UNIVERZITA KARLOVA
Matematicko-fyzikální fakulta
Katedra didaktiky fyziky

JEDNOTA ČESKÝCH
MATEMATIKŮ A FYZIKŮ
Fyzikální pedagogická společnost

VELETRH NÁPADŮ UČITELŮ FYZIKY 20

Sborník z konference

Praha 2015

Editor: Mgr. Věra Koudelková
Vydalo Nakladatelství P3K s.r.o. (www.p3k.cz) v roce 2016. První vydání.
Konference a vydání sborníku byly podpořeny Jednotou českých matematiků a fyziků a Nadací Depositum Bonum.

Všechny příspěvky prošly odbornou recenzí, za jejich obsah však odpovídají autoři.

Editor © Věra Koudelková, 2016

ISBN 978-80-87343-58-6

Obsah

Když síla, tak zrychlení 5

B. Balek: Ruční lékařské přístroje ve výuce fyziky a biologie 8

B. Balogová, M. Bilišňanská, K. Krišková: Bádateľské prírodovedné laboratórium SteelPARK 16

W. Berej, M. Budzinski: Simple experiments with the rainbow 21

M. Bilišňanská a kol.: PhysEduCamp – lepšie ako ležať doma na PECi 25

V. Boček: Experimenty s plácačkou na mouchy 30

P. Böhm, J. Jermář: Experimenty z Přírodovědných Inspiromatů 35

P. Böhm, J. Jermář: Vernier Go Wireless aneb Zkuste to bez drátů 39

Z. Bochníček: Využití lineární halogenové žárovky pro demonstrační experimenty. 47

P. Desenský: Pár nápadů z iQLANDIE 52

L. Dvořák: Další nápady z Malé Hraštice 5: Jak silné jsou magnety? 58

I. Dvořáková: Kostkovaná hustota 64

T. Franc: Slapové jevy a gravitační manévr 68

A. Hajdusianek, I. Hajdusinek: Mobile laboratories of the „Academy of Young Explorers” 73

M. Hanzelka, K. Kolář a kol.: Netradiční úlohy z FYKOSu 78

R. Holubová: Hrátky s nenewtonovskými kapalinami 84

R. Holubová: MAT2SMC – materiály pro podporu společné výuky matematiky a přírodních věd 91

J. Houfková: Fyzika v mateřských školkách a na prvním stupni ZŠ 97

J. Hůlka a kol.: Využití detektoru záření SAFECAST pro výuku 102

M. Jílek: Fyzika nejen s digitálními technologiemi 106

P. Kácovský, J. Reichl, Z. Polák: Několik projektů z tábora, tentokrát na téma: „V jednoduchosti je krása aneb i s málem lze dělat divy“ 112

P. Kácovský: O elektronické Sbírce fyzikálních pokusů 119

O. Kéhar: Astronomie: Jak si představit nepředstavitelné 124

L. Kolářová, J. Tuček: Čištění vody využitím nanotechnologií a začlenění tohoto tématu do výuky fyziky 130

V. Koudelková, S. Gottwald: Zkušenosti z Praktik školních pokusů II 136

Z. Koupilová, P. Kácovský: Aktivní učení v pokročilém vysokoškolském kurzu – Termodynamika a statistická fyzika 142

Z. Koupilová, D. Mandíková, M. Snětinová: Sbírka řešených úloh – nové rozhraní . 150

V. Krajčová: Scientix – Evropské společenství učitelů přírodovědných předmětů .. 155

R. Kusák: Moderní technologie v jiném světle 156

R. Kusák: Pár námětů z ESERO ČR 164

F. Lustig: Jak si jednoduše postavit svůj vlastní vzdálený experiment na mobilních a dotykových zařízeních 168

D. Martincová: Prezentace projektu „Vím proč!“ 173

T. Miléř, L. Pawera: Testování slunečních vařičů 177

T. Nečas: Spektroskopie na střední škole 184

L. Pawera, P. Sládek: Plazmatická úprava povrchu materiálů ve školní laboratoři .. 188

V. Pazdera: Pár zajímavých nápadů VI 194

V. Pejčochová, K. Raczkowska-Tomczak, A. Opaska: Pokusy přes hranici 202

V. Piskač: Z Fyzikálního šuplíku 005 215

J. Piskačová, J. Šestáková: Peer Instruction na gymnáziu 217

Z. Polák: Několik postřehů ze SonS festivalu 2015 v Londýně 221

J. Reichl: NOVEC 1230 227

M. Rotter: Peltierův jev 232

P. Sládek: Fyzika a trvale udržitelný počet obyvatel na Zemi 237

Z. Šabatka: Experimenty z Interaktivní fyzikální laboratoře: magnetické pole 242

L. Ticháčková, L. Hönigová: Konstrukce zdroje záření a jeho využití ve výuce optiky 248

J. Trna: Fyzika pro mrňata 253

J. Válek, P. Sládek: Vrtule a drony 259

J. Valenta: Pokusy s tzv. fosforescencí: Setrvalá luminiscence jako termoluminiscence při ambientní teplotě 265

K. Váňová: Archimédes a jeho odkaz pro současnou výuku 275

J. Veselý: Dva kouzelné kusy skla 280

V. Vícha, M. Kaplan: Radiační pozadí na Zemi, v letadle a na oběžné dráze 284

M. Vollmer: Fun with physics – hands on experiments in physics teaching 293

V. Žák: Zkoumání kancelářského papíru 302

Když síla, tak zrychlení

Vážení čtenáři,

dostává se vám do rukou sborník z jubilejního, dvacátého ročníku Veletrhu nápadů učitelů fyziky. Podtitul dvacátého ročníku zněl „Ani po dvaceti letech nápady neubývají“. Tento slogan nebyl zvolen náhodou, jak za malou chvilku vysvětlíme.

Letošní ročník Veletrhu byl věnován památce jeho zakladatele Milana Rojka. Tento úvodník je nadepsán snad nejslavnějším Milanovým sloganem, který je zároveň mistrnou zkratkou vyjadřující podstatu Druhého Newtonova pohybového zákona.

Když Milan Rojko před dvaceti lety organizoval první ročník Veletrhu nápadů, měl obavy, zda o tuto akci bude mezi učiteli zájem. Předpokládal, že učitelé se budou ostýchat přijet na matematicko-fyzikální fakultu s tím, že tady budou prezentovat své nápady. Obával se toho, že akademické prostředí na ně bude působit stresujícím dojmem a že jim bude určitým způsobem „svazovat ruce“. Bál se toho, že budou své nápady považovat za příliš jednoduché a obyčejné. Očekával tedy, že mnoho učitelů se raději Veletrhu nezúčastní, nebo přijedou pouze jako diváci. Nakonec tomu tak ale nebylo. Účast byla velká a účastníci nápady přímo hýřili. Mezi čtenáři jsou jistě pamětníci této události a ti vědí, že první ročník Veletrhu byl opravdovou studnicí inspirativních nápadů.

Milan měl pravdu v tom, že vystoupit se svým příspěvkem před posluchárnou plnou kolegů bylo značně stresující. *Sám si pamatuji, jak nervózní jsem byl, když jsem předváděl pokusy s vejci a cvičené žárovky. S překvapením jsem ale vnímal to, co zřejmě všichni vystupující. Úžasně vstřícné publikum, kterým účastníci Veletrhu byli.*

Přestože první Veletrh nápadů skončil velkým úspěchem, nevěřil Milan, že by tato akce mohla mít mnoho pokračování, a už vůbec ne, že by se Veletrh jednou stal tradiční největší českou učitelskou konferencí. Předpokládal, že každý předvedl to nej-

lepší ze svého repertoáru nápadů a že se nápady brzy vyčerpají – bude jich ubývat stejně jako účastníků a konference postupně vymizí do ztracena. Prohlédněte si sborník a uvidíte, že podtitul dvacátého ročníku je pravdivý. Skutečně, ani po dvaceti letech nápady neubývají.

Milan Rojko byl charizmatickým učitelem a každý, kdo měl možnost s ním spolupracovat, se od něj mnohému naučil. Díky Milanovi například víme, že se nikdy nestane, že by „pokus nevyšel“. Pokus vždy vyjde, protože příroda se prostě vždy chová podle svých zákonů, které neporušuje, a jenom experimentátor si často myslí, že předvádí něco jiného, než ve skutečnosti předvádí. Pokus prostě vždy dopadne tak, jak dopadnout má. Každý z nás se o tom jistě mnohokrát přesvědčil.

Obdivuhodné bylo, jak měl Milan promyšleno každé téma, které učil. A jak mistrně dokázal studentům i svým kolegům vysvětlit základní fyzikální principy. Milan byl obdivuhodně vstřícný vůči svým kolegům a žákům. *Nikdy jsem tak neměla ostych za ním přijít, když jsem něčemu nerozuměla, vždy si našel čas a trpělivě se mnou diskutoval. A nikdy jsem také neodcházela s pocitem, co jsem to za hlupáka.* Když Milan vysvětloval, jaký vztah by měl být mezi školitelem a doktorandem, vedoucím studentské práce a studentem nebo učitelem a žákem, říkal, že dobrý školitel se nesnaží ukázat studentovi, oč lépe rozumí dané problematice než on. Nevystupuje jako někdo, mezi nímž a studentem je jakási neproniknutelná vrstva, ale snaží se studenta „vytáhnout k sobě“ a bere ho jako svého rovnocenného partnera. Říkal také, že dobrý učitel se v každé hodině naučí něco nového od svých žáků. *Měla jsem to štěstí učit několik let s Milanem partu středoškoláků. Byl pro mne tím nejlepším učitelem a s radostí jsem se učila od něho i svých žáků.*

A ještě další věci si na Milanovi moc ceníme. Jako každý člověk, i on se někdy spletl. Vždy svou chybu bez problému uznal a naučil nás, že to není něco, zač se stydět, ale z čeho je dobré se poučit a jít dál.

Milan byl také znám svým smyslem pro humor a veselými historkami ze svého života. A byly to skutečně příběhy kuriózní. Líčil nám např. příhodu o tom, jak potkal na zastávce autobusu povědomou mladou dámu a nemohl si vzpomenout, odkud ji zná. Snažil se nepřiznat, že si nemůže uvědomit, kdo to je. Měl za to, že je to nějaká bývalá, nebo snad i současná studentka, nebo učitelka z nějaké školy, která spolupracuje s fakultou. Kladl jí proto nenápadné otázky, jimiž se snažil vyzvědět, o koho se jedná. Jenomže... nedařilo se a nedařilo... A tak se nakonec rozhodl zeptat se přímo: „A kde vy vlastně teď pracujete?“ Odpověď zněla: „Na katedře – dvoje dveře vedle vás, pane docente.“ Byla to jedna z mladých kolegyň, doktorandek.

To, že Milan již mezi námi není a nedožil se toho, jak se mýlil v prognózách budoucnosti Veletrhu nápadů, jistě každého z nás velmi zarmoutilo. Jenomže ona to není až tak úplně pravda. Milan s námi sice již fyzicky není, ale ovlivnil mnohé z nás natolik, že je s námi stále. Velice si vážíme toho, že jsme s Milanem mohli spolupracovat, vyučovat společně s ním, učit se od něj a strávit s ním mnohé chvilky i mimo pracovní sféru.

Přejeme všem čtenářům tohoto sborníku, aby v něm, stejně jako ve sbornících předchozích našli mnoho inspirace a aby jim pokusy vždy vycházely.

