2016 zabýval analýzou dat z družice Proba-V, ze kterých vytvářel řadu map geomagnetického pole a dával je do souvislosti s mapami radiace. Celý přehled map přesahuje rozsah tohoto článku. Ukažme si jen některé.



Obr. 8. Mapa hodnot vertikální složky B_V ukazuje magnetický rovník.

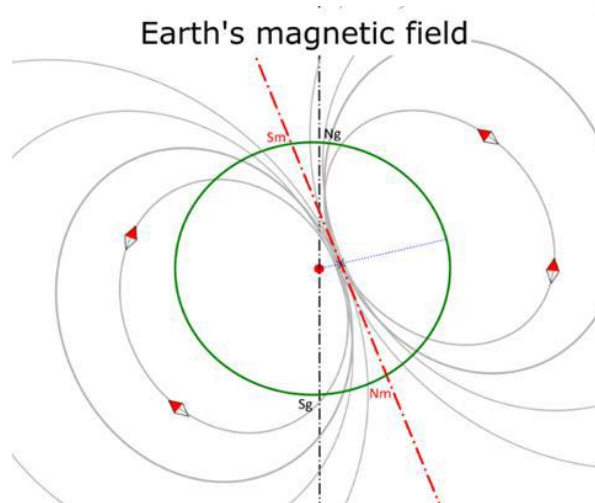
Na obr. 8 vidíme mapu, ve které je zachycena červeně kladná a modře záporná hodnota vertikální složky B_V . Kladné hodnoty odpovídají magnetické indukci mířící do Země

a záporné hodnoty indukci mířící vzhůru od Země. Hranice mezi barvami odpovídá magnetickému rovníku. Obr. 8 dokazuje, že zemský rovník není totožný s rovníkem magnetickým. Je známo, že magnetická osa je odkloněna o 11° od osy rotační.



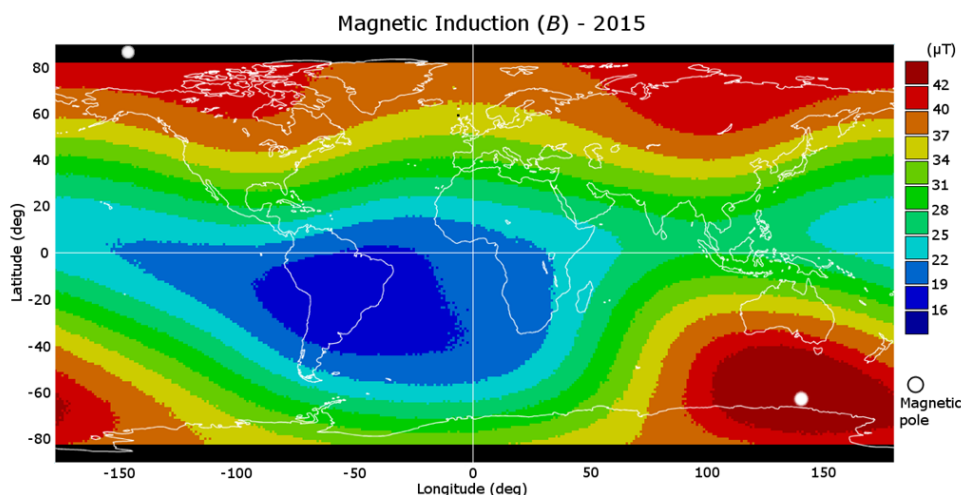
Obr. 9. Mapa hodnot horizontální složky B_H ukazuje oblast vysokých hodnot nad Malajsií.

Mapa na obr. 9 ukazuje, že nad Malajsií dosahuje B_H mezi póly nejvyšších hodnot. To dokazuje, že střed geomagnetické pole je od středu Země posunut tímto směrem.

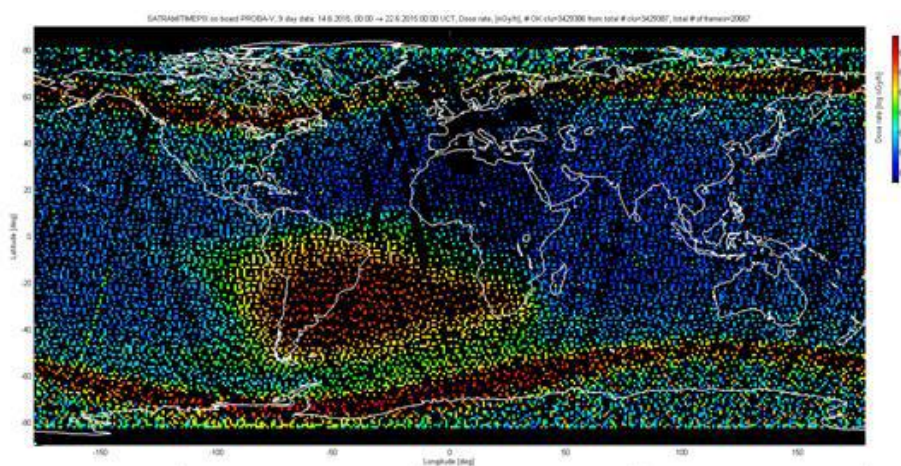


Obr. 10. Znárodnění zemské rotační osy, která prochází severním geografickým pólem (N_g) a jižním geografickým pólem (S_g) a magnetické osy, která prochází jižním magnetickým pólem (S_m) a severním magnetickým pólem (N_m). Odchylka mezi osami je přibližně 11° a od středu Země je magnetická osa posunuta směrem k Malajsií přibližně o 500 km.

Na obr. 11 je zřetelně vidět oblast nazývaná jihoatlantická anomálie, kde je geomagnetické pole vlivem posunutí magnetické osy nejslabší. To se projeví i na radiaci.



Obr. 11. Mapa hodnot B ukazuje jihoatlantickou anomálii – nejslabší geomagnetické pole.



Obr. 12. Mapa rozložení dávkového příkonu. Vidíme jihoatlantickou anomálii.

Porovnáním obr. 11 a obr. 12 vidíme, že radiace pocházející z vesmíru je nejsilnější v okolí pólů, ale především v oblasti jihoatlantické anomálie, kde je geomagnetické pole nejslabší. Prokázali jsme, že geomagnetické pole funguje jako deštník proti nabitým částicím přicházejícím z vesmíru.

Literatura

- [1] JURICA, J. *Vliv magnetického pole Země na nabitě částice pohybující se v jeho dosahu*, Středoškolská odborná činnost, Gymnázium Pardubice, Dašická 1083, 2016.
- [2] "PROBA-V website," 2013, [Online]. Available: <http://proba-v.vgt.vito.be/>
- [3] "BGS Geomagnetism," British Geological Survey, [Online]. Available: <http://www.geomag.bgs.ac.uk/>

Luxmetr, úhloměr a tónový generátor v mobilním telefonu

VLADIMÍR VOCHOZKA, JAROSLAV MATYS, JIŘÍ TESAŘ, VÍT BEDNÁŘ
Katedra aplikované fyziky a techniky, Pedagogická fakulta, Jihočeská
univerzita

Úvod

Vlastnictví mobilního telefonu je v České republice samozřejmostí [1]. V člancích ze sborníků, odborných časopisů a kvalifikačních pracích lze dohledat výskyt témat s klíčovými slovy: „mobilní telefon, mobil, telefon, tablet, smartphone,“ ve spojení s návrhy na experimenty, měření a jiné aplikace ve výuce: Low-cost hi-tech (Piskač, 2002), Přímé měření rychlosti zvuku (Hubeňák, 2001), Mobilní technologie a jejich využití ve výuce (Vlček, 2007), Laboratorní práce s moderními technologiemi (Kusák, 2013).

Nabízí se otázka důvěryhodnosti naměřených dat pomocí mobilního telefonu. Z obrovské škály dostupných zařízení byly vybrány zástupné modely a s nimi provedeny potřebné experimenty. Měřené mobilní telefony: Sony Xperia Z1, Sony Xperia Z5, LG E960 – Nexus 4, Samsung Galaxy S3, Lenovo P70 – A.

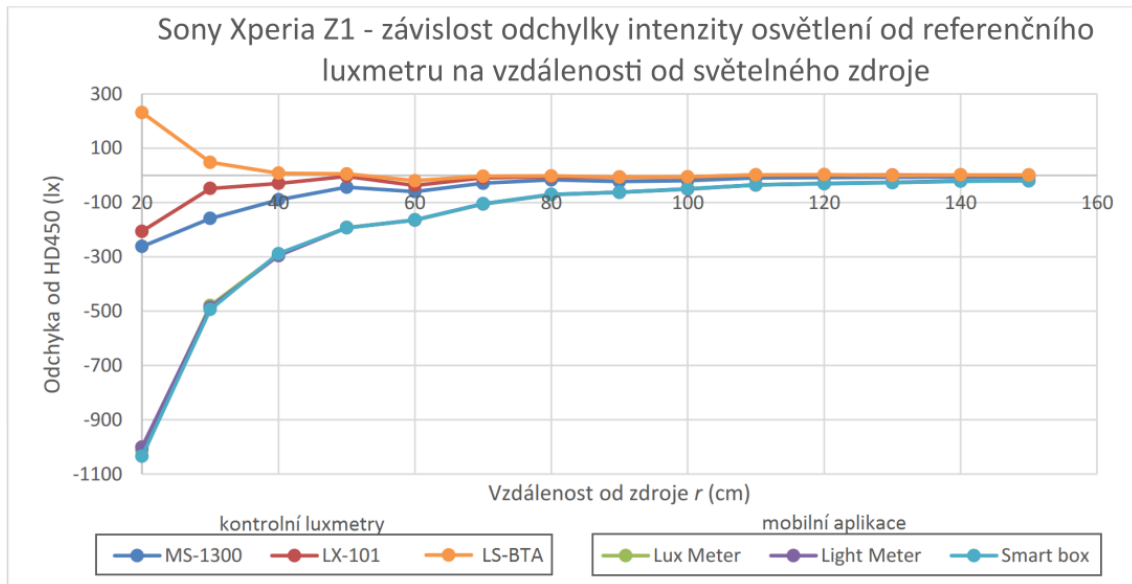
Ověření přesnosti

Luxmetr

V temné komoře byl na optické lavice umístěn zdroj světla. Všechna měřicí zařízení byla zkalibrována a umístěna do držáků. Jako kontrolní luxmetry byly použity tyto přístroje: HD450 (Extech), LX-101 (Lutron), MS-1300 (Votcraft), LS-BTA (Vernier). Další potřebné přístroje a vybavení: optická lavice, temná komora, LED E27 12W (I-GLOW), videokamera HDR-CX240EB (Sony), Tracker.