Zdeněk Drozd, Dana Mandíková

Ruční lékařské přístroje ve výuce fyziky a biologie

BRONISLAV BALEK
SŠDOaS Moravský Krumlov

1) Úvod

Ruční lékařské přístroje lze využít ve výuce biologie, fyziky, chemie, biofyziky, fyziologie, elektroniky, biomedicínckého inženýrství a dalších předmětů na gymnáziích, zdravotnických školách, elektroprůmyslovkách, lékařských fakultách, fakultách zdravotnických studií a fakultách a ústavech biomedicínckého inženýrství, atd. Oproti běžným měřicím systémům pro výuku přírodovědných předmětů ve školství zaručují profesionální lékařské přístroje, určené pro zdravotnictví, nejvyšší elektrickou bezpečnost (galvanicky oddělené vstupy), diagnostikovatelnost snímaných biosignálů a mají značku CE (schválení v EU, které splňuje požadavky na bezpečnost, ochranu zdraví a životního prostředí).

Článek popisuje vznik některých biosignálů lidského těla a jejich snímání a zpracování ručními lékařskými přístroji. Patří sem miniaturní ruční kardiomonitory (EKG), prstový pulzní oxymetr (SpO2-nasycení krve kyslíkem), osobní tonometr (tepenný krevní tlak), cévní ultrazvukový rychloměr (rychlost krve cévami), fetální doppler (měřič srdečních ozvů a tepu), ruční spirometr (parametry plic), atd. Všechny přístroje mají PC rozhraní mini nebo mikro USB pro přenos, zpracování a uložení dat do počítače. Některé přístroje mají dotykovou barevnou obrazovku a mohou, v případě požadavku, komunikovat bezdrátově s řidícím centrem.

2) Ruční kardiomonitor [1, 3, 4], (obr. 1-4)

Teorie vzniku, snímání a vyhodnocení EKG byly prezentovány v literatuře [1], [3], [4].

Obr. 1. EKG elektrodový systém [1], [2]

Obr. 2. Ruční kardiomonitor [4]

Na obr. 2 je ruční kardiomonitor, který má EKG elektrody zabudované v těle přístroje, takže EKG lze snímat mezi dvěma dlaněmi. Má také vstup pro EKG kabel, který lze spojit s končetinovými klipsovými nebo jednorázovými lepicími EKG elektroda-

mi. Tento kardiomonitor má barevnou dotykovou obrazovku a rozhraní USB pro spojení s počítačem. Může snímat a ukládat EKG až 24 hodin viz obrázky 3 a 4.

Obr. 3. EKG od jedné osoby

Obr. 4. Zhuštěná EKG od čtyř osob

Ve školství je zajímavé a zábavné využití kardiomonitoru při zátěžových testech, kdy měříme výkonnost zdravých jedinců. Měříme v klidu a potom po zátěži, např. dřepech, výstupech na schůdky nebo užitím ergometru či běžeckého chodníčku.

3) Prstový pulzní oxymetr [1], [4], (obr. 5-7)

Obr. 5. Prstový Pulzní oxymetr [5]

Obr. 6. Průchod paprsků R =660 nm a IR = 940 nm prstem

Nejvyšší vlna EKG – QRS komplex vybudí vypuzení krve z levé srdeční komory v době systoly (ejekční fáze). Tato pulsová hemodynamická tlaková vlna se přes aortu šíří do jednotlivých končetin našeho těla až k periferii a tedy i do konečků prstů i ucha. Změny objemu periferie (např. konečků prstů) v závislosti na naplnění tkání krví při srdeční revoluci (pulsní periferní vlně) se nazývají pletysmografie.

Tyto změny se snímají opticky fotoelektrickým snímačem metodou transmisní (průsvitovou) nebo také nazývanou transparentní (průchozí). Pak tento snímač srdečního pulsu nazýváme fotopletysmografickým snímačem. Skládá se ze zdroje světla o vlnové délce 660 nm (červená část spektra) a 940 nm (infračervená část spektra) a fotodetektorů v podobě fotoodporů, fotodiod nebo fototranzistorů.

Saturace tepenné krve kyslíkem SpO_2 [%], měřena na prstu nebo uchu, je dána vztahem:

$$SpO_2\ [\%] = 100 \times HbO_2/(Hb + HbO_2)$$

Fotopletysmografické snímače pulsu se používají u pulsních oxymetrů pro měření nasycení krve kyslíkem SpO_2. Pulsní oxymetry se vyrábějí buď samostatné miniaturní na prst nebo klinické přenosné nebo jsou součástí kardiomonitorů jako doplněk EKG, pulsu, dechu atd. Pulsní oxymetry vyhodnocují a zobrazují současně saturaci SpO2, srdeční frekvenci (puls) a pulsovou periferní křivku. Normální saturace hemoglobinu u dospělého člověka je v rozmezí SpO_2 = (95–100) %. Hodnoty nižší než 95 % se považují za hypoxii. Normální srdeční frekvence dospělého je f = (60-90) tepů/min.

Pulzní oxymetry se používají na jednotkách intenzivní péče (ARO, koronární jednotky, iktové jednotky atd.), při anestézii na operačních sálech, ve vozech rychlé lékařské pomoci, ve vrtulnících letecké záchranné služby, při porodech, v novorozenecké a pediatrické péči, při studiích spánku, ve veterinárním lékařství atd.

Obr. 7. Grafy SpO2, pulsu a pulsové křivky

Obr. 8. Digitální tonometr spolu s PC

4) USB digitální tonometr pro USB spojení s počítačem (obr. 8-10)

Automatický digitální tonometr měří tepenný krevní tlak metodou oscilometrickou obr. 8. [6]. Spojení tonometru s počítačem pomocí USB rozhraní umožňuje změřit velké množství dat a vytvořit grafické a tabelární trendy systolického a diastolického tlaku a srdeční frekvence. Grafické trendy jsou na obr. 9., tabelárních na obr. 10.

Obr. 9. Grafické trendy syst., diast. tlaku a tepu

Date	Time	SYS (mmHg)	DIA (mmHg)	Pulse (Pulses/min)	Irregular Heartbeat
20.04.2014	07:43	162	100	63	
20.04.2014	09:05	155	108	89	
20.04.2014	09:06	136	70	78	
20.04.2014	09:29	136	86	70	
20.04.2014	09:29	143	82	70	
20.04.2014	23:18	182	98	73	
20.04.2014	23:19	174	94	68	
21.04.2014	05:20	181	105	70	
21.04.2014	05:21	170	98	68	
21.04.2014	08:25	165	97	65	
21.04.2014	08:26	163	99	66	
21.04.2014	08:43	147	96	66	
21.04.2014	08:43	161	98	67	

Obr. 10. Tabelární trendy syst.,diast. tlaku a tepu

5) Cévní Doppler – ultrazvukový indikátor toku krve v cévách [6], (obr. 11-14)

Cévní doppler obr. 11 umožňuje diagnostikovat stav cév nemocných. Princip cévního doppleru znázorňuje obr. 12. Vysílací ultrazvuková sonda vysílá ultrazvukový signál o kmitočtu $\mathbf{f_v}$ [MHz].

Obr. 11. Cévní Doppler [5]

Obr. 12. Princip cévního Doppleru. [6]

Signál f_v se odrazí od proudících erytrocytů v cévě ale s jiným kmitočtem $\mathbf{f_p}$ [MHz]. Rozdíl obou kmitočtů vytvoří tzv. Dopplerův frekvenční zdvih, který je dán vztahem:

$$f_d = f_v \pm f_p = 2f_v\,(v/c)\cos\alpha,$$

kde v – rychlost erytrocytů v cévě, c – průměrná rychlost ultrazvuku ve tkáni, α-úhel, který svírá vysílací ultrazvukový měnič s osou cévy.

Tento frekvenční zdvih f_d je úměrný rychlosti toku krve v [m/s] v cévě.

Příklad toku krve radiální tepnou je na obr. 13. Kmitočty ultrazvukových sond bývají 4 MHz pro hloubkové cévy a 10 MHz pro povrchové cévy. K zobrazení toku krve radiální tepnou byl užit cévní doppler Huntleigh MD1 a měřicí systém ISES.

Obr. 13. Tok krve radiální tepnou

Obr. 14. Počítačový protokol dolních končetin[5]

Cévní Doppler je spojen s počítačem pro vyhodnocení naměřených křivek, uložení do paměti a vytištění protokolu.

6) Fetální doppler – detektor srdečních ozvů a tepu plodu [7], obr. 15 a 16

Ultrazvukové (UZV) detektory tepové frekvence obr. 15 jsou určeny převážně pro detekci činnosti srdce plodu během jeho nitroděložního života, ale lze je užít také u dětí či dospělých. Pracují na principu dopplerova jevu. Tento princip spočívá v generování kontinuálního UZV vlnění, které je vysíláno do tkáně, kde dochází k jeho pronikání a odrazu od tkáňových struktur. Průnik vlnění závisí na jeho kmitočtu, celkové vysílané energii a na vlastnostech tkáně. Odraz vlnění závisí na charakteru rozhraní mezi jednotlivými tkáňovými strukturami.

Na rozhraní dvou tkání, které mají různé akustické vlastnosti, dochází k částečnému odrazu UZV vlnění, které se vrací zpět k UZV sondě obr. 16. Jde-li o rozhraní, které se pohybuje, je kmitočet odraženého UZV vlnění změněn v souladu s dopplerovým jevem v závislosti na rychlosti pohybu tkáně, resp. na pohybu rozhraní dvou tkání a v závislosti na směru pohybu tkáně. Jestliže se rozhraní dvou tkání k sondě přibližuje, kmitočet se zvyšuje, při vzdalování rozhraní se naopak snižuje. V případě detekce tepové frekvence plodu je tímto rozhraním pohybující se srdeční stěna a krev. Signál, v tomto případě dopplerovský zdvih f_d, je úměrný rychlosti tohoto pohybu a směru pohybu vůči UZV sondě. Princip měření je patrný z obr. 16.

Dopplerovská UZV sonda sestává z části vysílací V a z části přijímací P. Vysílací část generuje UZV vlnění (obr. 16) a přes vhodné medium – UZV (sono) gel vysílá do tkáně. Přijímací část P detekuje zpět odražené vlnění a převádí je opět na elektrický signál, který je elektronickou cestou zpracován. Z hlediska dostatečné hloubky průniku je vysílací frekvence volena okolo (2 až 3) MHz. Celková intenzita vysílané UZV energie by neměla přesáhnout mez (10 až 20) mW/cm^2.

Obr. 15. Fetální doppler [5]

Obr. 16. Princip fetálního doppleru [7]

7) Ruční spirometr [6], (obr. 17-20)

Dýchání má tři úrovně: **Zevní dýchání – plicní** – je výměnou dýchacích plynů mezi organismem a zevním prostředím. Jedná se o přestup O_2 do krve a CO_2 z krve. **Vnitřní dýchání – tkáňové** – je výměnou dýchacích plynů mezi krví a tkáněmi, kde probíhají oxidační procesy v buňkách tkání. Zprostředkovatelem mezi plicním a tkáňovým dýcháním je **krev**, která **transportuje** O_2 a CO_2.