Závislost intenzity osvětlení na vzdálenosti od světelného zdroje

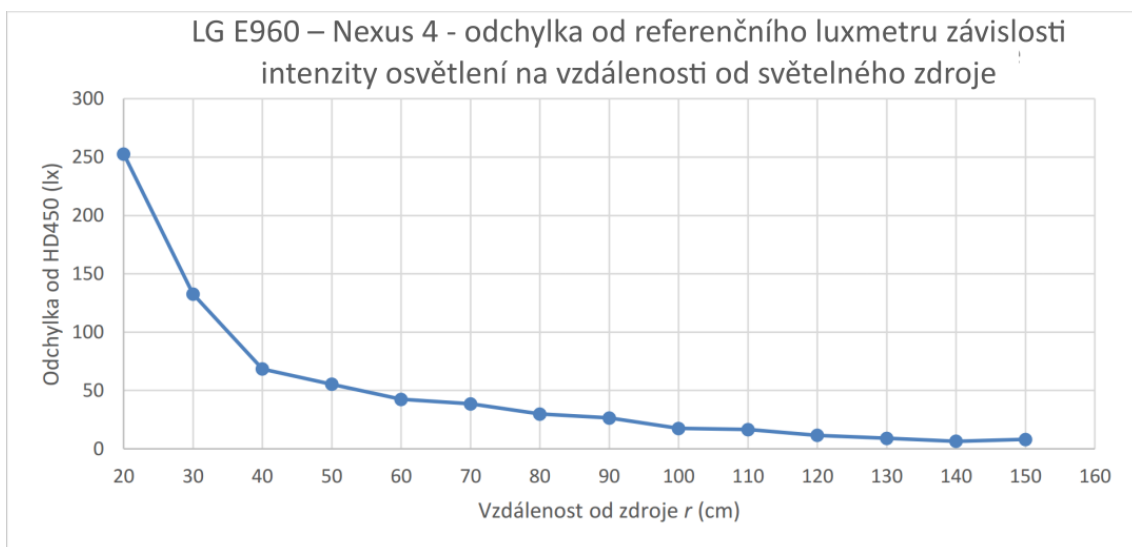
Podle potřeby bylo čidlo luxmetru či mobilního telefonu nastaveno do požadované vzdálenosti. Po rozsvícení zdroje a ustálení hodnoty došlo k zaznamenání **intenzity osvětlení E** . Z naměřených hodnot byly následně vypočteny odchylky od referenčního luxmetru HD450 a sestrojeny grafy č. 1, 2 a 3.



Graf 1. Souhrnné výsledky měření aplikací v telefonu Sony Xperia Z1 v konfrontaci s laboratorními luxmetry

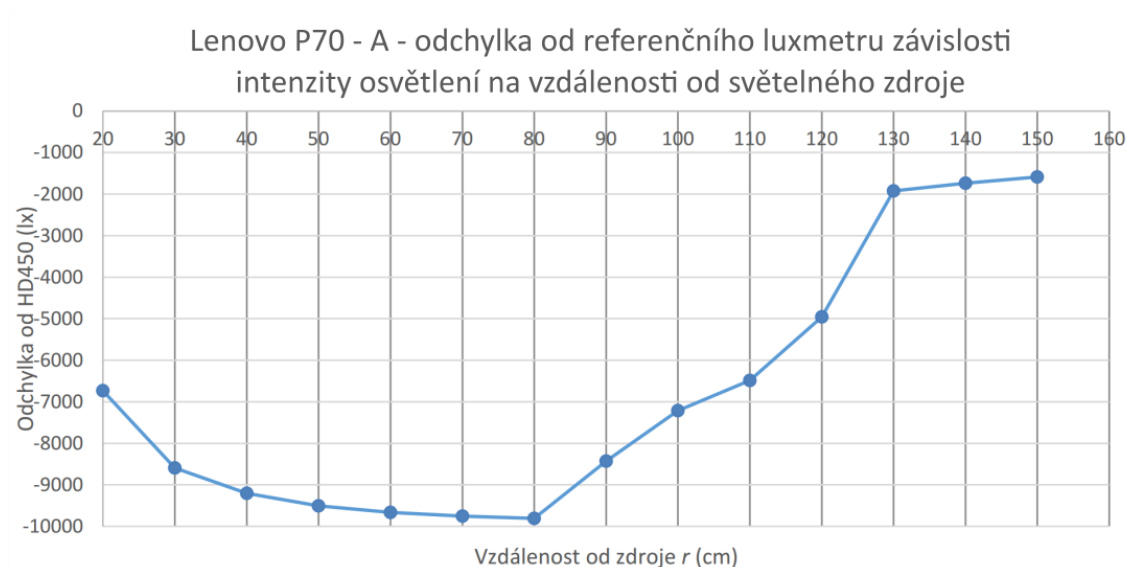
Kontrolní luxmetry mají do vzdálenosti 40 cm od zdroje světla rozlišné hodnoty. Od vzdálenosti 40 cm se naměřené hodnoty téměř shodnou.

Mobilní aplikace měří uspokojivě od přibližné vzdálenosti 70 cm od zdroje světla. Všechny tři aplikace měří totožně, proto je pro další měření zvolena jedna výchozí aplikace.



Graf 2. Měření odchylky intenzity osvětlení na vzdálenosti od světelného zdroje pomocí aplikace Light Meter; LG E960 – Nexus 4

Aplikace měří uspokojivě od vzdálenosti 50 cm do 150 cm od zdroje světla. Do vzdálenosti 50 cm se hodnoty velmi rozcházejí. Mobilní telefon lze doporučit jako luxmetr ve vzdálenosti od 50 cm do 150 cm od zdroje.



Graf 3. Měření odchytky intenzity osvětlení na vzdálenosti od světelného zdroje pomocí aplikace Light Meter; Lenovo P70 – A

Mobilní přístroj měří velmi špatně. Od počátku měření se hodnoty extrémně rozcházejí. Na základě získaných údajů nelze doporučit k měření v jakékoliv vzdálenosti.

Reakční doba přístroje

Mobilní telefon byl umístěn do vzdálenosti 150 cm, kde dosahovalo měření nejbližší hodnoty odchytky k referenčnímu luxmetru. Čidlo bylo nasměrováno kolmo ke zdroji světla. Celý průběh měření byl zaznamenáván videokamerou. Po několika sepnutích zdroje světla byly nahrané záznamy zpětně vyhodnoceny v Trackeru a do tabulky zapsány průměrné reakční doby jednotlivých telefonů (tabulka č. 1).

Tabulka 1. Výsledky měření reakční doby všech přístrojů

Sony Xperia Z1	Sony Xperia Z5	LG E960 - Nexus 4	Samsung Galaxy S3	Lenovo P70 - A
0,27 s	0,17 s	0,33 s	0,34 s	2,66 s

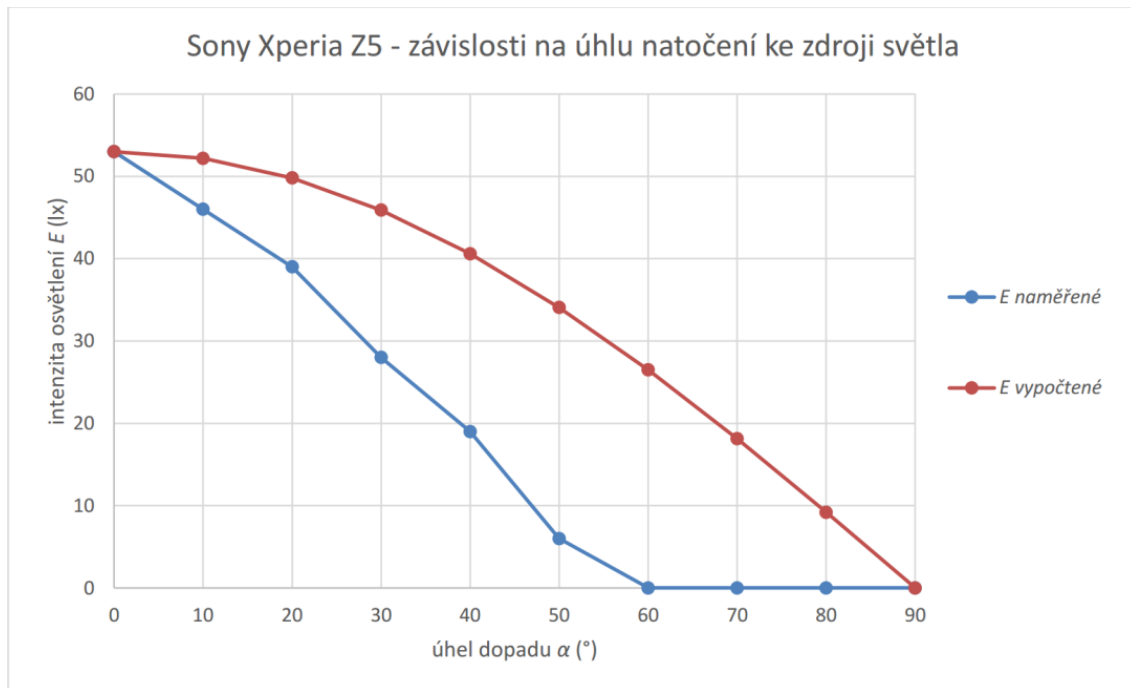
Tabulka č. 1 – Výsledky měření reakční doby všech přístrojů

Z tabulky vyplývá, že reakční dobu měl nejkratší přístroj Sony Xperia Z5. Naopak nejdelší reakční dobu měl telefon Lenovo P70 – A.

Z tabulky vyplývá, že reakční dobu měl nejkratší přístroj Sony Xperia Z5. Naopak nejdelší reakční dobu měl telefon Lenovo P70 – A.

Závislost intenzity osvětlení na úhlu natočení ke zdroji světla

Mobilní telefon byl umístěn do vzdálenosti 150 cm od zdroje. Postupně docházelo ke změně úhlu se souběžným zápisem hodnot. Ze svítivosti I daného zdroje byla vypočtena teoretická hodnota intenzity osvětlení E v závislosti na úhlu. Naměřené a vypočtené hodnoty byly následně porovnány ve vytvořených grafech pro všechna zařízení (graf č. 4).



Graf 4. Měření odchylky od vypočtené hodnoty v závislosti na úhlu natočení pomocí aplikace Light Meter; Sony Xperia Z5.

Pokud nastavíme měřící zařízení ke zdroji pod jakýmkoliv úhlem, zařízení přestává měřit dostatečně přesně. Lze doporučit měřit pouze pod úhlem dopadu 0° .

Úhloměř

Pro ověření přesnosti byla použita nakloněná rovina s nastavitelnou polohou. Velikost úhlu mezi nakloněnou rovinou a vodorovným směrem byla kromě úhloměru určena také pomocí funkce tangens. Měření byla shodná v konfrontaci s údaji v mobilních aplikacích.

Tónový generátor

V akusticky izolované místnosti byly postupně proměřeny všechny mobilní telefony. Pomocí aplikace zvukový generátor / frequency sound generator (Fine chromatic tuner) byly generovány různé frekvence. K záznamu byl použit mikrofon ve spojení s analýzou v programu Souncard Scope. Hodnoty byly zaznamenány do tabulky č. 2.

Tabulka 2. Měření aplikace Frequency Sound Generator.

Sony Xperia Z1	Samsung Galaxy S3	LG E960 - Nexus 4	Sony Xperia Z5	Lenovo P70 - A	Skutečná frekvence (Hz)
100	100	100	100	100	100
500	500	500	500	500	500
1000	1000	1000	1000	1000	1000
2000	2000	2000	2000	2000	2000
3000	3000	3000	3000	3000	3000
4000	4000	4000	4000	4000	4000
5000	5000	5000	5000	5000	5000
6000	6000	6000	6000	6000	6000
7000	7000	7000	7000	7000	7000
8000	8000	8000	8000	8000	8000
9000	9000	9000	9000	9000	9000
10000	10000	10000	10000	10000	10000
11000	11000	11000	11000	11000	11000
12000	12000	12000	12000	12000	12000
13000	13000	13000	13000	13000	13000
14000	14000	14000	14000	14000	14000
15000	15000	15000	15000	15000	15000
16000	16000	16000	16000	16000	16000
17000	17000	17000	17000	17000	17000
18000	18000	18000	18000	18000	18000
19000	19000	19000	19000	-	19000
20000	20000	20000	20000	-	20000

Generované frekvence jsou přesné v rozsahu od 100 do 20 000 Hz (mimo mobil Lenovo P70 - A). Zvuk o nižší frekvenci zaznamenaný nebyl. Tento fakt lze přisoudit reproduktorům mobilních telefonů, které nedokázaly vygenerovat požadovanou frekvenci.

Závěr

Integrace mobilních telefonů do školní praxe musí mít na zřeteli výše uvedené poznatky, je nutné diskutovat se studenty přesnost takovýchto měření. Žáky tak vedeme k provádění soustavných a objektivních pozorování, měření a experimentům (především laboratorního rázu), kde podle vlastního i týmového plánu nebo projektu, zpracovávají a interpretují získaná data společně s hledáním souvislostí mezi nimi.

Literatura

- [1] *Penetrace elektronických zařízení v českých domácnostech dle jejich socio-ekonomické klasifikace: Tablety jsou přítomny již v 13 % domácností* [online]. 2014 [cit. 2015-10-11]. ISSN 1803-957X. Dostupné z: <http://goo.gl/SxQUMX>
- [2] MATYS, Jaroslav. *Fyzikální měření pomocí mobilního telefonu*. Vladimír Vochozka. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2016.
- [3] VOCHOZKA, Vladimír. Krokoměry (pedometry) v mobilním telefonu. In: *Jak získat žáky pro fyziku?*. Praha: JČMF, 2015. ISBN 978-80-7015-122-8.
- [4] VOCHOZKA, Vladimír, BEDNÁŘ, Vít a TESAŘ, Jiří. Zvukoměry v mobile při výuce akustiky. In: *Veletrh nápadů učitelů fyziky 19: Sborník z konference*. Vydání první. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2015, s. 192-196. ISBN 978-80-261-0439.

Atmosférický tlak na několik způsobů

VOJTĚCH ŽÁK

Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy

V příspěvku je popsáno několik aktivit, které se týkají měření atmosférického tlaku a uvažování o něm: např. měření tlaku v různých částech místnosti a v terénu, výpočet hustoty vzduchu a práce s webem ČHMÚ. V těchto aktivitách se propojuje provádění odhadů, měření a jednoduché výpočty. Některé z aktivit je možné pojmout jako badatelsky orientovanou výuku (IBSE). Jsou vhodné pro žáky jak 2. stupně základních škol, tak škol středních a propojují fyziku s geografii.

Úvod

Atmosférický tlak (tlak vzduchu) patří k tradičním tématům fyziky na českých základních a středních školách. Je zpracován ve starších ([1], s. 113–116, [2], s. 84–90) i novějších učebnicích fyziky ([3], s. 81–88, [4], s. 201–204). Několik příspěvků věnujících se atmosférickému tlaku najdeme také v *Souhrnném sborníku Veletrhu nápadů učitelů fyziky* [5] (i v anglicky psané době [6]), např. [7] a [8].¹ Důvodů, proč se ve výuce fyziky zabývat atmosférickým tlakem, můžeme najít několik. Zmíníme je v následujícím textu.

Náměty na aktivity s atmosférickým tlakem

Atmosférický tlak je fyzikální veličina, která je z hlediska výuky fyziky zajímavá tím, že se obecně mění v čase a v prostoru. Její měření současnými přístroji je technicky nenáročné a rychlé, takže zbývá dostatek času k další práci s naměřenými hodnotami. Tlak vzduchu souvisí také s dalšími fyzikálními veličinami, např. vzdáleností (výškou) a hustotou vzduchu, a proto je možné na základě jeho měření provádět další úvahy a výpočty. Navíc měření atmosférického tlaku je zajímavé provádět i v terénu, takže se hodí také do mimoškolní výuky a volnočasových aktivit.

Níže uvedené aktivity jsou vhodné zejména pro výuku na SŠ (většina z nich i pro 2. stupeň ZŠ) a je možné je pojmout jako badatelsky orientovanou výuku fyziky (IBSE, podrobněji [9]).

Měření atmosférického tlaku v učebně

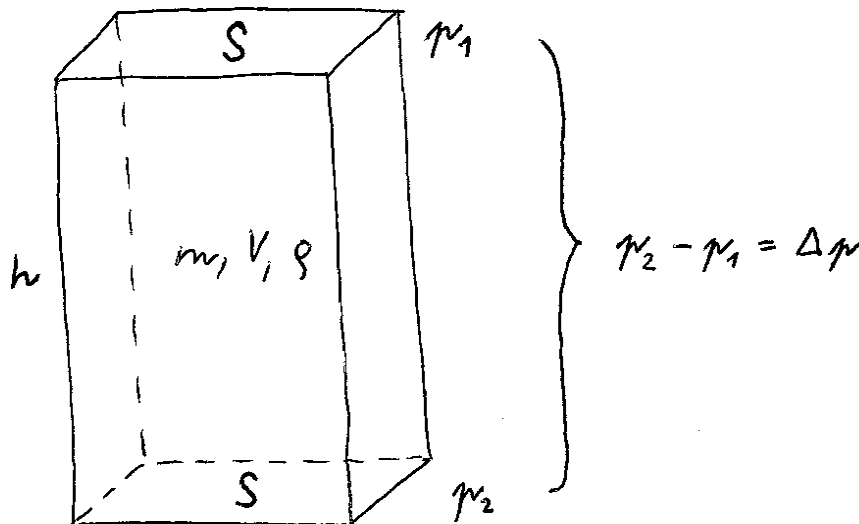
Výzkumná otázka: *Je u podlahy učebny jiný atmosférický tlak než „nad hlavou“? Žákům můžeme dát nejprve úkol, aby si udělali teoretickou předpověď, jak dopadne měření. Časté je, že žáci sice vědí, že vysoko v horách je nižší tlak, ale domnívají se, že je třeba k měřitelné změně velké převýšení. Některým přijde logické, že všude v relativně malé místnosti (např. učebně) se případné rozdíly v tlaku rychle vyrovnají.*

¹ Pod klíčovým slovem „atmosférický tlak“ najdeme celkem 12 příspěvků (resp. čtyři příspěvky uvedené pod „atmospheric pressure“).

K měření mohou žáci použít např. barometr Greisinger GPB 3300, který jako nejmenší změnu tlaku zobrazuje 0,1 hPa [10].¹ Tlak ve výšce zhruba 2 m nad podlahou bývá typicky o 0,2 hPa, tj. 20 Pa nižší než u podlahy.² Měření je vhodné opakovat v různých místech místnosti. *U podlahy učebny je tedy větší atmosférický tlak než ve výšce.* Tento závěr je logický, protože za zvýšení atmosférického tlaku v níže položeném místě může tíha vrstvy vzduchu, která je mezi těmito místy. Toho lze využít při řešení následující otázky.

Výpočet hustoty vzduchu na základě měření tlaku

Řešení výzkumné otázky – *Jaká je hustota vzduchu v učebně?* – je možné začít rozhovorem se žáky na téma, jak souvisí tlak vzduchu s dalšími jeho vlastnostmi. K úvahám je možné použít např. obrázek níže, kde je vyznačen myšlený kvádr s obsahem podstavy S a výškou h , který je „vyříznutý“ ze vzduchu. Vzduch, který ho vyplňuje, má hmotnost m , objem V , průměrnou hustotu ρ a rozdíl tlaku v dolní a horní podstavě je Δp . Vyšší tlak v dolní podstavě kvádrů oproti tlaku v horní podstavě je způsoben vzduchem, který je v kvádru (mezi podstavami).



Obr. 1. Myšlený vzduchový kvádr vhodný k úvaze o hustotě vzduchu

Pro rozdíl tlaku tedy platí, že

$$\Delta p = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S} = \frac{V\rho g}{S} = \frac{Sh\rho g}{S} = h\rho g.$$

Odtud pro průměrnou hustotu vzduchu (s využitím výsledků z předchozí aktivity) plyne, že

¹ Lze použít i jiné barometry, např. barometr firmy Vernier [11] nebo barometry integrované v digitálních hodinkách. Je vhodné, aby barometr zobrazoval desítky Pa, tj. desetiny hPa.

² Pokles tlaku o 10 Pa na 1 m výšky je třeba brát pouze jako přibližnou hodnotu. Hustota vzduchu s výškou obecně klesá. Z hodnot hustoty vzduchu uvedených v [12], s. 157, vyplývá, že v nadmořských výškách kolem 200 m připadá na pokles tlaku o 10 Pa přibližně 86 cm, zatímco ve výšce 1 000 m n. m. přibližně 93 cm. Podrobněji k souvislosti změn tlaku a hustoty vzduchu dále.

$$\rho = \frac{\Delta p}{hg} \approx \frac{20 \text{ Pa}}{2 \text{ m} \cdot 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}.$$

Průměrná hustota vzduchu (za obvyklých podmínek) je tedy řádově 1 000krát menší než hustota vody, což je běžně známý fakt. Při odvozování se ukazuje, že součin $h\rho g$ se rovná rozdílu atmosférického tlaku ve dvou relativně blízkých místech vzdálených vertikálně o h , ne přímo atmosférickému tlaku.

Měření atmosférického tlaku v terénu

Obě předchozí aktivity je samozřejmě možné provádět i mimo školu. Na základě souvislosti mezi změnou nadmořské výšky a změnou atmosférického tlaku je možné v terénu, např. na výletě určovat přibližné převýšení, které výletníci zdolají. Při celkem běžném převýšení 100 m dojde ke změně atmosférického tlaku o 10 hPa, tj. asi o 1 % normálního atmosférického tlaku. Je možné využít terén, který žáci znají, a převýšení dopočítané na základě měření atmosférického tlaku mohou žáci ověřit např. pomocí mapy s vrstevnicemi.

Jako konkrétní příklad uveďme, že při jízdě pražským metrem na trase B mezi stanicemi Florenc a Zličín byl naměřen pokles tlaku o 26 hPa(!), což poměrně dobře odpovídá rozdílu v nadmořské výšce obou stanic, který je podle [13] přibližně 230 m.¹ Jako zajímavost dodejme, že převýšení na této lince pražského metra je větší než výška žižkovské věže [14]. Jako další příklad uveďme změny tlaku při jízdě „běžným vlakem“ (nikoli horskou železnici): Během dopolední jízdy 27. června 2016 z Českých Budějovic do Prahy byl ve výchozí stanici naměřen tlak 975,9 hPa, při průjezdu stanicí Střežiměř 953,5 hPa a při příjezdu do Prahy, hl. n. 996,5 hPa. Atmosférický tlak se tedy vlivem zejména rozdílné nadmořské výšky měnil v intervalu více než 40 hPa (vlak skutečně překonává na této trati převýšení přibližně 400 m).

Z předchozího vyplývá, že při přemísťování po české krajině může snadno dojít ke změnám atmosférického tlaku o desítky hPa. Změny tlaku mohou samozřejmě nastat i v případě, že měření provádíme stále na stejném místě.

Měření atmosférického tlaku v čase

Je obecně známé, že součástí změn počasí jsou také změny atmosférického tlaku v čase (v daném místě). Jako příklad uveďme měření na jednom konkrétním místě: V obci Dubné u Českých Budějovic byl 25. června 2016 po půlnoci naměřen tlak 967,6 hPa, který během dne klesl až na 962,9 hPa a před půlnocí opět stoupl na 967,2 hPa. Je zřejmé, že během dne v daném místě (konkrétní nadmořská výška) může tlak kolísat o jednotky hPa. Lze si představit, že tomu odpovídá stoupání nebo klesání o desítky výškových metrů.

¹ Pokud bychom využili tabulkové hodnoty (viz pozn. 3) a předpokládali pokles tlaku o 10 Pa na 0,9 m, pak bychom z naměřeného poklesu tlaku o 26 hPa dostali výškový rozdíl 234 m, který velmi dobře odpovídá údajům ve [13].

Práce s webem ČHMÚ

Využitelné informace o atmosférickém tlaku je možné najít na webu Českého hydro-meteorologického ústavu (ČHMÚ). Na stránce [15] (dále pokračovat: aktuální situace → aktuální stav počasí → stanice → profesionální stanice → aktuální počasí – mapa) je možné najít aktuální hodnoty atmosférického tlaku. Otázkou pro žáky může být, *proč je hodnota tlaku na zobrazené mapě jiná než hodnota změřená v daném místě barometrem?* (K porovnání přirozeně využijeme nejbližší stanici, jejíž údaj je na mapě zobrazen.) Žáky můžeme při rozhovoru navést k tomu, aby si všimli, že zobrazená hodnota je vyšší, než je aktuální naměřený tlak. Mohla by tedy odpovídat nižší nadmořské výšce. Otázkou je, které význačné nadmořské výšce by tyto hodnoty mohly odpovídat. Jedna z rozumných možností je přímo hladina oceánu. Na jedné z map na tomto webu je dokonce uvedeno, že se jedná o tlak vzduchu přepočtený na 0 m nad mořem. Tuto informaci je možné zhruba ověřit na základě znalosti, jak klesá atmosférický tlak s výškou.