Obr. 17. Dechový vzor [6]

Tabulka 6.1 Typické plicní objemy zdravého jedince

Symbol	Parametr	Velikost	
		[SI]	[CGS]
TLC	celková plicní kapacita	$6{,}0.10^{-3}m^3$	6000 cm^3
RV	reziduální objem	$1{,}2.10^{-3}m^3$	1200 cm^3
VC	vitální kapacita	$4{,}8.10^{-3}m^3$	4800 cm^3
FRC	funkční reziduální kapacita	$2{,}4.10^{-3}m^3$	2400 cm^3
V_d	anatomický mrtvý objem	$0{,}15.10^{-3}m^3$	150 cm^3
V_d	fyziologický mrtvý objem	$0{,}18.10^{-3}m^3$	180 cm^3
V_T	respirační objem v klidu	$0{,}4.10^{-3}m^3$	400 cm^3
V_A	alveolární ventilační objem v klidu	$0{,}25.10^{-3}m^3$	250 cm^3
T	respirační perioda	4 s	4 s
V_e	minutová ventilace v klidu	$0{,}1.10^{-3}m^3/s$	6000 cm^3/min

Obr. 18. Typické plicní objemy zdravého jedince [6].

Ruční spirometr umí změřit následující parametry: FVC-usilovná vitální kapacita, FEV_1-usilovný výdechový objem za 1sec., FEV_1/FVC, PEF-špičkový výdechový průtok, atd.; a dále pak zobrazí grafy průtok-objem a objem-čas.

Má USB rozhraní, které nejen slouží pro komunikaci s PC, ale přes ně se dá dobíjet vestavěný akumulátor. Obsahuje barevnou obrazovku. Princip měření spočívá v roztočení vestavěné vrtulky, proudem vydechnutého vzduchu, jejíž otáčky se měří optoelektronicky optickou závorou. Z počtu otáček se pak odvozují příslušné objemy a kapacity.

Jako spotřební materiál jsou k dispozici bakteriální filtry a plastové nebo papírové náustky pro jedno použití.

Detailní přehled hlavních zkratek a indexů užívaných v respirační fyziologii je uveden v literatuře [8], str. 105.

Obr. 19. Ruční spirometr [5]

Obr. 20. Protokol naměřených hodnot

8) Závěr

Vedle tohoto krátkého přehledu ručních lékařských přístrojů existují i přístroje implantabilní ještě menších rozměrů jako jsou např. implantabilní EKG záznamníky, implantabilní kardiostimulátory a defibrilátory nebo jejich kombinace atd.

9) Literatura

[1] Balek B.: Biologické experimenty se systémem ISES. Návody pro laboratorní cvičení: skripta Ivančice 2012

[2] Balek B.: Biologické experimenty se systémem ISES: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 15, Praha 2010

[3] Balek B.: Elektrické biosignály lidského těla měřené ISESem: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 16, Olomouc 2011

[4] Balek B.: Fyzikální experimenty okořeněné biologií – kardiomonitor: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 17, Praha 2012

[5] www.google.cz/obrázky

[6] Rozman J. a kol.: Elektronické přístroje v lékařství: Academia Praha 2006

[7] Čihák J.: Biofyzikální snímače, sondy a elektrody: Přírodovědecká fakulta ÚPOL,Olomouc 1985

[8] Balek B.: Lékařská elektronika pro obor anesteziologie a resuscitace a pro intenzivní péči: Časopis Služba zdravotníkům č. 2/85

Bádateľské prírodovedné laboratórium SteelPARK

BRIGITA BALOGOVÁ, MÁRIA BILIŠŇANSKÁ, KATARÍNA KRIŠKOVÁ, LUCIA MIŠIANIKOVÁ
Oddelenie didaktiky fyziky, Prírodovedecká fakulta UPJŠ, Košice

V Košiciach bolo na jeseň 2013 uvedené do prevádzky zábavné technické centrum SteelPARK – kreatívna fabrika. V rámci tohto centra bolo v októbri 2014 zriadené Bádateľské prírodovedné laboratórium, ktorého cieľom bolo prostredníctvom praktickej činnosti rozvíjať vybrané bádateľské zručnosti návštevníkov – žiakov základných a stredných škôl. Príspevok sa zameriava na predstavenie Prírodovedného laboratória a vybraných aktivít, ktoré sa počas školského roka 2014/2015 realizovali. Záujem o dané laboratórium bol veľký, čo dokazujú aj počty prihlásených škôl a zúčastnených žiakov. V rámci realizácie laboratória boli za lektorov vyškolení študenti učiteľstva fyziky, ktorí túto možnosť využili ako tréning a získavanie praxe pre ich budúcu pedagogickú činnosť.

SteelPARK – kreatívna fabrika

Zábavné technické centrum SteelPark (www.steelpark.sk) predstavuje pre rodičov, ale aj učiteľov miesto, kam zobrať deti a kde môžu na vyše 50 exponátoch samy alebo pod vedením vyškolených inštruktorov objaviť a zažiť „príbeh ocele“ – od ťažby surovín, cez spracovanie až po výsledné výrobné procesy a hotové výrobky. Séria exponátov bola vytvorená aj v rámci spolupráce s Prírodovedeckou fakultou UPJŠ (obr.1) a to napr.: Ako putuje blesk, Ako sa kov magnetizuje, Keď magnet vystreľuje, Magnetické pružiny... Interaktívne exponáty v sebe spájajú poznatky nielen z fyziky, ale aj z oblastí hutníctva, strojárstva, chémie, biológie, geológie, bezpečnosti a iných. Okrem exponátov sú pre návštevníkov pripravené aj prednášky: o supramagnetoch a levitujúcom vláčiku, o magnetoch a magnetizme, experimenty s vákuom, robotický futbal, ale aj 3D kino a mnohé ďalšie.

Obr. 1. Budova kreatívnej fabriky SteelPARK, exponát Magnetické pružiny

Bádateľské laboratórium

Od októbra 2014 do konca júna 2015 bolo v SteelParku po prvýkrát otvorené *Bádateľské prírodovedné laboratórium.* Do laboratória prichádzali učitelia so žiakmi, ktorých školy často nie sú dostatočne vybavené fyzikálnymi pomôckami a modernou didaktickou technikou. Laboratórium umožňuje žiakom pomocou aktívneho prírodovedného experimentovania rozvíjať ich zručnosti, prehĺbiť pochopenie a porozumenie vybraných javov v tesnejšej väzbe na štátny vzdelávací program. Experimenty boli obmieňané v mesačných a neskôr dvojmesačných intervaloch po dve aktivity, na ktorých mohla rozdelená trieda paralelne participovať. Okrem fyziky boli tieto aktivity prepojené aj s poznatkami z biológie, chémie, stavebníctva, či environmentalistiky.

V školskom roku 2014/2015 bolo pre žiakov pripravených 7 aktivít. V nasledujúcej tabuľke sú uvedené názvy jednotlivých aktivít, počty skupín žiakov stredných a základných škôl, ktorí danú aktivitu absolvovali, a celkový počet zúčastnených žiakov.

Aktivita	Skupiny zo ZŠ	Skupiny zo SŠ	Počet žiakov
Dokážeme odvážiť vzduch?	7	11	317
Čo všetko nám prezradí laserový diaľkomer	9	24	513
Súboj na labilnej tácke	11	2	253
Ako človek dýcha?	27	7	424
Stala sa vražda!	36	6	513
Natankuj vodu a jazdi	25	6	456
Ako netopier zachytí náš pohyb?	34	10	614

Tab. 1. Aktivity bežiace v Bádateľskom laboratóriu

Každá aktivita trvá spravidla 60 minút, pričom na začiatku si žiaci napíšu krátky test, ktorý je zameraný na ich prvotné poznatky o danej téme, ale aj všeobecné zručnosti (ako napr. čítanie grafu). Následne dostanú pracovný list, podľa ktorého pod vedením vyškoleného lektora (prevažne študenti učiteľského štúdia fyziky) pracujú s pripravenými pomôckami a postupne odhaľujú nové informácie a získavajú experimentálne zručnosti. Pre učiteľov je prístupný aj metodický materiál, ktorý môžu využiť aj na vlastných hodinách. Na záver žiaci vypĺňajú dve tabuľky, v ktorých majú uviesť, čo sa pri aktivite naučili, čo bolo pre nich najviac zaujímavé a aké otázky ich ešte zaujímajú. V druhej tabuľke hodnotia výsledky svojej práce. Tieto tabuľky slúžia ako sebahodnotenie žiakov po aktivite a pre nás ako spätná väzba, pomocou ktorej môžeme zistiť, na čo sa pri danej aktivite ešte viac zamerať, alebo čo ďalšie by žiakov mohlo ešte zaujímať. V nasledujúcej časti si konkrétnejšie opíšeme jednotlivé aktivity.

Dokážeme odvážiť vzduch?

Prvá aktivita, dostupná v laboratóriu celý október, bola zameraná na prekonanie bežnej miskoncepcie žiakov, že vzduch nič neváži. Úlohou žiakov bolo zistiť hustotu vzduchu a naplánovať s využitím vopred pripravených pomôcok experiment, pomocou ktorého by zistili objem pumpy a odvážili vzduch touto pumpou dofukovaný do lopty. Žiaci pomocou odmerného valca naplneného vodou a postaveného hore hlavou vo väčšej nádobe, do polovice naplnenej vodou, stlačením pumpy zisťovali vytlačený objem v odmernom valci [1], [2]. Tento objem vzduchu postupne dofukovali do lopty (obr.2), ktorej hmotnosť po každom dofúknutí odčítali na digitálnych váhach, zaznamenali do tabuľky a grafu a nakoniec zistili hustotu vzduchu. Pri tejto aktivite žiaci rozvíjali svoje experimentálne zručnosti práce s vopred pripravenými pomôckami, digitálnymi váhami, ale trénovali aj zručnosti zaznamenávať dáta do tabuliek a grafov a následne ich analyzovať.

Obr. 2. Dofukovanie lopty bicyklovou pumpou

Čo všetko nám prezradí laserový diaľkomer?

Cieľom aktivity, ktorá prebiehala v novembri, je meranie indexu lomu vody pomocou laserového diaľkomera [3], [4]. Princípom experimentu je meranie dĺžky akvária vo vzduchu a dĺžky akvária naplneného vodou. Žiaci sa na začiatku aktivity oboznámia s laserovým diaľkomerom a jeho princípom. Žiaci vyslovujú predpoklady o zmene nameranej dĺžky vo vode a vo vzduchu. Následne svoje predpoklady overujú meraním, pričom zdokonaľujú manuálnu zručnosť pracovať s laserovým diaľkomerom. Na základe podielu dĺžky akvária meranej vo vode a dĺžky nameranej vo vzduchu určia index lomu vody. Počas merania a pri záverečných otázkach žiaci objasnia, prečo diaľkomer ukazuje vo vode väčšiu vzdialenosť, a ako to súvisí so šírením svetla v rôznych prostrediach. Pri danej aktivite sa môžeme zamerať na rozvoj rôznych žiackych zručností, napríklad práca s tabuľkou, manuálne zručnosti pri práci s laserovým diaľkomerom, alebo tvorba hypotéz.