Souvislost atmosférického tlaku s výškou kapalin v trubici tvaru U

Předcházející úvahy umožňují podrobnější pohled na velmi známý fyzikální problém: *Jak vysoko nad společným rozhraním se ustálí hladiny dvou kapalin o různé hustotě v trubici tvaru U, pokud se nepromíchají?* Pokud označíme hustotu jedné kapaliny ρ_1 , výšku její hladiny nad společným rozhraním h_1 a obdobné veličiny pro druhou kapalinu opatříme indexem 2, dostáváme pro rovnost hydrostatických tlaků ve společném rozhraní $h_1\rho_1g = h_2\rho_2g$, kde g je velikost tíhového zrychlení. Odtud obdržíme pro poměr výšek jednoduchý vztah

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{\rho_1}{\rho_2}.$$

Tento vztah byl ale odvozen mimo jiné za předpokladu, že atmosférický tlak těsně nad hladinami obou kapalin je stejný. Pokud ale budeme důslední, musíme na základě předchozích výsledků (měřitelné změny atmosférického tlaku při změně výšky) připustit, že tlak vzduchu stejný není, protože hladiny jsou obecně v jiných výškách. Vyjdeme-li z přibližného empirického poznatku, že na 1 m do výšky připadá pokles atmosférického tlaku o 10 Pa, a předpokládáme-li, že $h_1' > h_2'$, dostáváme pro rovnost tlaků novou rovnici¹

$$h_1'\rho_1g = h_2'\rho_2g + \frac{(h_1' - h_2') \cdot 10 \text{ Pa}}{1 \text{ m}}.$$

Odtud dostáváme

$$\frac{h_2'}{h_1'} = \frac{\rho_1g - 10 \frac{\text{Pa}}{\text{m}}}{\rho_2g - 10 \frac{\text{Pa}}{\text{m}}}.$$

Lze jednoduše dosazením spočítat, že v případě rtuti a vody, kdyby byla výška rtuťového sloupce nad společným rozhraním $h_2' = 100 \text{ mm}$, by při započítání tohoto jevu

¹ Čárkovaně značíme výšky hladin po započítání úbytku atmosférického tlaku s výškou.

byl sloupec vody vyšší přibližně o 1 až 2 mm. V úvahách o výšce hladiny kapalin v trubici lze jít dále a je možné se zabývat např. vlivem kapilárních jevů.

Závěr

V tomto článku byly představeny aktivity do výuky fyziky, které se týkají atmosférického tlaku. Díky technické a časové nenáročnosti jeho měření současnými přístroji zbývá dostatek času k další práci s naměřenými hodnotami. Výhodou z hlediska výuky fyziky je fakt, že tlak vzduchu souvisí také s dalšími fyzikálními veličinami, takže je možné na základě měření tlaku vzduchu provádět další úvahy a výpočty. Navíc měření atmosférického tlaku je zajímavé provádět i v terénu, takže se hodí také do mimoškolní výuky a volnočasových aktivit (a to jak na úrovni ZŠ, tak SŠ).

Literatura

- [1] Smetana, F. J. *Počátkové silozpytu čili fysiky pro nižší gymnasia a reálky*. Kněhkupectví J. G. Calve Praha, 1852.
- [2] Vachek, J., Špaček, M. *Fyzika pro sedmý ročník základní devítileté školy*. Státní pedagogické nakladatelství Praha, 1976.
- [3] Rauner, K. a kol. *Fyzika 7 – učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia*. Fraus Plzeň, 2005.
- [4] Svoboda, E. a kol. *Fyzika pro gymnázia: Mechanika*. Prometheus Praha, 2013.
- [5] <http://vnuf.cz/sbornik/>
- [6] <http://vnuf.cz/proceedings/>
- [7] Kazachkov, A., Salinas, A. *Atmospheric pressure in low-cost demonstrations and measurements*. Physics Teachers' Inventions Fair proceedings. <http://vnuf.cz/proceedings/papers/17-20-Kazachkov.html>
- [8] Žák, V. *Physics on Travels and in the Field*. Physics Teachers' Inventions Fair proceedings. <http://vnuf.cz/proceedings/papers/14-27-Zak.html>
- [9] Žák, V. *Zkoumání kancelářského papíru*. In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 20. Ed.: Koudelková V. Nakladatelství P3K Praha, 2015. s. 302–306.
- [10] <http://www.conrad.cz/barometr-greisinger-gpb-3300-115440.k100884?gclid=CMSj8pmTjM0CFXMz0wod2UoNuA>
- [11] <http://www.vernier.cz/produkty/podrobne-informace/kod/bar-bta>
- [12] Mikulčák, J. a kol. *Matematické, fyzikální a chemické tabulky pro střední školy*. SPN Praha, 1988.
- [13] <https://www.metroweb.cz/metro/TECH/tech-trate.htm>
- [14] <http://towerpark.cz/zizkovska-vez+1>
- [15] <http://portal.chmi.cz/>

Neposlušná elektrostatika I

PETER ŽILAVÝ

Katedra didaktiky fyziky MFF UK

Při školních experimentech z elektrostatiky i při mnoha činnostech v běžném životě probíhá často nabíjení či vybíjení těles prostřednictvím krátkých elektrických výbojů. Co se děje při nabíjení kovového tělesa či školního elektroskopu zelektrovanou tyčí? Jak hledat chybu, když nám něco nefunguje? Neobvyklý způsob hledání odpovědí na tyto otázky pomocí digitálního osciloskopu je obsahem tohoto příspěvku.

Úvod

Chceme-li zjistit, zda (a jak) je těleso nabitá, obvykle používáme elektroskop, případně nějaký elektronický měřič či indikátor elektrického náboje. Nabitá tělesa přitahují i nenabitá kousky papíru, vlasy či jiné drobné předměty (např. díky jejich polarizaci a následnému přitahování v nehomogenním poli nabitého tělesa).

Princip činnosti elektroskopu (elektrometru) spočívá ve vzájemném odpuzování souhlasně nabitých mechanických částí. Elektronické měřiče náboje využívají měřicího kondenzátoru (o výrazně větší kapacitě než má zkoumané kovové těleso) s jednou uzemněnou elektrodou. Po připojení druhého pólu kondenzátoru k tělesu se kondenzátor nabije stejně velkým nábojem, jaký mělo měřené těleso. Z napětí na kondenzátoru a jeho kapacity lze pak určit náboj. Podrobně je tento princip popsán v [1].

Pokud nabitá těleso vodivě spojíme se zemí, odvedeme jeho náboj (v případě tělesa z izolantu jen část jeho náboje) do země. Při tomto spojení chvíli teče elektrický proud. Velikost a doba trvání „proudového impulsu“ přitom závisí na kapacitě tělesa (velikost, tvar...) a na celkovém odporu spojení se zemí. V následujícím textu bude ono spojení se zemí představovat vysokonapěťová (dále jen „vn“) sonda osciloskopu.

Osciloskop a vysokonapěťová sonda

Osciloskop obvykle používáme k zobrazení časových průběhů elektrických veličin ve slaboproudých obvodech. Ve spojení s vysokonapěťovou sondou však může být užitečným nástrojem i pro elektrostatiku. Pro toto použití je vhodný (v současné době snadno dostupný) digitální osciloskop umožňující zachycení, zobrazení a proměření jednorázových dějů (špiček, jednotlivých impulsů). Samotný popis práce s osciloskopem není předmětem tohoto článku, základní informaci lze nalézt např. v [2].

Základní napěťové rozsahy osciloskopu lze zvětšit použitím vhodné sondy (která vlastně představuje se samotným vstupem osciloskopu pokud možno frekvenčně nezávislý dělič napětí). Pro naše experimenty jsme použili vysokonapěťovou sondu 1000x umožňující bezpečně měřit napětí ve špičce až do 40 kV. Z pohledu tělesa, ke kterému sondu přiblížíme, lze sondu s osciloskopem nahradit paralelní kombinací rezistoru o odporu 100 M Ω a kondenzátoru o kapacitě asi 3 pF zapojenou do země.



Obr. 1. Osciloskop a vysokonapěťová sonda

Výstupní informací je časový průběh potenciálu (napětí vůči zemi) hrotu sondy resp. časový průběh potenciálu tělesa, ke kterému je sonda připojena.

Co budeme potřebovat?

Pro následující experimenty budeme kromě osciloskopu s vysokonapěťovou sondou potřebovat: novodurovou tyč (odpadní trubku či trubku z příslušenství vysavače), skleněnou tyč, flanelový hadřík, umělou jelenici a kousek kůže na tření tyčí, elektroskop, laboratorní stojan se svorkou na uchycení vn sondy, kovovou kouli na izolačním stojánku, větší kovovou kouli ze školního Van de Graaffova generátoru a spojovací vodiče s banánky.



Obr. 2. Pomůcky pro experimenty

Sršení náboje z nabitě novodurové tyče

V následující části prozkoumáme vybíjení zelektrované tyče do různě velkých kovových těles – postupně do hrotu sondy, kuličky nasazené na hrot sondy a do dalších dvou větších koulí přiložených k sondě osciloskopu.

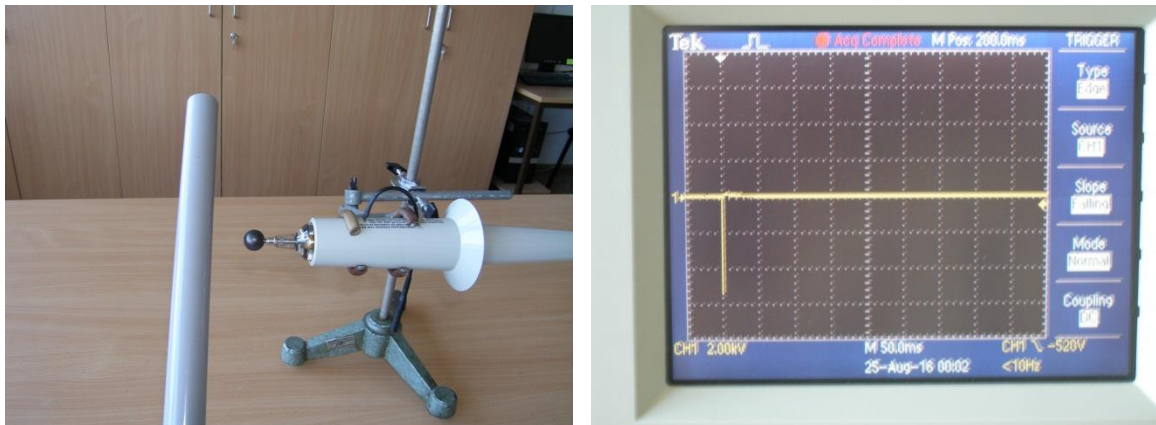
Nabitou novodurovou tyč nejdříve postupně přibližujeme k ostrému hrotu vn sondy. Při jejím postupném přibližování pozorujeme již při vzdálenosti několika centimetrů od hrotu sondy na obrazovce osciloskopu řadu impulsů – náboj srší do hrotu. Impulsy mají zápornou polaritu, z tyče srší záporný náboj. Potvrzuje to známé tvrzení, že novodurová tyč při tření flanelem či umělou jelenicí se nabíjí záporně.



Obr. 3. Sršení náboje z nabitě novodurové tyče do hrotu sondy

Pokud tyč posuneme ve své ose při nezměněné vzdálenosti od sondy, vysrší do hrotu další náboj (vidíme další sérii impulsů na obrazovce osciloskopu). Do hrotu sondy tedy vysrší vždy jen část náboje z malé oblasti nabitě tyče z izolantu. Tato skutečnost umožní pozdější podrobnější zkoumání nabitých těles z izolantu jako např. pás či kladky školního Van de Graaffova generátoru.

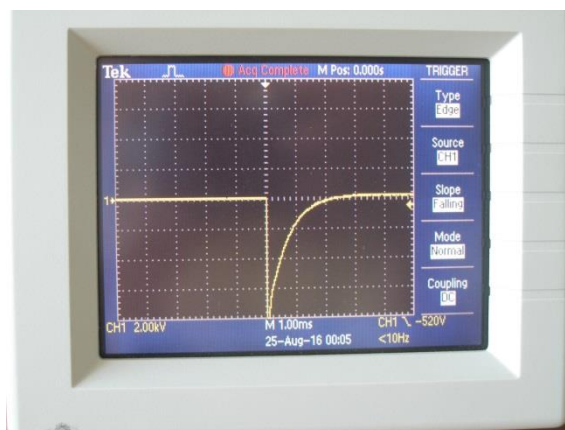
K nabitě novodurové tyči nyní přiblížíme vn sondu s nasazenou kovovou kuličkou o průměru 18 mm.



Obr. 4. Přeskok náboje do kuličky nasazené na hrot sondy

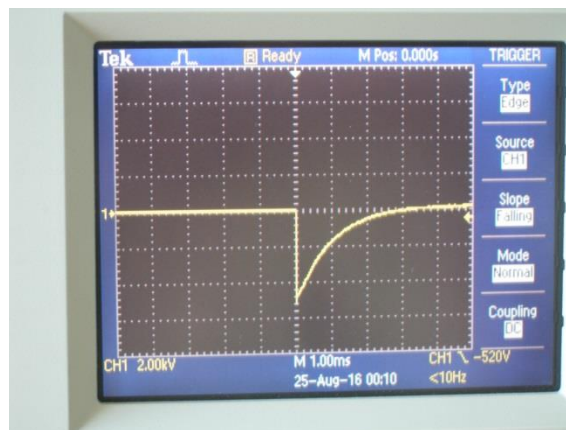
K přeskoku náboje nyní dojde až při větším přiblížení než v předchozím případě. Podívejme se podrobněji (obr. 5) na osciloskopem zaznamenaný impuls ve větším časovém rozlišení (1 ms/dílek). Za pozornost stojí nejdříve velikost impulsu. Při nastaveném rozsahu 2 kV/dílek představuje hodnotu přesahující 8 kV. Tato hodnota představuje dolní odhad potenciálu místa nabitě tyče, ze kterého náboj vysršel.

Z časového průběhu napěťového impulsu je vidět, že samotný přeskok náboje z tyče na kuličku (strmá hrana impulsu) se odehrál v řádově mnohem kratším čase, než je 1 ms. „Doběh“ impulsu v řádu jednotek milisekund je pak způsoben následným vybíjením kuličky, hrotu a vnitřních částí sondy přes odpor sondy do země. Časová konstanta $\tau = R \cdot C$ přibližně 0,6 ms velmi dobře souhlasí s odporem sondy 100 M Ω a kapacitou kuličky a vnitřních částí sondy v řádu jednotek pF.



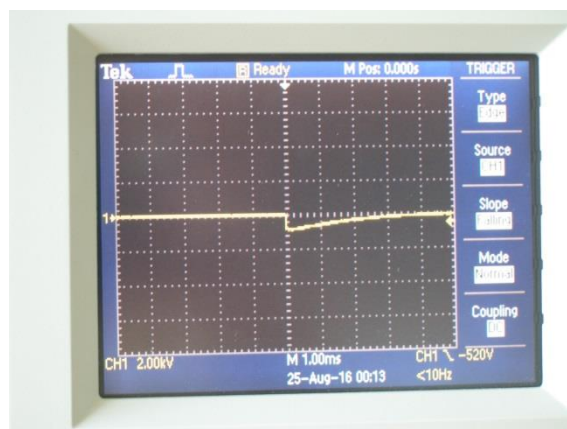
Obr. 5. Průběh potenciálu hrotu sondy při větším časovém rozlišení

Upravme nyní uspořádání experimentu tak, že k hrotu sondy přiložíme větší kovovou kouli o průměru asi 8 cm nebo velkou kouli ze školního Van de Graaffova generátoru na izolačním stojánku a teprve pak k ní přibližujeme nabitou novodurovou tyč.



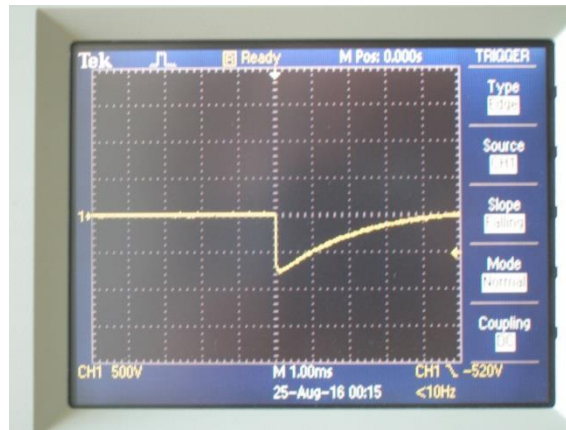
Obr. 6. Přeskok náboje do kovové koule přiložené k hrotu sondy

Amplituda impulsu je nyní o něco menší než v případě malé kuličky, „doběh“ impulsu se znatelně prodloužil.



Obr. 7. Přeskok náboje do velké kovové koule přiložené k hrotu sondy

V případě velké koule je amplituda impulsu ještě menší než v předchozím případě, „doběh“ impulsu se ještě prodloužil. Je to vidět lépe z obr. 8 při nastavení menšího rozsahu napětí na osciloskopu.

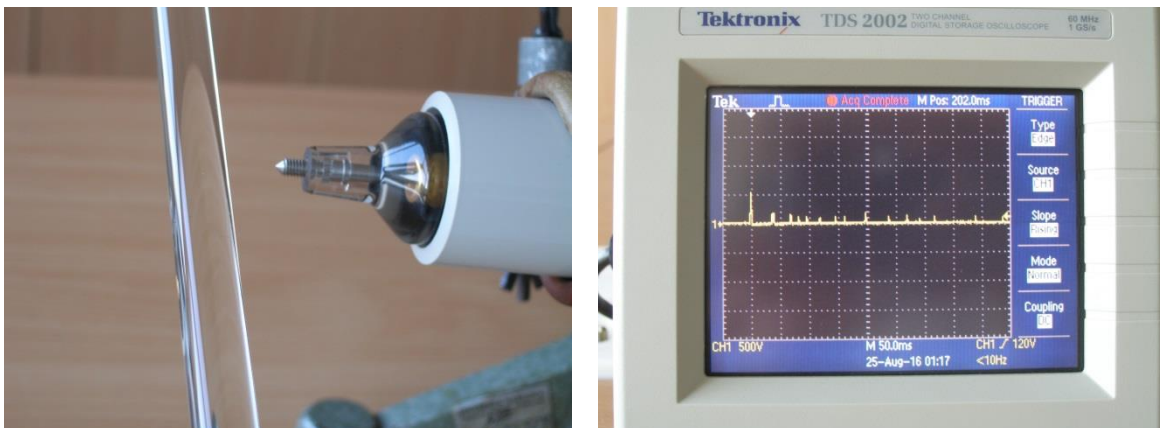


Obr. 8. Průběh potenciálu velké koule přiložené k hrotu sondy

Pokles náběžné hrany impulsu a jeho prodloužení jsou způsobeny větší kapacitou koule, než měla malá kulička na začátku (kapacita koule je přímo úměrná jejímu poloměru). Náboj, který přeskočil z určité oblasti nabitě novodurové tyče na kouli, způsobil díky větší kapacitě koule její nabití na nižší potenciál, než tomu bylo v případě malé kuličky. Díky větší kapacitě koule se prodloužila i časová konstanta vybíjení.

Vybíjení skleněné tyče

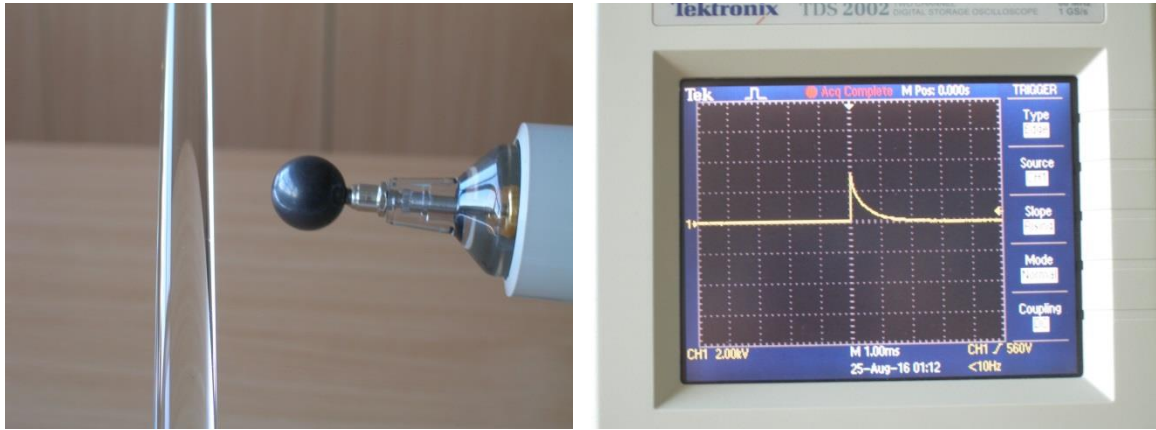
Úvodní experiment z předchozího odstavce nyní zopakujeme se skleněnou tyčí nabitou třením kouskem kůže. Nabitou tyč postupně přibližujeme k ostrému hrotu vn sondy.



Obr. 9. Sršení náboje z nabitě skleněné tyče do hrotu sondy

Podobně jako v případě novodurové tyče, pozorujeme i v případě skleněné tyče při jejím postupném přibližování k hrotu sondy na obrazovce osciloskopu sérii impulsů. Impulsy však nyní mají kladnou polaritu, z tyče srší kladný náboj, skleněná tyč při tření kůží se nabíjí kladně.

K nabitě novodurové tyči nyní přiblížíme vn sondu s nasazenou malou kovovou kuličkou o průměru 18 mm.



Obr. 10. Přeskok náboje do kuličky nasazené na hrot sondy

Výsledek je podobný jako v případě novodurové trubky (až na polaritu impulsu). Časová konstanta vybíjení je stejná, na amplitudu impulsu mají vliv jiné geometrické rozměry a jiný materiál tyče.

Důležitou skutečností je, že u skleněné i novodurové tyče (bez ohledu na znaménko náboje na tyči) probíhá experiment stejně jak v případě sršení náboje do ostrého hrotu, tak i v případě přeskoku náboje na zakulacenou plochu. Prozrazuje nám to něco o samotném mechanismu „sršení“ či „přeskoku náboje“. V blízkosti ostrého hrotu sondy vznikne při přiblížení nabitě tyče velké elektrické pole, ve kterém dojde k ionizaci okolního vzduchu, vytvoření nabitých částic (nosičů náboje) a tím i „vodivého kanálu“ mezi tyčí a hrotem. V případě „hladkých ploch“ tyče a kuličky vznikne mezi nimi dostatečně silné elektrické pole až při jejich přiblížení na podstatně menší vzdálenost. Množství najednou přeneseného náboje vzniklým elektrickým výbojem je pak větší.