Obr. 3. Zisťovanie dĺžky akvária pomocou laserového diaľkomera

Natankuj vodu a jazdi

Ďalšia aktivita realizovaná v mesiacoch máj a jún, ktorú si žiaci základných a stredných škôl mohli vyskúšať, v sebe prepája poznatky z fyziky, chémie a environmentalistiky. V súčasnosti sa do popredia dostáva využívanie alternatívnych zdrojov energie a pohon automobilov na vodík nie je výnimka. Žiakom bol v úvode aktivity formou prezentácie predstavený princíp fungovania palivového článku (obr.4), ktorý

premieňa dodávanú vodu na kyslík a úžitkový vodík poháňajúci automobil [5]. Jednotlivé komponenty autíčka žiaci skladali v piatich skupinkách s názornou ukážkou lektora. Hlavnou úlohou žiakov bolo zistiť čas, ako dlho sa vie ich autíčko pohybovať po 2 minútovom nabíjaní pomocou adaptéra. Pre porovnanie výkonu si lektor svoje autíčko nabil pomocou solárneho panela na slnku alebo pod iným svetelným zdrojom. Žiaci svoje merania opakovali viackrát. Čas nabíjania autíčka a jeho dojazdu zapisovali do tabuliek v pracovnom liste. V závere umiestnili žiaci všetky autíčka na dráhu vedľa seba a rozbehli preteky. Ak chceli byť víťazmi, museli správne využiť svoje vedomosti a doterajšie skúsenosti.

Obr. 4. Sendvičový model vodíkového palivového článku

Obr. 5. Stavba autíčka na vodíkový pohon a záverečné preteky autíčok

Ako netopier zachytí náš pohyb?

Pri jednej z posledných aktivít sa učia žiaci pracovať a vysvetliť princíp činnosti senzora polohy, ktorý majú pripojený na merací panel LabQuest. Úlohou žiakov je zostrojiť správnym pohybom pred senzorom graf pomocou slovných inštrukcií a neskôr aj pohybovať sa podľa vopred pripraveného grafu. Na záver má každá skupinka žiakov pripraviť vlastné inštrukcie pre ostatné skupiny a súťažiť. Ich cieľom je splniť najlepšie čo najviac inštrukcií. Pri tejto aktivite sa naučia žiaci pracovať s meracím panelom a so softvérom Vernier, čítať inštrukcie s porozumením, spracovať a analyzovať grafy.

Obr. 6. Žiaci pohybujúci sa od a ku senzoru polohy

Ako človek dýcha?/Stala sa vražda!

Spomenuli by sme v krátkosti aj dve aktivity, ktoré bežali vo februári a marci a zaoberali sa biologickými procesmi v ľudskom tele, konkrétne dýchaním a využívali chemickú analýzu vzoriek pri hľadaní vraha.

Pri aktivite *Ako človek dýcha?* sa žiaci snažia vysvetliť princíp dýchania na zjednodušenom modeli pľúc – plastovej fľaše s balónikmi, na ktorej uskutočňujú aj merania so senzorom tlaku, ktorý je pripojený k meraciemu prístroju VinciLab. Žiaci pomocou pretlakov a podtlakov (obr.7), ktoré sami vyvolajú na senzore tlaku, vypočítajú aj povolenú výšku šnorchla pri potápaní.

Obr. 7. Žiačky vytvárajúce pretlak a podtlak

Pri aktivite *Stala sa vražda!* sa žiaci na 60 minút stanú „súdnymi znalcami“, ktorých úlohou je využitím troch separačných metód objasniť príčinu smrti zavraždeného. Žiaci pracujú v skupinkách, pričom každá využíva jednu z metód a svoje výsledky aj zistenia spolužiakov zapisujú do správy. Na záver musia spoločne sformulovať finálnu správu a určiť príčinu smrti obeti.

Záver

Za školský rok 2014/2015 sa aktivít dokopy zúčastnilo 149 skupín základných škôl, 66 skupín zo stredných škôl, čo predstavuje spolu 3090 žiakov. Dúfame, že laboratórium bude pokračovať aj v nasledujúcich rokoch a aj s jeho pomocou sa nám podarí žiakov motivovať k učeniu sa a následnému štúdiu prírodných vied.

Poďakovanie

Poďakovanie patrí doc. RNDr. Mariánovi Kirešovi, PhD. za myšlienku laboratória a tvorivé podnety a študentom učiteľského štúdia fyziky pri tvorbe a realizácií aktivít v SteelParku. Príspevok vznikol v rámci projektu VVGS (Vnútorný vedecký grantový systém) pre mladých vedeckých pracovníkov a doktorandov v dennej forme doktorandského štúdia PF UPJŠ v Košiciach, č.: VVGS-PF-2014-458, za podpory projektu APVV-0715-12: Výskum efektívnosti metód inovácie výučby matematiky, fyziky a informatiky a projektu 527525-LLP-1-2012-1-DE-COMENIUS-CNW: SciCamp – A Network for Science Camps in Europe.

Literatúra

[1] Calza G.a kol.: *Measuring Air Density in the Introductory Lab*. In: The Physics Teacher [online]. 2010, vol. 48, Issue 3, pp. 189-190.

[2] Nováková M.: *Popularizačné a vzdelávacie aktivity Veda na Scéne Slovensko: diplomová práca*. Košice: UPJŠ, 2011. 75 s.

[3] Ochoa R. a kol.: *Index of Refraction Measurements Using a Laser Distance Meter*. In: The Physics Teacher [online]. 2014, vol. 52, Issue 3, pp. 167-168.

[4] Krišková K., Timková V.: *Aktívne žiacke bádanie ako prostriedok rozvoja kľúčových kompetencií*. In: Tvorivý učiteľ fyziky VII: Národný festival fyziky 2014. Košice: Equilibria s r. o.,2015. s. 162-167.

[5] Kukla A.: *Sprístupňovanie vybraných fyzikálnych problémov: bakalárska práca*. Košice: UPJŠ, 2010. 30 s.

Simple experiments with the rainbow

WALDEMAR BEREJ, MAREK BUDZIŃSKI
Institute of Physics, Maria Curie-Skłodowska University, Lublin, Poland

We describe miscellaneous experiments on rainbow formation and its properties.

Introduction

In December 2014 a large installation at Amsterdam Central train station was opened. This artwork is in the form of a rainbow that is projected on a large arch construction that spans over the platforms. A curved spectrum that follows the shape of the roof is created with the use of a not so simple technological device: a patterned liquid crystal polarization grating. Throughout 2015, the International Year of Light, the rainbow will appear for a few minutes every evening after sunset. The precise time of its appearance is a surprise, just like with a real rainbow.

As we have a keen interest in atmospheric optics, the project in Amsterdam has led us to the idea of describing a whole series of experiments prepared in the last several years to illustrate rainbow formation and its properties. These experiments are quite simple as the general setup consists of an appropriate light source, a raindrop (or its model or a counterpart) and an observation screen located in a properly chosen place. Of course, a well darkened room is a must.

Main experiment

Our favorite experiment is that in which a drop is simulated by a round flask (spherical container with a narrow neck) filled with water. The first experiments of this kind were performed in the Middle Ages. After studying such a magnified drop model, Theodoric of Freiburg showed that light must both refract at the surface and reflect on the inside of each individual drop of water rather than from the entire cloud.

We recommend the version described in the classic book of Minnaert [1]: a screen with a round aperture that is a little larger than the flask is placed between the flask and a bright source of near-parallel light. The Sun itself would be ideal as a light source but is usually not available in a classroom so a slide projector is applied. The backscattered light forms a circular rainbow on the screen. The reds and oranges are apparent but the blues and greens are not so. In order to get better colours one should use a carbon arc lamp with condensing optics.

This experiment is an excellent material for observation. By blocking small parts of the incident light one can discover, as Descartes did, that the rainbow is formed only by certain rays. If one holds a ring a few millimeters thick and in diameter 0,86 times the diameter of the flask carefully centered in the incident beam, the rainbow will disappear altogether. The first satisfactory explanation for the rainbow was achieved by Descartes after additional lengthy calculations of the light ray paths in the spherical raindrop: the geometry and the laws of ray optics place the red part of the primary rainbow at about 42°, measured from the initial direction of the rays. It is in agreement with a fact noticed as early as the 13th century: the rainbow is always seen in the direction of 42 degrees from the anti-solar point and at a specific and narrow range of angles close to it. The crucial point in Descartes' explanation is the following: the rainbow happens at the angle of the densest clustering of the rays leaving the drop (so it is a caustic effect), which coincides with the angle of the least deviation (the so called Cartesian rainbow angle).

When the screen is moved slightly away from the flask, the secondary bow appears around the aperture. It has exactly the same explanation as the primary one, except that the rays causing it undergo two internal reflections.

There is a noticeable intensity difference between both sides of a colour bow. This is responsible for an interesting property of the primary rainbow: the sky is brighter inside the rainbow than outside. The reason for this is that light cannot be scattered by rain drops by less than the minimum angle of deviation. When combined with a similar effect for the secondary bow, it gives rise to Alexander's dark band in nature.

After placing a polarizing filter between the globe and the screen one can easily verify that the light of the rainbow is nearly completely polarized.

Nonuniformity of glass walls substantially influences the display (darker and brighter bands easily seen in the photo). The lack of ideal sphericity causes distortions of the bow. A glass or a plastic acrylic transparent sphere may be substituted for the flask of water giving a really smooth picture with an ideally circular bow but in this case the secondary bow is not seen.

Two-dimensional version

For smaller groups of students, the two-dimensional version of the experiment is more appropriate: a parallel beam of white light from a light box illuminates one half of a plastic transparent disc. The above mentioned properties are also easily demonstrated in this case. Furthermore, when the beam is divided into many rays (for example by a comb) it is possible to trace the path of every single ray. In this way one can check experimentally that

for a drop model there is no total internal reflection. This is important in teaching on the rainbow as in many printed Polish sources (textbooks, encyclopedias) it is explicitly stated that rainbow formation is accompanied by the total internal reflection of light.

Among the rays leaving the disc after the second refraction one can find two which follow almost the same path near the rainbow angle direction. This supports the evidence of ray clustering.

The angular radius of the bow here is only about 21°, half of that of a rainwater bow because acrylic plastic is more strongly refractive. In order to measure the value of the genuine rainbow angle it is enough to pass light through an inverted plastic cup with straight walls partially filled with water (by the way, it is much easier available than a plastic disc).

Rainbow from glass beads

Sometimes one can observe the rainbow effect on recently painted asphalt. The bow is produced by tiny glass spheres (their diameters are usually in the range from 0,1 mm to 0,3 mm) sprinkled onto the road to enhance the reflectivity of paint markings. In order to make an indoor glass beads bow display one needs to attach a layer of beads to black cardboard using adhesive in aerosol spray can. Then it should be illuminated by very bright and small light source. We got the best results using a bulb with the so called point-like filament. The glass beads can be obtained from a local road repair department or ordered direct from manufacturers.

Higher-order rainbows

In 2011 tertiary and quaternary rainbows were first registered by making photos and subsequently applying extra image processing. While the 1st and 2nd orders are opposite the sun, the 3rd and 4th orders circle the sun. Although a combined contribution of rainbows with the number of internal reflections $n > 2$ together comprise less than 0,5 % of scattered energy, high order bows are quite easily produced under laboratory conditions with white illumination of a single water drop or a falling stable water jet. The rays forming each rainbow's rim (the minimum deviation or caustic rays) get closer and closer to the drop's edge. In our experiments we used a glass cup of cylindrical shape with thin walls as a model of water drop and a bright halogen bulb of 250 W with condensing optics as a light source. The essential thing here is that, beside reducing background light as much as possible, one must partially block the incident light for smaller impact parameters which give rise to smaller-order rainbows. For example, to get 3rd and 4th order bows we set the width of the slit in such so as a way to eliminate the first two colour bows. Naturally, very careful adjustment is required throughout this experiment.