Záhada nabíjení elektroskopu

Jedním ze základních pokusů z elektrostatiky je nabíjení elektroskopu zelektrovanou tyčí. Zdálo by se, že když se dotkneme čepičky elektroskopu záporně nabitou novodurovou tyčí (to už víme z předchozích experimentů), tak jej nabijeme také záporně. **Je tomu ale vždy skutečně tak?** Provedme následující experiment pomocí demonstračního elektroskopu a novodurové trubky (dále zkráceně jen tyče):

Odstraňme z blízkosti elektroskopu veškerá nabitá tělesa a ujistíme se, že je elektroskop vybitý (ukazuje nulovou výchylku). Kovovou skříňku elektroskopu uzemníme pomocí vhodného propojovacího vodiče například na ochranný kolík elektrické zásuvky či kovovou součást topení. V této části pokusu není třeba, aby elektroskop stál na izolační podložce.

Nejdříve jen přibližujeme shora ke kovové čepičce elektroskopu zelektrovanou novodurovou tyč. Pozorujeme nárůst výchylky lístku elektroskopu. Čepičky se zatím tyčí nedotýkáme, tyč přiblížíme jen tak, aby nedošlo k přeskoku náboje na elektroskop (nesmíme slyšet či vidět jiskru). Oddálíme-li tyč dostatečně daleko, elektroskop opět ukazuje nulovou výchylku.

Uvedené chování elektroskopu standardně vysvětlujeme tzv. elektrostatickou indukci, kdy záporně nabitá tyč způsobí přesun části volných elektronů (záporného náboje) v kovových vnitřních součástech elektroskopu do jeho dolní části. Čepička pak zůstane

nabita kladně, lístek a pevné spodní části budou nabity souhlasně záporně. V důsledku souhlasného nabití se lístek a pevné části vzájemně odpuzují – elektroskop ukáže výchylku. Po oddálení tyče pomine příčina přesunu volných elektronů, elektrony se vrátí zpět, součásti elektroskopu již nebudou nabité a výchylka vymizí.

Zkusme se nyní dotknout (nebo dokonce otřít) nabitou novodurovou tyčí kovové čepičky elektroskopu. Těsně před dotykem pravděpodobně zaregistrujeme i drobný elektrický výboj mezi tyčí a čepičkou. Poté oddálíme tyč dostatečně daleko. Elektroskop nyní bude ukazovat nenulovou výchylku i po oddálení tyče. I v návaznosti na předchozí odstavce tohoto článku bychom očekávali, že došlo k „vysršení (či přenosu ve vzájemném kontaktu) náboje“ z části tyče na elektroskop a tím i k jeho nabití nábojem stejného znaménka jako je nabitá tyč. Tento náboj se rozmístí po čepičce, lístku i všech vnitřních částech elektroskopu a způsobí díky odpuzování pohyblivých částí výchylku elektroskopu.

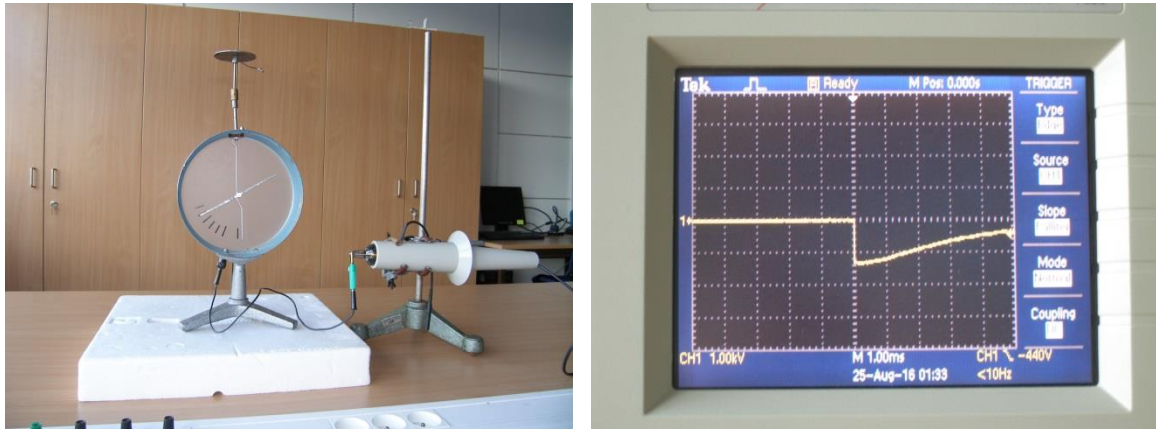
Budeme pokračovat v experimentu. K prozkoumání znaménka náboje, kterým je nabitý elektroskop, použijeme opět novodurovou tyč. Znovu ji třením flanelem nebo umělou jelenicí nabijeme a začneme pomalu přibližovat k čepičce elektroskopu, podobně jako při prvním pokusu ze začátku tohoto odstavce. Záporně nabitá tyč by měla způsobit díky již popsané elektrostatické indukci přesun části volných elektronů do dolní části elektroskopu, navýšení záporného náboje v dolní části a tím i zvětšení výchylky elektroskopu.

S použitými pomůckami (viz obr. 2) však většinou docílíme opaku, při přibližování nabitě tyče **výchylka elektroskopu ze začátku klesá**. Při dalším přibližování dokonce klesne na nulu a až při ještě dalším přibližování tyče se výchylka začne zvětšovat. Znamená to ale, že při nabíjení záporně nabitou tyčí jsme elektroskop nabili **nábojem kladného znaménka, opačným než je náboj tyče**.

Při přibližování záporně nabitě tyče se totiž v důsledku elektrostatické indukce přesouvají volné elektrony do dolní části elektroskopu, zmenšují tím původně kladný náboj v dolní části, v důsledku čehož výchylka klesá. Při určitém přiblížení tyče k čepičce elektroskopu se dokonce kladný náboj v dolní části z původního nabití elektroskopu vyrovná se záporným nábojem přesunutým indukci a výchylka elektroskopu klesne na nulu. Při dalším přibližování tyče mohou dokonce tyto záporné náboje „převýšit“ kladný náboj z původního nabití elektroskopu, spodní část se nabíjí záporně a výchylka opět roste.

Jak je ale možné, že se při nabíjení záporně nabitou tyčí nabil elektroskop nábojem kladného znaménka? Odpověď nalezneme pomocí vysokonapěťové sondy a osciloskopu. Elektroskop nyní postavíme na izolační podložku (pěnový polystyren) a původně uzemněnou kovovou skříňku elektroskopu připojíme propojovacím vodičem k hrotu vn sondy (skříňku vlastně uzemníme přes odpor $100\text{ M}\Omega$, který představuje sonda s osciloskopem).

Pomalu přibližujeme nabitou tyč k čepičce osciloskopu. Osciloskop nejdříve neregistruje žádnou změnu (při rychlých pohybech tyče a zvoleném „citlivějším rozsahu“ na osciloskopu však lze pozorovat pohyb stopy způsobený nábojem přesouvaným elektrostatickou indukci).

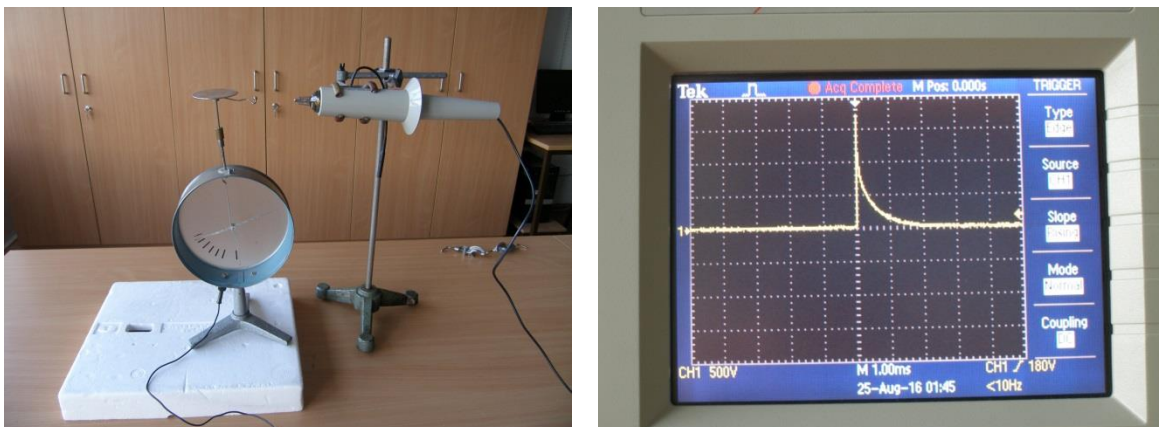


Obr. 11. Přeskok náboje do kovové skříňky elektroskopu

Při určitém přiblížení nabitě tyče k čepičce elektroskopu osciloskop zaregistruje záporný impuls – z kovové skříňky elektroskopu se přesunul přes sondu do země záporný náboj. Na skříňku elektroskopu se tento náboj mohl dostat jen zevnitř přeskokem z lístku a vnitřních částí elektroskopu.

Pravděpodobná příčina kladného nabití elektroskopu tedy spočívá v tom, že se při přibližování nabitě novodurové tyče v důsledku elektrostatické indukce nabije spodní část elektroskopu tak moc, až dojde k přeskoku záporného náboje do skříňky elektroskopu. Po oddálení tyče tento záporný náboj na vnitřku elektroskopu „chybí“, elektroskop se proto nabil kladně. Na „sílu“ elektrostatické indukce má přitom vliv velká část povrchu nabitě tyče. Jen malá část záporného náboje, který přeskočil do kovové skříňky elektroskopu je pak „dorovnána“ při vzájemném kontaktu tyče a čepičky elektroskopu.

Na závěr ještě ukážeme nezávislým pokusem kladné nabití elektroskopu. Hrot sondy budeme postupně přibližovat ke kovové čepičce elektroskopu, až dojde k jeho vybití.



Obr. 12. Přeskok náboje z čepičky elektroskopu

Osciloskop zaregistroval kladný impuls, elektroskop byl tedy i při nabíjení záporně nabitou novodurovou tyčí nabit kladně.

Závěr

Digitální osciloskop s vysokonapětovou sondou je užitečným nástrojem k pochopení zákonitostí elektrostatiky. Přináší možnost zkoumat „časový průběh“ různých nabíjecích procesů a umožňuje podrobně lokálně prozkoumat náboj na povrchu ploch z izolantu (např. nabitě tyče či pásu školního Van de Graaffova generátoru).

Při nabíjení elektroskopu ze elektrovanou tyčí nemusí být dominantním nabíjecím procesem pouze přenos (sršením, kontaktem) náboje z tyče. Pokud chceme vyslovit tvrzení o znaménku náboje, kterým je elektroskop nabitý, musíme provést dodatečný experiment s dalším přibližováním tyče k již nabitému elektroskopu. Pokud při přibližování nabitě tyče výchylka elektroskopu **od začátku** roste, je znaménko náboje elektroskopu stejné jako znaménko náboje tyče.

Záporně nabitou novodurovou tyčí lze často (v důsledku elektrostatické indukce a souvisejícího sršení náboje z lístků elektroskopu) nabít elektroskop kladně.

Poděkování

Děkuji panu profesoru Jaroslavu Krejčímu z gymnázia Na Pražačce a za inspiraci a upozornění na nesrovnalosti v učebnicích a dalších studijních textech věnovaných základním pokusům z elektrostatiky. Související diskuse byla prvotním impulsem pro vznik tohoto článku.

Literatura

- [1] Žilavý, P. *Indikátor a měřič elektrického náboje*. In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 5. Ed.: Rauner K. ZČU Plzeň 2000. s. 169–170.
- [2] Žilavý, P. *Střídavé proudy*, ČEZ a. s. ve spolupráci s P3K, 2012, vydání druhé, ISBN 978-80-87186-65-7.

Uvedená literatura je dostupná na www stránkách autora.