Airy fringes

The last experiment reported here is crucial for explaining rainbow formation in a wave approach. When a drop (which is not of spherical shape but has circular horizontal cross sections), suspended from a needle of a syringe, is illuminated with a single colour (for example with the light of a laser diode) on a screen placed aside in the back direction, we can observe two spectacular interference patterns in the vicinity of Cartesian rainbow angles: a long series of fringes. They are usually called Airy fringes to commemorate an outstanding contribution of George Bidell Airy, then Royal Astronomer, who developed a mathematical description of intensity of light near a caustic in terms of certain definite integral. The interference occurs here between two arms of a cusped outgoing wave front.

Supernumeraries and fogbow

Because of dispersion the principal maxima for different wavelengths occur at slightly different angles. What is normally seen in the rainbows is the summation of these interference patterns for all the colours in the solar spectrum. When the droplet size distribution in a cloud is narrow inside an appropriate range, the result of interference is visible in the form of the so called supernumerary arcs (coloured fringes sometimes seen close inside the primary rainbow).

As the drop radius decreases, the maxima shift and become widen, so they overlap more and the colours become less saturated. Such change eventually destroys the distinguishability of colours. For very small drops (smaller than about 50 μm in diameters) what one sees then in nature is the so called fogbow or white rainbow, a phenomenon observed very rarely.

Both forms of the rainbow are not very frequent but an interested reader will find many spectacular photos of them (as well as of many other optical phenomena in the atmosphere) in the “Optics Picture of the Day”, which is part of one of the best web pages devoted to atmospheric optics [2].

References

[1] Minnaert M.: *The Nature of Light and Colour in the Open Air*. Dover, New York 1954

[2] www.atoptics.co.uk

PhysEduCamp – lepšie ako ležať doma na PECi

MÁRIA BILIŠŇANSKÁ, KATARÍNA KRIŠKOVÁ, LUCIA MIŠIANIKOVÁ, EVA PAŇKOVÁ, PETER ŠTRAUCH
Oddelenie didaktiky fyziky, UFV PF UPJŠ v Košiciach

Abstrakt

V letných mesiacoch sa žiaci zúčastňujú rôznych táborov a pobytov, ktoré v nich zanechajú príjemné spomienky, nové známosti a spoločné dobrodružstvá. Toto a niečo navyše v podobe získania nových poznatkov a zručností mohli prežiť účastníci vedeckého tábora s názvom **P**hys**E**du**C**amp – lepšie ako ležať doma na PECi, ktorý sa konal v júni 2015. Vedecký tábor, určený pre vybraných žiakov stredných škôl, zameraný najmä na fyziku, ponúkal účastníkom možnosť nielen prežiť príjemný týždeň v prostredí Vysokých Tatier, ale taktiež zdokonaliť svoje poznatky a zručnosti pri riešení zadaných úloh a problémov. V príspevku predstavíme ciele, program a aktivity, s ktorými sa účastníci stretli počas celého pobytu, ako aj krátke zhodnotenie tábora samotnými účastníkmi.

PhysEduCamp – kto, čo a prečo?

S podporou projektu Comenius LLP: ScienceCamp sa nám podarilo v roku 2015 zorganizovať vedecký tábor určený pre žiakov stredných škôl. Tábor, ktorý niesol názov **P**hys**E**du**C**amp – lepšie ako ležať doma na PECi [1], sa konal v dňoch 22. 6.-26. 6. 2015 v príjemnom prostredí obce Štrba – Vysoké Tatry.

Cieľom PEC-i bolo aktivizovať žiakov stredných škôl, ktorí prejavujú záujem o učiteľstvo fyziky a „drieme“ v nich pedagogický talent. Pozvánky na tábor boli rozposielané riaditeľom stredných škôl a učiteľom fyziky, ktorí nám takto zameraných žiakov pomohli odhaliť. Zo 61 prihlásených záujemcov z 21 škôl vybraných bolo 28 účastníkov, ktorí pod vedením 12 študentov učiteľstva v kombinácii s fyzikou a doktorandov Teórie vyučovania fyziky strávili týždeň skúmaním, objavovaním, spoznávaním nových ľudí, miest a zažitím rôznych dobrodružstiev. Pre lektorov bol tábor výzvou, ako zúročiť vedomosti a zručnosti, ktoré nadobudli počas štúdia, a pretaviť ich do formy neformálneho vzdelávania.

Účastníci boli rozdelení do 6 skupín. Inšpirovali sme sa 4 základnými elementmi (oheň, voda, vzduch, zem), pričom sme dva doplnili (svetlo, zvuk), nakoľko sme chceli zabezpečiť, aby v každej skupine bolo maximálne 5 členov. Úlohou každej skupiny bolo prostredníctvom rôznych aktivít nazbierať čo najviac informácií o svojom živle, ktoré v závere spracovali do podoby záverečného projektu a prezentovali ich pred ostanými skupinami.

Program tábora bol stanovený tak, aby účastníci pocítili, že fyzika nie je len v škole, ale všade naokolo a vie s ňou byť poriadna zábava. Účastníci riešili zaujímavé problémové úlohy a aktivity, ktorých cieľom bolo nielen zdokonaliť zručnosti, ale aj doz-

vedieť sa niečo nové a získať informácie a materiál k tvorbe záverečných projektov. Hlavné témy boli nasledovné: Turnaj mladých fyzikov a kolotoč zaujímavých experimentov, Turnaj mladých NEfyzikov, Energia hýbe svetom, Odfiltruj nudu na PECi, Sozin's Comet - the last battle.

Turnaj mladých fyzikov a kolotoč zaujímavých experimentov

Cieľom aktivity bolo vtiahnuť žiakov priamo do diania Turnaja mladých fyzikov (TMF), jednej zo známych fyzikálnych súťaží pre žiakov SŠ. Žiakom bol predstavený charakter súťaže, jej priebeh a tiež samotná príprava družstva počas celoročného riešenia úloh. Na záver prezentácie mali žiaci možnosť vidieť názornú ukážku fyzboja formou krátkeho video zostrihu z regionálneho kola TMF v Košiciach.

Druhú časť programu tvorilo 6 stanovíšť s rôznymi experimentmi z predošlých ročníkov TMF. Išlo o úlohy ako padajúci komín, olejové hviezdy, magnetické brzdy, meranie indexu lomu vo vode, Gaussovo delo, tieň a jeho odraz. Lektor na stanovisku žiakom ozrejmil princíp experimentu, ktorý si mali možnosť následne vyskúšať.

Turnaj mladých NEfyzikov

V tejto aktivite mali žiaci možnosť úlohy nefyzikálneho charakteru. Na začiatku žiaci vytvorili 6 tímov v zhode so živlami, dostali zadania, z ktorých si každá skupina pripravila 3 vopred určené úlohy. V skratke boli opäť spomenuté pravidlá súťaže. Každý tím vystúpil vo všetkých troch pozíciách (referent, oponent, recenzent) ako určujú pravidlá súťaže.

Obr. 1. Prezentácia riešenia vybranej úlohy a hodnotenie poroty

Prezentovanie riešenia úloh nefyzikálneho charakteru má pozitívny vplyv na rozvoj komunikačných a prezentačných schopností žiakov bez toho, aby riešili pre nich často náročné fyzikálne problémy teoretického charakteru. Žiaci si navzájom vyberali veľmi zaujímavé témy ako: postavenie slobodnej matky v spoločnosti, ako znížiť finančné toky k mobilnému operátorovi cez paušál či kredit alebo polemika o laserovej operácii očí. Diskusie (obr. 1) vedeli vyústiť do búrlivých debát s často humorným podtónom. Hodnotenie tímov mala na starosti 4-členná porota zostavená z lektorov, ktorá hodnotila tímy známkami 1 až 10. Na záver, po sčítaní bodov, nasledovalo vyhodnotenie súťaže, kde boli žiaci ocenení vtipnou drobnosťou.

Energia hýbe svetom

V rámci workshopu Energia hýbe svetom bolo hlavnou myšlienkou využiť svoj živel na „výrobu“ energie a prípadne veľkosť tejto energie odmerať. Po úvodnej diskusii, prostredníctvom ktorej sme žiakov upriamili na koncept energie a jej skúmania, sa skupinky pustili do riešenia čiastkových úloh. Pri každom živle bol jeden lektor, ktorý pomáhal zabezpečiť pomôcky, podporoval ich v diskusii o probléme, nasmeroval žiacke skúmanie. Každá zo skupín sa zamerala na energie z pohľadu ich živlu.

Obr. 2. Vodný mlyn z jednoduchých pomôcok

Skupina skúmajúca zvuk, mala za úlohy preskúmať, či a ako sa dá pomocou zvuku sfúknuť sviečka, vyrobiť ne-newtonovskú kvapalinu, preskúmať jej správanie a overiť pravdivosť videí s touto kvapalinou [2], [3]. Úlohou skupiny svetlo bolo zmerať a vypočítať solárnu konštantu. Aby overili a využili svoje zručnosti a vedomosti v praxi, mali postaviť solárnu pec, ktorá fokusuje slnečné lúče do jedného bodu. Živel voda postavil vodný mlyn (obr. 2) z dostupných pomôcok, ako sú plechovky, plastové lyžice či špagát a vypočítal, koľko energie dokážu takýmto mlynom vyrobiť. Skupina skúmajúca oheň sa zblízka pozrela na plamene sviečky a propán-butánového kahanu, v ďalšej časti merali spalný výkon rôznych typov sviečok. Živel vzduch mal pomocou stlačeného vzduchu rozhýbať autíčko a vypočítať kinetickú energiu autíčka. Popri tom vyrobili vznášadlo a skúmali jeho pohyb. Skupina Zem mala za úlohu preskúmať, koľko tepla dokážu vyprodukovať rôzne materiály pri horení. Na začiatok zisťovali spaľovaním energetickú hodnotu orecha, následne spaľovali drevo, drevené a čierne uhlie. Získané a vypočítané informácie porovnávali s hodnotami uvádzanými v tabuľkách.

Odfiltruj nudu na PECi

Obr. 3. Filtrácia vzduchu – model plynovej masky

Aktivity tohto bloku boli zamerané na oddeľovanie zložiek zmesi, filtráciu a deje s ňou súvisiace. Téma prepájala fyziku s chémiou a biológiou. Úvodná prednáška krátkeho časového rozsahu bola pripravená so zámerom oboznámenia žiakov s konceptom filtrácie, poskytnutia pohľadu na jej široké uplatnenie v mnohých oblastiach praktického života. Využitie filtrácie napríklad na riešenie problémov s nedostatkom pitnej vody, získavania pitnej vody z riek a potokov pri pobyte v prírode, využitie technológie odsoľovania v krajinách ležiacich pri moriach a oceánoch, možnostiach využitia filtrovaného moču pre opätovnú potrebu v priestoroch vesmírnej stanice, dôležitosť HEPA filtrov pri zachytávaní čiastočiek spôsobujúcich alergie dýchacieho ústrojenstva. Nosná téma bola spracovaná pre každý živel osobitne.

Žiaci sa venovali riešeniu úloh, cieľom ktorých bolo postupnými krokmi dospieť k vytvoreniu zariadenia charakteristického pre daný živel (obr. 3). Nosnou činnosťou boli hands-on aktivity. Príklad pracovného listu jednej skupiny sa nachádza v odkaze v rámci zoznamu použitej literatúry [4]. Každý člen skupiny bol vyzvaný, aby riešil čiastkový problém najskôr sám a po určitom čase svoje riešenie konzultovali navzájom medzi sebou. Rovesníckou diskusiou vybrali najlepšie z riešení, ktoré potom spoločne realizovali. Skupiny mali k dispozícii tablety s wi-fi pripojením, čo im umožňovalo konzultovať svoje riešenia aj mimo lektora. Zámerom bolo postaviť lektora do pozície tútora, poradcu a nie najvyššej autority rozhodujúcej o pravde prípadne správnom riešení. Aktivity boli navrhnuté tak, aby podporovali vzájomnú diskusiu, argumentáciu, vzájomné rovesnícke učenie sa, ktoré následne viedlo k lepšiemu porozumeniu problematiky ako na strane vysvetľujúceho, tak aj na strane načúvajúceho.

Sozin's Comet – the last battle

Jednou z možností ako urobiť fyziku zábavnou je hra. Pri takýchto aktivitách je vhodné povoliť uzdu svojej fantázii a vymyslieť originálne úlohy, ktoré môžu byť zasadené do akéhosi príbehu, v duchu ktorého sa nesie celá hra. Celú atmosféru možno vylepšiť použitím terminológie, ktorá zodpovedá danému príbehu. Samotný názov hry, Sozin's Comet – the last battle, pochádza z animovaného seriálu "Avatar: Posledný vládca vetra", v ktorom jednotlivé národy ovládajú prírodné živly [5].

Obr. 4. Meranie pomocou geomagnetického senzora

Cieľom aktivity bolo naučiť žiakov využívať merače fyzikálnych veličín, ktoré sú vstavané v smartfónoch a tabletoch (Obr. 4). Tieto zariadenia disponujú rôznymi senzormi, ktoré možno využiť pre meranie fyzikálnych veličín [6], napríklad: *Mikrofón* – merač intenzity a frekvencie zvuku, *Fotoaparát* – merač krvného pulzu; vzdialenosti alebo dĺžky, *Geomagnetic Sensor* – merač intenzity magnetického poľa, *Gyro Sensor* – merač rotácie. Tieto (a iné) senzory potrebujú aplikáciu, ktoré sú voľne stiahnuteľné z Google Play alebo App Store [7].

Každé družstvo – živel dostalo zadanie úlohy pozostávajúce z teoretických otázok, inštrukcií k použitiu aplikácií na tabletoch a merania pomocou spomínaných aplikácií. Úlohou bolo zodpovedať na otázky, splniť originálne úlohy v budove, alebo na stanovištiach v okolí budovy a odniesť splnenú úlohu k lektorovi, ktorý bol zodpovedný za daný živel. Následne si družstvo mohlo vybrať nové zadanie. Hodnotenie sa udeľovalo za správnosť odpovedí v rámci určitej presnosti a za časový výkon. Konkrétne zadania úloh je možné nájsť na odkaze, uvedenom v použitej literatúre [8].

Záver

Ohlasy na tábor zo strany účastníkov boli pozitívne, čo potvrdil aj záverečný dotazník. V ňom žiaci vyjadrili celkovú spokojnosť s priebehom ako aj s aktivitami. Vyjadrili sa, že prostredníctvom realizovaných aktivít získali nový pohľad na fyziku, nové poznatky a že aj fyzika vie byť zaujímavá a podaná zábavnou formou. Oceňovali najmä realizáciu pokusov, počas ktorých si osvojili rôzne experimentálne zručnosti, a tvorbu vlastných záverov. Pozitívne ohodnotili aj prístup vedúcich a lektorov.

Poďakovanie

Tento príspevok vznikol za podpory projektu 527525-LLP-1-2012-1-DE-COMENIUS-CNW: SciCamp – A Network for Science Camps in Europe a projektu APVV-0715-12: Výskum efektívnosti metód inovácie výučby matematiky, fyziky a informatiky. Taktiež chceme poďakovať všetkým študentom, ktorí sa podieľali na príprave a realizácii tábora PhysEduCamp a osobitne doc. RNDr. Mariánovi Kirešovi, PhD. za odborný dohľad nad prípravou a realizáciou.

Literatura

[1] PhysEduCamp – Lepšie ako ležať doma na PECi!. [cit. August 16, 2015]. Dostupné na internete: http://physeducamp.science.upjs.sk/

[2] Non-Newtonian Fluid on a Speaker Cone. [cit. August 18, 2015]. Dostupné na internete: https://www.youtube.com/watch?v=3zoTKXXNQIU

[3] Non-Newtonian fluid. In *Wikipedia, the free encyclopedia* [online]. [cit. August 20, 2015]. Dostupné na internete: https://en.wikipedia.org/wiki/Non-Newtonian_fluid

[4] PAŇKOVÁ, E. Pracovný list Filtrácia – živel oheň. Dostupné na internete: https://drive.google.com/file/d/0B37AI4PryosNRm03MG96clZFMkE/view

[5] Avatar: The Last Airbender. In Wikipedia, the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA) : Wikimedia Foundation, 2001 [cit. August 20, 2015]. Dostupné na internete: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Avatar:_The_Last_Airbender &oldid=675775169.

[6] What You May Not Know About GALAXY S4 Innovative Technology. Samsung Electronics Official Blog: Samsung Tomorrow [online]. [cit. August 20, 2015]. Dostupné na internete: http://global.samsungtomorrow.com/what-you-may-not-know-about-galaxy-s4-innovative-techonology/.

[7] Google Play. [cit. August 20, 2015]. Dostupné na internete: https://play.google.com/store.

[8] ŠTRAUCH, P. Zadania úloh k aktivite Sozin's Comet - the last battle. Dostupné na internete: http://physeducamp.science.upjs.sk/wpcontent/uploads/2015/06/zadanie-upravene.pdf

Experimenty s plácačkou na mouchy

VÍT BOČEK
KDF MFF UK, Praha

Příspěvek ukazuje, že elektrickou plácačku na mouchy lze využít ve výuce fyziky jako zdroj vysokého napětí pro nejrůznější elektrostatické experimenty. Do tohoto příspěvku byly vybrány čtyři z nich.

Jak funguje elektrická plácačka

Elektrická plácačka je jednoduché zařízení, které pomocí tranzistorů, diod a další elektroniky umístěné v držadle (obr. 1) transformuje napětí 3 V ze dvou galvanických článků (AA) v sérii na napětí řádu kilovoltů. Transformované napětí je před výstupem usměrněno a plácačka je tedy zdrojem stejnosměrného napětí.

Na třech různých plácačkách od dvou prodejců byly naměřeny hodnoty napětí a zkratového proudu: 3 200 V, 4 mA ([1.1]), 1 500 V, 2 mA ([1.2]) a 2 000 V, 5,4 mA [2].

Horní část přístroje je složena ze tří kovových sítí o různé hustotě kosočtverečků. Tyto sítě jsou umístěny nad sebou ve vzdálenosti několika milimetrů od sebe. Ke dvěma krajním sítím je připojen jeden pól transformovaného napětí. K prostřední síti pól druhý. Pokud dojde k mávnutí plácačkou po mouše, dostane se tento hmyz mezi krajní a prostřední síť, jeho prostřednictvím se uzavře elektrický obvod a dojde k jeho usmrcení. V následujících experimentech však žádný tvor nepřijde o život a plácačka bude využívána zcela jiným způsobem.

Obr. 1. Částečně rozebraná plácačka na mouchy

Experiment 1 – Franklinův zvonek a „násobič napětí“

Experiment s Franklinovým zvonkem (obr. 2) se běžně provádí např. s Van de Graaffovým generátorem nebo Wimshurstovým přístrojem. Tyto generátory však lze jednoduše nahradit právě plácačkou na mouchy. Stačí připojit vnitřní a vnější síťku plácačky ke dvěma kovovým destičkám zvonku a zmáčknout spínač plácačky.

Jediným problémem tohoto experimentu může být výběr „špatné“ plácačky, tzn. plácačky, která má na výstupu příliš nízké napětí (např. pod 1 500 V). V tom případě musí být kovové destičky zvonku blíže u sebe a polystyrenový míček (na němž je nanesena grafitovým elektrovodivým sprejem [3] vrstvička uhlíku) se vychýlí pouze nepatrně ze své rovnovážné polohy a experiment tedy nebude příliš efektní. Tuto potíž lze vyřešit dvěma způsoby. Jednak lze nakoupit plácačky od různých výrobců a vybrat ty s nejvyšším napětím, nebo je možné vyrobit si vlastní „násobič napětí“ (obr. 3). Tím rozumějme řadu sériově propojených kondenzátorů (v našem případě s kapacitou 10 nF a napětím 3000 V /ozn. 103 3 kV), která zvýší napětí plácačky. Je třeba vyvést z vnější a vnitřní sítě plácačky dva vodiče (nejlépe dva tuhé dráty, které se neohýbají) tak, aby jejich vzdálenost byla shodná se vzdáleností dvojic hliníkových proužků (viz [4]) připojených ke kondenzátorům (obr. 3). Dále je třeba přiložit tyto vodiče k prvnímu a druhému hliníkovému plíšku kondenzátorové baterie a svižným přejížděním vodičů po všech dvojicích plíšků z jedné strany na druhou nabít kondenzátory. Tímto zvýšíme napětí tak, že experiment bude fungovat i za použití plácačky s „nízkým“ napětím na výstupu.

Při měření baterie kondenzátorů (obr. 3) bylo zjištěno, že použité kondenzátory se rychle vybíjejí, a tak není efektivní využívat více než tři až čtyři. Při vyšším počtu kondenzátorů totiž není možné nabíjet je ručním posouváním plácačky tak rychle, aby se nabíjely rychleji než vybíjely.

Na třech kondenzátorech zapojených v sérii bylo při použití plácačky s napětím 1 500 V naměřeno napětí 3 500 V. Tímto způsobem je tedy možné zvýšit napětí plácačky více než dvakrát. Nevýhodou násobiče je však jeho malá kapacita, která je dána jednak relativně nízkou kapacitou použitých kondenzátorů a jednak jejich zapojením. V sériovém zapojení tří kondenzátorů je totiž výsledná kapacita C kondenzátorů s kapacitami C_1 C_2 a C_3 dána vzorcem

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}. \qquad (1)$$

V praxi to tedy znamená, že výsledná kapacita C sériového zapojení kondenzátorů s kapacitou $C_1 = C_2 = C_3 = 10$ nF bude asi 3,3 nF. To je menší kapacita než kapacita kondenzátoru v plácačce. Znamená to tedy, že např. Franklinův zvonek připojený k násobiči bude fungovat po ukončení nabíjení násobiče plácačkou kratší dobu, než po připojení nabité plácačky přímo na zvonek. Na druhou stranu vyšším napětím na násobiči lze dosáhnout vyšší frekvence kmitání míčku ve Franklinově zvonku, což je zřejmě při předvádění experimentu a zaujmutí posluchačů „důležitější“ efekt.

Obr. 2. Franklinův zvonek

Obr. 3. Pomocný „násobič napětí“ s plácačkou

Experiment 2 – „Urychlovač“

Tento experiment (obr. 4) je v principu podobný experimentu s Franklinovým zvonkem. Jeho smyslem je docílit obíhání polystyrenového míčku (na němž je nanesena grafitová vrstvička, opět elektrovodivým grafitovým sprejem [3]) po vnitřní stěně mísy. To lze zajistit vhodným přilepením hliníkových pásků na mísu a připojením kontaktů plácačky na tyto pásky. Jeden pól plácačky připojíme ke dvěma krátkým páskům a druhý pól k delšímu pásku. Míček se pak bude od jednoho sousedního pásku odpuzovat a ke druhému přitahovat, neboť se pokaždé nabije nábojem toho pásku, se kterým právě přišel do kontaktu, a tak se tedy míček bude v míse pohybovat po kruhové dráze.