Elektřina z tuňáka a z dalších netradičních zdrojů

VÍT BOČEK

MFF UK, KDF

Příspěvek popisuje tři netradiční způsoby „výroby“ elektřiny. Zaprvé pomocí potravin a Peltierova článku budeme napájet motorek. Zadruhé rozsvítíme piezoreproduktorem LED. Zatřetí se zaměříme na prkno, v jehož blízkosti se díky elektromagnetické indukci rozsvítí LED.

Elektřina z potravin

Cíl

Cílem pokusu je jednoduše „vyrobit“ elektřinu pomocí potravin a Peltierova článku.

Průběh experimentu

Budeme „vyrábět“ elektřinu z tuňáka, másla a salámu. Postup „výroby“ elektřiny je u každé potraviny stejný. Vsuneme knot do pochutiny, a zapálíme jej. Několik centimetrů nad plamen umístíme Peltierův článek, který „vyrobí“ elektrickou energii.

Pomůcky

plechovka tuňáka v oleji, máslo, salám, Peltierův článek, elektrický motorek, knot nebo savý provázek, kladivo, hřebík (cca průměr knotu), zápalky

Postup a teorie

Začneme elektřinou z tuňáka. Do víčka zavřené plechovky s tuňákem (musí být v oleji) uděláme pomocí kladiva hřebíkem díru, do které vsuneme knot, jenž nasaje malé množství oleje z plechovky. Nyní jej můžeme zapálit. Doba svícení se pohybuje okolo deseti hodin. Záleží však na mnoha faktorech, jako je např. množství oleje v plechovce, velikost plamene, velikost knotu atp. Tato „tuňáková svíčka“ (obr. 1) je velice praktická nejen z důvodu dlouhé doby svícení, ale i díky dalším přednostem. Je ekologická, neboť využije olej, který bychom vylili do odpadu. Plamen také plechovku mírně ohřeje, takže její obsah bude po skončení experimentu o několik stupňů Celsia teplejší. Zapálená svíčka přitom nezapáchá tuňákovým oděrem, což oceníme zejména při dekorativní funkci svíčky.

Nyní zapojíme do experimentu Peltierův článek. Jde vlastně o baterii Peltierových článků, které jsou schované mezi dvěma porcelánovými destičkami. Po připojení článku ke stejnosměrnému zdroji se jedna jeho strana začne ohřívat a druhá ochlazovat. Obvykle se tato součástka využívá k ochlazení např. v cestovních chladničkách nebo u elektronických přístrojů.

My využijeme toho, že tento jev funguje i „obráceně“. Jednu stranu článku můžeme ohřívat, druhou ochlazovat, a tím „vyrobíme“ elektrický proud (obr. 4). Čím větší je teplotní rozdíl na stranách článku, tím více elektřiny „vyrobíme“. Připojíme vývody článku k elektromotoru a článek umístíme nad plamen svíčky. Elektromotorek se po několika sekundách roztočí. Teplota plamene je dostatečně velká, takže není třeba dru-

hou stranu článku aktivně chladit. Potíž nastává po delší době chodu experimentu, neboť se článek začne prohřívat, a tím se snižuje teplotní rozdíl jeho stran. Tento problém lze vyřešit např. upevněním kovu na chladnější stranu článku, který bude teplo lépe odvádět.

Lepších výsledků lze také dosáhnout použitím Peltierova článku typu „TEG“ (Thermo Electric Generator) (obr. 6) namísto běžného článku typu „TEC“ (Thermo Electric Cooler) (obr. 5), který se od článku TEG mírně liší konstrukcí a primárně se využívá ke chlazení, nikoli k „výrobě“ elektřiny, jako TEG.

Obdobný experiment zrealizujeme také s máslem a salámem (obr. 2). Do másla a šišky salámu uděláme díru na knot (např. šroubovákem). Zanoříme knot a zapálíme jej. K „výrobě“ elektřiny opět použijeme Peltierův článek stejně jako u tuňákové svíčky. Máslová svíčka hoří velice pěkně, ale máslo se bohužel spotřebuje již během několika minut. Salámová svíčka zase není vhodná z důvodu malého množství tuku a velkého množství masa, které při hoření brání průchodu tuku ze vzdálenějších částí salámu do knotu. Tento problém je možné vyřešit ohřátím pánvičky s nakrájeným salámem na mírném plamenu. Tuk se tak dostane mimo salám a je možné jej slít do nádoby, do které se vnoří knot. Tuk za několik desítek minut zatuhne a po zapálení knotu vznikne svíčka podobná svíčce máslové (obr. 3).



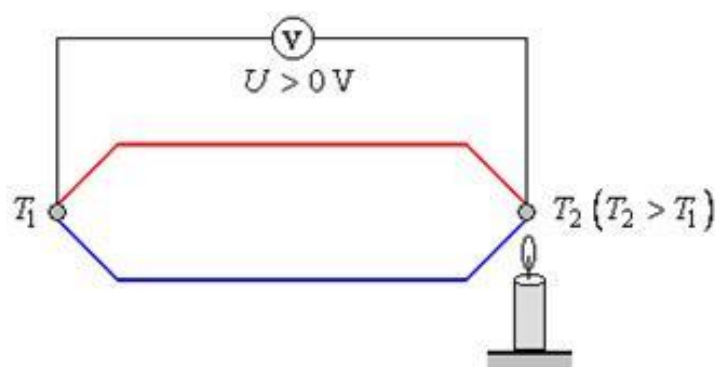
Obr. 1. Tuňáková svíčka



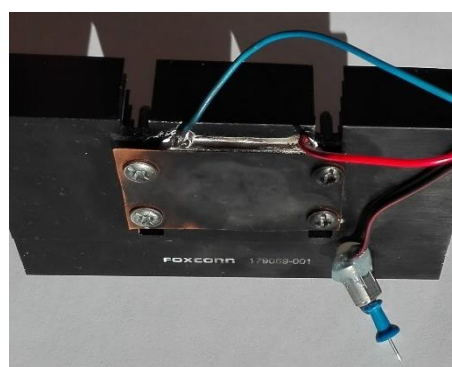
Obr. 2. Máslová a salámová svíčka



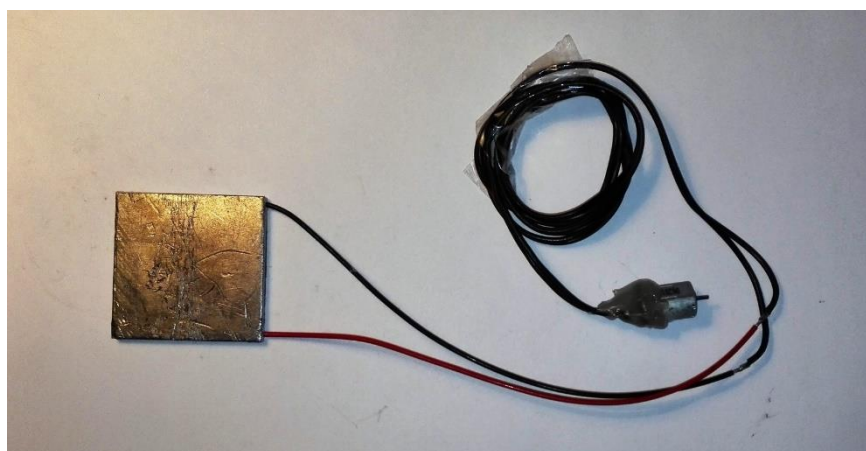
Obr. 3. Svíčka z tuku vysmaženého ze salámu



Obr. 4. Princip „výroby“ elektřiny P. článkem [2]



Obr. 5. P. článek TEC s chladičem



Obr. 6. P. článek TEG s připojeným elektromotorkem

Z naměřených teplot plamene různých svíček (zatížených značnou nepřesností) lze vyčíst, že se svíčka z loveckého salámu a tuňáka výrazně neliší teplotou plamene od čajové svíčky. Z hlediska teploty plamene se jeví jako nejvhodnější svíčka z tuku loveckého salámu, neboť dosahuje mírně vyšší teploty než ostatní měřené svíčky.

Tab. 1. Přehled teplot plamene různých svíček

	Tuk z lovec. salámu	Tuňák v rostl. oleji	Čajová svíčka
Teplota na vrcholu plamene [°C]	615	490	615
Teplota těsně nad knotem [°C]	605	600	600
Maximální teplota [°C]	720	620	640

Teplota plamene různých svíček byla měřena bodovým teploměrem Vernier

Piezoreproduktor jako zdroj elektřiny

Cíl

Cílem pokusu je ukázat, že elektřinu je možné „vyrobit“ zařízením, které původně slouží ke zcela jinému účelu – produkci zvuku.

Průběh experimentu

Elektřinu „vyrobíme“ tak, že jemně poklepeme na piezoreproduktor (někdy se též nazývá piezoměnič), nebo jej jemně prstem zmáčkne. Reproduktor je připojený k LED, která během poklepání zabliká.

Experiment je možné obohatit dvěma vylepšeními. Prvním je antiparalelní připojení druhé LED. Díky tomu je možné během zmáčknutí pozorovat, že při stlačení reproduktoru blikne jedna LED a při povolení blikne druhá LED.

Druhým vylepšením je připojení MP3 přehrávače k piezoměniči. Tím je znázorněno, že piezoměnič je součástka schopná produkovat zvuk.

Pomůcky

piezoměnič, 2x LED, MP3, zesilovač

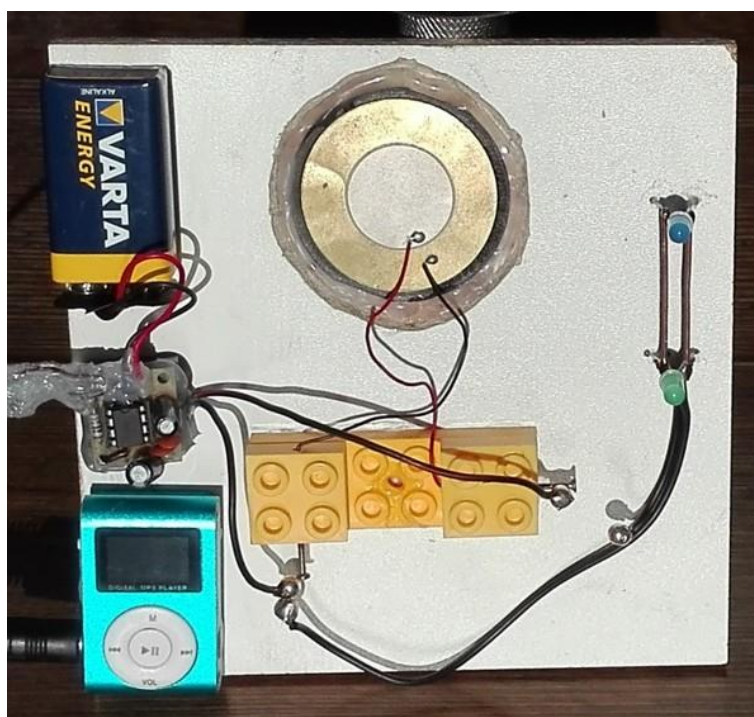
Postup a teorie

Piezoměnič je tvořen krystalem, který se nachází mezi dvěma elektrodami. Napětí na těchto elektrodách způsobí deformaci krystalu, a tím také prohnutí kovové podložky, na které je krystal umístěn. Elektrické impulzy z přehrávače zajistí, že se krystal zdeformuje ve vhodných intervalech. Díky tomu bude měnič vydávat zvuk v podobě hudby.

Nyní situaci otočíme. Budeme mačkat reproduktor, tedy zprostředkovaně krystal. Tím se v obvodu rozpo pohybují elektrony, které vytvoří elektrický proud dostatečný k rozsvícení LED.