Experiment vyžaduje plácačku, která má napětí alespoň 3 000 V. Na rozdíl od Franklinova zvonku zde totiž hraje významnější roli tření, a proto je třeba použít na jeho „kompenzaci“ vyšší napětí. S tím souvisí také nutnost vyhladit hliníkové pásky tak, aby v místech, kde se bude pohybovat kulička, nebylo mnoho výrazných ohybů.

Obr. 4. „Urychlovač“

Experiment 3 – Zářivka

Plácačka vyrábí dostatečně vysoké napětí na to, aby rozsvítila běžnou zářivku (obr. 5). Stačí připojit kontakty zářivky ke kontaktům plácačky, zmáčknout spínač plácačky a zářivka se rozsvítí. Na obrázku je zářivka a vnitřek (elektronika) plácačky.

Obr. 5. Plácačka rozsvítí zářivku

Závěr

Elektrická plácačka na mouchy je přístroj, který jde s minimem úsilí a úprav využít jako zdroj vysokého stejnosměrného napětí k pokusům jako je např. rozsvícení zářivky nebo napájení Franklinova zvonku. Zároveň jde o bezpečnou pomůcku. Je totiž snadné dotknout se při úchopu mimo držadlo obou pólů plácačky. Výrobci tedy plácačky konstruují tak, aby člověku neublížily. Přesto není vhodné půjčovat plácačku studentům a experimenty s tímto přístrojem by měl dělat pouze vyučující.

Použitá literatura a další zdroje

[1] Plácačka na mouchy zakoupená v obchodě TV Products. Lze ji pořídit na www: www.tvproducts.cz/cz/detail/elektronicka-placacka
(Pozn.: Plácačka zakoupena 2013 [1.1] a 2015 [1.2].)

[2] Plácačka na mouchy zakoupená v obchodě Tipa. Lze ji pořídit na www: www.tipa.eu/cz/placacka-na-mouchy-elektricka-tipa-t-pl/d-84217/
(Pozn.: Plácačka zakoupena 2015. Zdrojem napětí pro plácačku byly 3 tužkové články.)

[3] Grafitový vodivý sprej zakoupený v obchodě GME. Lze jej pořídit na www: http://www.gme.cz/sprej-elektrovodivy-graphit-33-200ml-p749-044

[4] Hliníková lepicí páska zakoupená v železářství. Lze ji pořídit např. na www: http://growhouse.cz/samolepici-hlinikova-paska-alu-tape-45m50mm/

Experimenty z Přírodovědných Inspiromatů

PAVEL BÖHM, JAKUB JERMÁŘ
Katedra didaktiky fyziky MFF UK v Praze

V článku jsou popsány tři náměty na experimentování se žáky: I. Dlouhodobé měření venkovní intenzity osvětlení (podařilo se nám tak zachytit například zatmění Slunce). II. Modelování kmitavého pohybu metodou „od oka“. III. Ochrana před UV zářením.

Co jsou Přírodovědné Inspiromaty

Přírodovědný Inspiromat je akce pro učitele fyziky, chemie a biologie na základních i středních školách. Během cca 100 minut se snažíme ukázat zajímavé počítačem podporované experimenty napříč přírodovědnými obory s přesahy do matematiky, ICT a dalších předmětů.

Pro letošní Veletrh nápadů učitelů fyziky jsme vybrali z Inspiromatů tři experimenty, které jsme v minulosti rovněž uveřejnili na FyzWebu – proto je zde jen stručně okomentujeme s odkazy na příslušné podrobnější články.

Experiment 1: Zatmění Slunce

Již od ledna 2014 trvale na Katedře didaktiky fyziky MFF UK v Praze měříme v minutových intervalech intenzitu venkovního osvětlení. Data sdílíme na internetu pomocí nástroje Vernier Data Share, který je součástí programu Logger Pro [1].

Níže je několik ilustračních obrázků z našich měření, podrobnosti jsou v [2].

Na obrázku 1 je zachyceno měření intenzity osvětlení po dobu jednoho lednového týdne. V grafu je patrný rozdíl v délce zimních nocí a dní. Většina kopečků je „zubatá“ díky oblačnosti. Předposlední den se ale vyčasilo a obloha byla bez mráčku.

Na obrázku 2 jsou modře znázorněny tři lednové dny, červeně tři dny v červnu. Opět je pěkně vidět rozdíl v délce dní a nocí v létě a v zimě.

Další rozdíl je v celkovém množství světla, které odpovídá ploše pod grafem. I v jasném zimním dni (hladký kopeček úplně vpravo) bylo celkově méně světla než v oblačném letním dni.

V prostředním červnovém dni se nám podařilo zachytit bouřku, při které se náhle celá obloha zatáhla, což se projevilo propadem v grafu.

V pátek 20. března 2015 bylo v ČR pozorovatelné částečné zatmění Slunce. V maximu bylo Slunce zakryté ze 73 %. A tomu odpovídá také propad v grafu.

Obr. 1. Intenzita osvětlení během sedmi lednových dní a nocí.

Obr. 2. Srovnání intenzity osvětlení během
tří zimních dní (modře) a tří letních dní (červeně).

Obr. 3. Intenzita osvětlení během zatmění Slunce.

Experiment 2: Kmitavý pohyb a jeho modelování metodou „od oka“

Pomocí sonaru jsme zachytili pohyb závaží kmitajícího na pružině. Data jsme přenesli do tabulkového editoru (Excelu), v němž lze vytvořit matematický model reálně zaznamenaného pohybu.

Vynikající shoda modelu se skutečností je působivá zejména v případě, že necháme závaží kmitat dostatečně dlouho na to, aby se projevilo i tlumení.

V článku [3] je vše podrobně krok za krokem rozepsáno, jsou tam také odkazy na stažení předpřipravených souborů pro tabulkový editor Excel i s ukázkami naměřených dat.

Obr. 4. V šesti krocích je zachyceno, jak lze metodou „od oka“ postupně zpřesňovat matematický model (červeně) tak, aby odpovídal naměřeným datům (modře). Úpravu modelu provádíme nastavováním koeficientů A až D.

Obr. 5. V programu Vernier Logger Pro jsme postupně „od oka“ nastavovali jednotlivé koeficienty podobně jako v Excelu. Protože šlo tentokrát o výrazně tlumený pohyb, vynásobili jsme sinusovku ještě exponenciálou a přidali koeficient útlumu E.

Experiment 3: Jak se chránit před UV zářením

Ultrafialové záření se dělí podle vlnové délky na UVA, UVB a UVC (obrázek 6). Nejškodlivější UVC záření je naštěstí téměř úplně absorbováno atmosférou.

V článku [4] je návod na jednoduchou aktivitu se žáky, díky které prozkoumají, jak nás chrání před UV zářením různé materiály, opalovací krémy a podobně.

Obr. 6. Čím kratší vlnová délka UV záření, tím nebezpečnější pro náš organismus.

Literatura

[1] http://www.vernier.cz/LP
[2] http://fyzweb.cz/clanky/index.php?id=221
[3] http://fyzweb.cz/clanky/index.php?id=222
[4] http://fyzweb.cz/clanky/index.php?id=218

Vernier Go Wireless aneb Zkuste to bez drátů

PAVEL BÖHM, JAKUB JERMÁŘ
Katedra didaktiky fyziky MFF UK v Praze

V článku jsme se zaměřili na experimenty, při kterých je potřeba uzavřít měřicí senzor do nádoby. Konkrétně jsme měřili teplotu varu vody za sníženého tlaku, tlak ve vakuovací nádobě na uchovávání potravin a zkoumali jsme, jak dobrým tepelným izolantem je termoska.

Senzory a rozhraní Vernier Go Wireless

Školní experimentální systém Vernier nabízí bezdrátové senzory, které lze připojit k dataloggeru LabQuest [1] a také k tabletům nebo mobilním telefonům s operačními systémy iOS či Android.

Klasické senzory s BTA konektorem (například tlakový senzor, siloměr apod.) lze připojovat bezdrátově pomocí rozhraní Go Wireless [2] Link.

Pro iOS i Android je k dispozici zdarma aplikace Graphical Analysis, ve které lze jak provádět měření, tak rovnou data zpracovávat – například prokládat body křivkami, dělat výřezy grafů, zobrazovat tabulky hodnot nebo data exportovat pro další programy, jako jsou tabulkové editory či Vernier Logger Pro [3].

Bezdrátová komunikace probíhá pomocí Bluetooth 4, což je poměrně nová technologie s výrazně sníženou spotřebou energie. Například teploměr Go Wireless Temp [4] po dvou hodinách nabíjení vydrží s frekvencí 1 Hz měřit a vysílat data nepřetržitě po dobu 150 hodin.

Experiment 1: Kdy vře voda při teplotě 100 °C? Skoro nikdy!

Na čem závisí teplota varu vody

Teplota varu vody výrazně závisí na tlaku, který zase závisí na nadmořské výšce, jak ukazuje tabulka 1. Tlak vzduchu je ale ovlivňován též aktuálním počasím, proto se během roku může výrazně měnit i na jednom místě s danou nadmořskou výškou.

Například tlak vzduchu na České zemědělské univerzitě v Praze podle měření dostupných z [5] kolísal za poslední rok (od 15. 9. 2014 do 14. 9. 2015) mezi hodnotami 94,2 kPa a 100,6 kPa. To odpovídá výškovému rozdílu stovek metrů a změnám teploty varu vody v řádu jednotek stupňů Celsia.

Přibližná souvislost mezi nadmořskou výškou, atmosférickým tlakem a teplotou varu vody		
teplota varu	tlak vzduchu	nadmořská výška
98 °C	96 kPa	500 m
95 °C	85 kPa	1500 m
92 °C	76 kPa	2500 m
89 °C	67 kPa	3500 m
86 °C	60 kPa	4500 m
82 °C	53 kPa	5500 m
78 °C	46 kPa	6500 m
75 °C	40 kPa	7500 m
71 °C	35 kPa	8500 m
68 °C	31 kPa	9500 m
64 °C	27 kPa	10500 m
60 °C	23 kPa	11500 m
56 °C	20 kPa	12500 m

Tab. 1. Pro tvorbu tabulky jsme využili online kalkulátory [6, 7].

Provedení experimentu

Krátké ilustrační video k tomuto experimentu je na [8].

Do kuchyňské vakuovací nádoby pro uchovávání potravin nalijeme cca 0,5 litru horké vody z rychlovarné konvice a po 20 sekundách zase vylijeme zpátky do konvice. Tím jsme nádobu předehřáli.

Nyní zapneme rychlovarnou konvici a vodu znovu přivedeme k varu. Do nádoby vložíme zapnutý bezdrátový teploměr, přidáme horkou vodu a uzavřeme víkem.

Dáme pozor, aby ve vodě byla jen kovová část teploměru, který je sice vodotěsný, ale gumovému obalu a zejména baterii by vysoké teploty přeci jen nemusely svědčit.

Obr. 1. K varu vody při teplotě 90,6 °C za běžného tlaku nedochází.