Jsou-li zapojené dvě LED antiparalelně, nastane výše popsaná situace. Tento jev lze zjednodušeně vysvětlit tak, že při zmáčknutí reproduktoru se elektrony v obvodu začnou pohybovat jedním směrem a při puštění reproduktoru začnou elektrony v obvodu téct směrem opačným. Díky tomu se rozsvítí druhá LED.

Při stlačení nezátíženého piezoměniče se vytvoří na jeho kontaktech napětí cca 50 V, při puštění cca 40 V.



Obr. 7. V levé části je MP3 přehrávač a zesilovač. Uprostřed piezoreproduktor a v pravé části antiparalelně zapojené LED

Indukční prkno

Cíl

Cílem pokusu je ukázat základní jevy spojené s elektromagnetickou indukcí. Experimentem lze ukázat vlastnosti veličiny tok magnetické indukce, princip indukční podložky pro bezdrátové nabíjení mobilů, indukčního vařiče, transformátoru, tranzistoru a cívky.

Průběh experimentu

Na prkno, případně několik centimetrů nad něj, umístíme cívku s LED, která se rozsvítí.

Pomůcky

měděný izolovaný drát, rezistor 10 k Ω , tranzistor 2N2222, jeden galvanický článek typu AA, případně dva v sérii

Postup a teorie

Experiment se skládá ze dvou částí. První část (obr. 9 a 10) je zdrojem proměnného elektromagnetického pole. Sestává z baterie galvanických článků, tranzistoru, rezistoru a cívky. Druhá část je přijímač, ve kterém se díky elektromagnetické indukci vytváří elektrický proud.

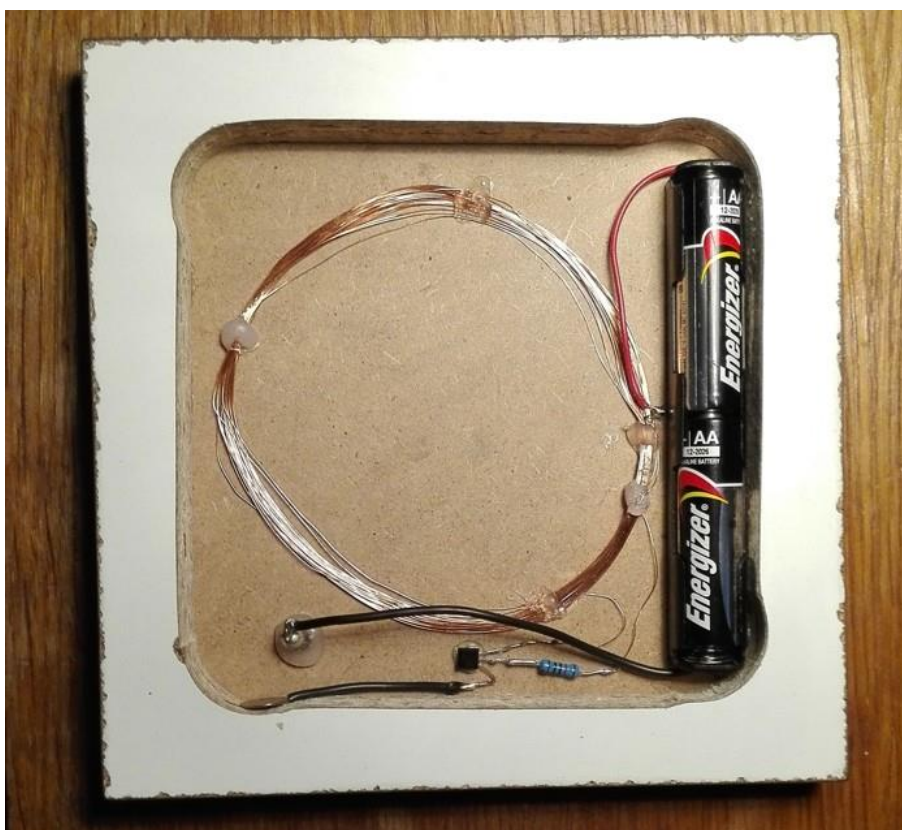
V první části hraje klíčovou roli tranzistor a vinutí primární cívky. Jeden konec primární cívky je připojen ke kolektoru tranzistoru, druhý konec cívky je připojen k jednomu vývodu rezistoru, druhý vývod rezistoru je připojen k bázi tranzistoru. Záporný pól baterie je připojen k emitoru tranzistoru. Kladný pól baterie je připojen ke smyčce cívky, která vznikla při navíjení povytažením namotávaného drátu v polovině navinutých závitů, tedy po dvaceti závitech.

Po zapojení se obvod chová jako el. oscilátor – zdroj elektrických neharmonických kmitů.

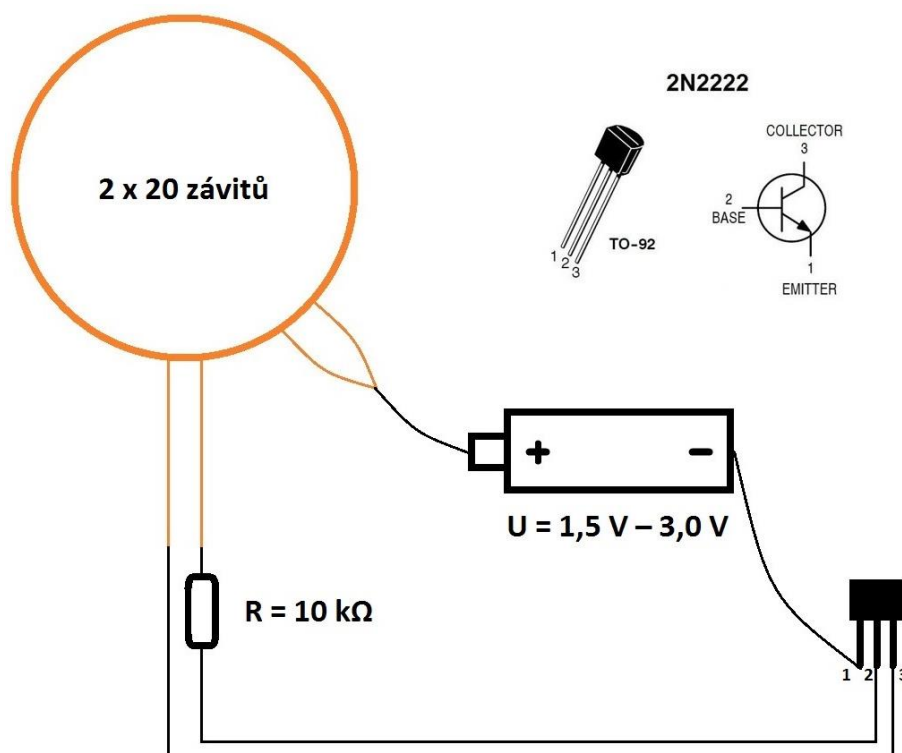
Druhá část (obr. 8) je velice jednoduchá. Jde o cívku se čtyřiceti závity, jejíž konce jsou připojené k LED.



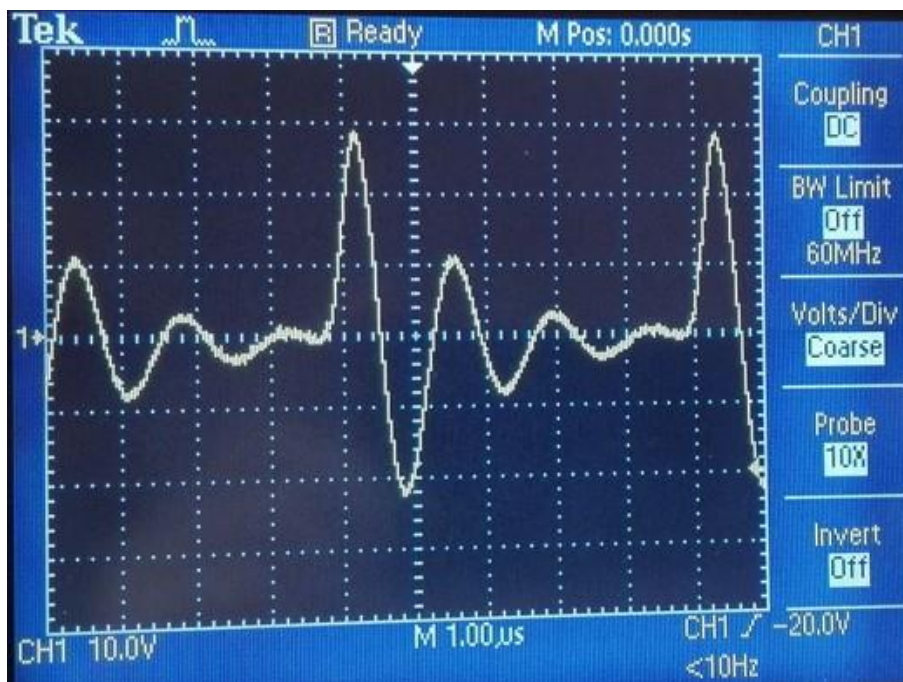
Obr. 8. Cívka s připojenou LED



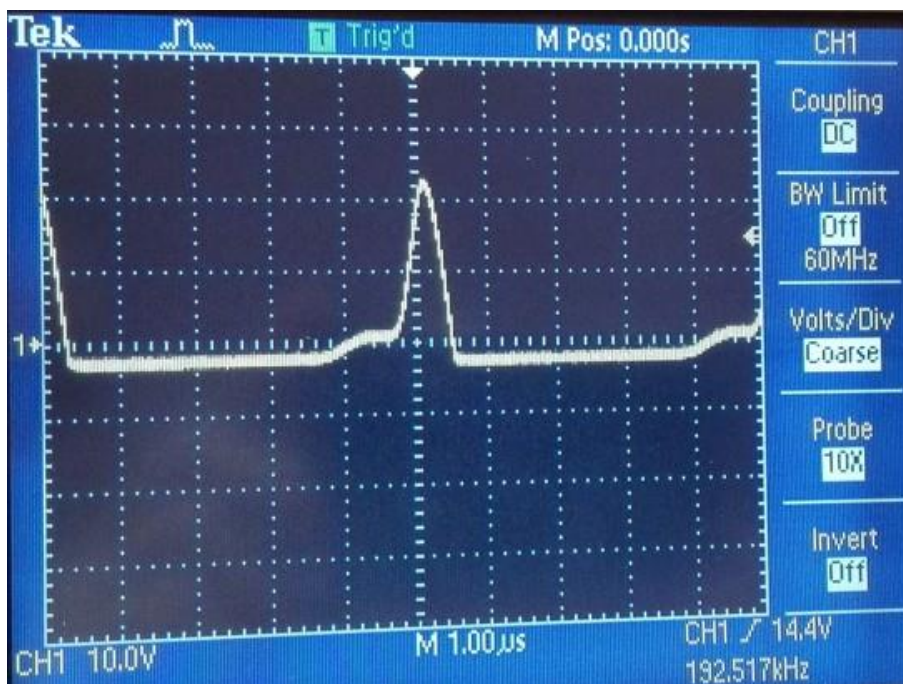
Obr. 9. El. obvod uvnitř prkna



Obr. 10. El. obvod uvnitř prkna [2]



Obr. 11. Napětí na sekundární cívce položené na prknu (bez LED)



Obr. 11. Napětí na sekundární cívce položené na prknu při zapojené LED

Literatura

- [1] Převzato z <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/911-peltieruv-jev>
- [2] Schéma elektrického obvodu: youtube kanál *Muy Fácil De Hacer*. Dostupné z <https://www.youtube.com/watch?v=T75V9hHXwNs>

Veletrh nápadů učitelů fyziky 21. Sborník z konference

Editoři: Mgr. Tomáš Milář, Ph.D., PhDr. Jan Válek, Ph.D.

Vydala Masarykova univerzita, Žerotínovo nám. 617/9, 601 77 Brno

Vydání první / 2016

Náklad 200 CD

CD vyrobila Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity

ISBN 978-80-210-8465-0