Po uvaření vody v rychlovarné konvici teplota prudce klesá. Ihned po přelití má obvykle teplotu už jen mezi 90 °C a 95 °C. Na obrázku 1 je vidět, že při této teplotě již voda nevře.

Nyní přiložíme k vakuovací nádobě píst a odsáváním vzduchu tlak v nádobě snížíme.

Obr. 2. Po snížení tlaku voda začne vřít, ačkoliv její teplota měřená bezdrátovým teploměrem uvnitř nádoby je výrazně nižší než 100 °C.

Na co si dát pozor

Pozorný čtenář si mohl všimnout, že na obrázku 2 ukazuje tablet vyšší teplotu než na obrázku 1. To je způsobeno setrvačností teploty – chvíli zkrátka trvá, než se teploty vody, nádoby a teploměru vyrovnají. Takto by mohl v žácích vzniknout mylný dojem, že při varu dochází ke zvyšování teploty. Aby to nenastávalo, je potřeba před snižováním tlaku dostatečně počkat, než se teplota teploměru ustálí.

Výrobce uvádí pro kovovou část teploměru rozsah -40 °C až 125 °C a pro gumovou část (obsahující baterii a elektroniku) rozsah -10 °C až 45 °C. Domníváme se, že vystavováním teploměru vysokým teplotám v nádobě může docházet ke snižování životnosti nebo kapacity baterie. Nicméně již jsme tento experiment provedli mnohokrát a žádné problémy jsme nezaznamenali.

Teploměr také není dokonale tlakotěsný, někdy se stane, že po vyjmutí z vakuovací nádoby zůstane zapínací tlačítko vlivem okolního atmosférického tlaku zamáčknuté. V tom případě stačí hodinářským šroubováčkem mírně povolit (a pak zas utáhnout) libovolný ze dvou šroubků na vršku teploměru, aby se tlaky uvnitř a vně vyrovnaly.

Experiment 2: Přímé měření tlaku v nádobě na uchovávání potravin

Předchozí experiment s teploměrem umožňuje nepřímé měření tlaku v nádobě. Tlak v nádobě můžeme měřit také přímo s využitím senzoru GPS-BTA, který připojíme přes rozhraní Go Wireless Link.

Při tomto experimentu nesmí být v nádobě voda! Na rozdíl od bezdrátového teploměru totiž ani čidlo GPS-BTA, ani rozhraní Go Wireless Link nejsou vodotěsné.

Obr. 3. Rozhraní Go Wireless Link + tlakový senzor = bezdrátové měření tlaku.

Při ručním vyčerpávání vzduchu z nádoby pomocí pístu je cítit vzrůstající namáhavost této činnosti úměrně tomu, jak se zvyšuje podtlak v nádobě. Po usilovné několikasekundové námaze se nám podařilo snížit tlak téměř na pětinu původní hodnoty. Za tohoto tlaku by voda vřela teplotě 60 °C či ještě nižší.

Pokud by v nádobě byla voda (což si můžeme dovolit s teploměrem, ale nikoliv s tlakovým senzorem a bezdrátovým rozhraním), tlak by se nám nejspíš tak výrazně snížit nepodařilo. Důvodem je to, že voda při sníženém tlaku začne vřít a vznikající páry tlak zase zvyšují. Tomu odpovídá i naše experimentální zkušenost, kdy se nám nedaří ruční pumpičkou snížit tlak natolik, aby voda vřela při teplotách výrazně nižších než cca 80 °C.

Obr. 4. Tlak v nádobě zhruba odpovídá výšce, v jaké létají dopravní letadla. Voda by za těchto podmínek vřela při teplotách nižších než 60 °C.

Experiment 3: Jak dobře termoska udrží teplo uvnitř nebo venku?

Tento experiment byl publikován v [9], proto ho zde jen velice stručně popíšeme.

Pomocí dvou tyčových a jednoho bezdrátového teploměru jsme měřili po dobu několika hodin teplotu

a) v místnosti,

b) v hrnku,

c) v termosce.

Jednou jsme použili horkou vodu, abychom zjistili, jak dobře termoska udrží teplo uvnitř, podruhé jsme měřili se studenou vodou, čímž jsme ověřili schopnost termosky udržet teplo naopak vně a nepustit ho dovnitř.

Obr. 5. Schéma experimentu s termoskou.

Obr. 6. Červeně teplota vody v termosce, modře teplota vody v hrnku, zeleně teplota v místnosti.

Obr. 7. Grafem závislosti teploty v hrnku na čase jsme v LabQuestu zkusili proložit různé matematické funkce. Lineární závislost tento děj moc dobře nepopisuje. Kvadratická funkce je na tom o něco lépe, mocninná funkce ještě lépe, nicméně exponenciála sedí na naměřená data téměř dokonale.

Obr. 8. Zeleně teplota vody v termosce, červeně teplota vody v hrnku, modře teplota v místnosti.

Literatura

[1] http://www.vernier.cz/LABQ2
[2] http://www.vernier.cz/GW-LINK
[3] http://www.vernier.cz/LP
[4] http://www.vernier.cz/GW-TEMP
[5] http://meteostanice.agrobiologie.cz
[6] http://www.csgnetwork.com/h2oboilcalc.html
[7] http://www.altitude.org/air_pressure.php
[8] http://www.vernier.cz/video/var-za-snizeneho-tlaku
[9] http://www.vernier.cz/experimenty/bohm/termoska.pdf

Využití lineární halogenové žárovky pro demonstrační experimenty

ZDENĚK BOCHNÍČEK
Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity, Brno

Úvod

Zařazení optických experimentů do výuky často přináší technické obtíže. Řada pokusů vyžaduje více či méně dobré zatemnění, některé pokusy jsou z většího odstupu hůře viditelné, není-li k dispozici dostatečně intenzivní zdroj světla. Právě výkonný světelný zdroj je často podmínkou pro uspokojivé provedení experimentu i za horších světelných podmínek – špatného zatemnění.

V sadách pro optické experimenty se obvykle používají nízkonapěťové halogenové žárovky, které vyžadují samostatný napájecí zdroj, což v případě výkonnější žárovky při požadavku ladění výkonu zdroje není jednoduchá a levná záležitost. Nespornou výhodou těchto žárovek jsou však malé rozměry emitující plochy, které zajišťují dobře definovaný rozbíhavý svazek vhodný pro další zpracování optickými prvky. V některých případech však požadujeme lineární tvar zdroje světla namísto kvazibodového. Typickým případem je spektroskopie, kdy zdánlivý lineární zdroj standardně vytvoříme pomocí úzké štěrbiny umístěné mezi reálným zdrojem a vlastním spektroskopem. Je zřejmé, že štěrbina výrazně omezí světelný tok přicházející do spektroskopu, a tím sníží intenzitu spektra. Situaci by bylo možné výrazně zlepšit, kdyby samotný zdroj měl lineární tvar, kde by v krajním případě bylo možné štěrbinu ze spektroskopu zcela vyřadit. Tato myšlenka se již dříve využívala v Geislerových výbojových trubicích, které byly v centrální části zúženy do tenké kapiláry.

Obr. 1. Lampa s lineární žárovkou

V předchozím příspěvku na Veletrhu nápadů [1] bylo prezentováno využití lineární halogenové žárovky pro zobrazení infračerveného záření s pomocí termocitlivých fólií. Tento příspěvek obsahuje detailní popis zesílení intenzity světelného spektra při použití lineární žárovky ve srovnání s klasickou žárovkou stejného výkonu a využití lineární žárovky v dalších experimentech.

Lineární halogenová žárovka

Lineární halogenová žárovka je běžně dostupný a levný zdroj světla, který se používá zejména pro osvětlení v exteriérech. V kompletu i s lampou lze pořídit za cca 150 Kč. Lampa má profesionální krytí a zaručuje bezpečnou obsluhu. Žárovka je napájena přímo ze sítě 230 V a nevyžaduje tedy žádný další napájecí zdroj.

Pro regulaci výkonu lze využít laciný stmívač v ceně cca 200 Kč. Za několik set korun tak získáme výkonný, laditelný a bezpečný zdroj světla.

Lineární žárovky jsou dostupné v různých rozměrech a výkonech. Pro experimenty v běžné třídě plně postačí žárovka s délkou 78 mm a výkonem 100 W-150 W. Před vlastním použitím stačí pouze vystříkat vnitřní odraznou plochu lampy černou žáruvzdornou barvou. Je však třeba počítat s tím, že začernění odrazné plochy zvýší povrchovou teplotu lampy. Pro snadnou manipulaci je výhodné adaptovat lampu pro montáž na optickou lavici, viz obr. 1.

Spektroskopie s lineární žárovkou

Experimentální uspořádání klasického spektroskopu a spektroskopu s lineární žárovkou je na obr. 2. Svislé vlákno lineární žárovky je v místě štěrbiny klasického uspořádání spektroskopu a vlastní štěrbina není v modifikovaném uspořádání vůbec přítomna. Zatímco v klasickém uspořádání štěrbina výrazně omezuje světelný svazek, v případě uspořádání s lineární žárovkou světelný tok ozařuje celou plochu čočky.

Obr. 2. Uspořádání klasického hranolového spektroskopu (vlevo) a spektroskopu s lineární žárovkou (vpravo).

Zesílení intenzity spektra

Zesílení intenzity světelného spektra je teoreticky podrobně řešeno v [2]. Výpočet je založen na porovnání světelného toku, který dopadá na čočku v klasickém uspořádání spektrometru, a ve spektrometru s lineární žárovkou. Výsledek teoretického výpočtu je na obr. 3. Je zřejmé, že zesílení prudce roste se zkracující se ohniskovou délkou a rostoucím průměrem čočky. Při použití velmi krátkých ohniskových délek je však nutné počítat s tím, že kvalita spektra bude výrazně zhoršena optickými vadami čočky, viz dále.

Obr. 3. zesílení intenzity pro čočku s průměrem 2,5 cm (tenká čára), 5 cm (střední čára) a10 cm (tlustá čára). Body označují výsledky experimentu.

S použitím běžné čočky s průměrem 5 cm a ohniskovou délkou 10 cm je intenzita spektra zesílena více než desetkrát. Při použití čočky stejné ohniskové délky, ale dvojnásobného průměru, je zesílení téměř padesátinásobné.

Teoretické výpočty byly ověřeny experimentálně za pomocí USB spektroskopu Avaspec, kterým byla měřena intenzita ve spektru v okolí vlnové délky 550 nm. Pro konstrukci spektroskopu byly použity čočky s ohniskovou délkou 5 cm, 6 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm, 30 cm a 50 cm s průměrem 5 cm. Jako srovnávací zdroje světla byly použity standardní halogenová žárovka 24 V/100 W a lineární halogenová žárovka 78 mm/230 V/120 W. Pro výpočet zesílení spektra byla data korigována vzhledem k odlišnému příkonu obou žárovek. Štěrbina ve spektroskopu klasického uspořádání měla stejnou šířku jako vlákno lineární žárovky (0,8 mm). Výsledky jsou na obr. 3. Vidíme, že experimentální data jsou v dobrém souhlasu s teoretickým výpočtem a reálně lze dosáhnout zesílení intenzity v řádu desítek.

Spektrální rozlišení

Spektrální rozlišení je klíčovým parametrem každého spektrometru. Dominantně je určeno šířkou štěrbiny a ohniskovou délkou použité čočky. Spektrální rozlišení spektrometru s lineární žárovkou bylo experimentálně porovnáno s rozlišením klasického spektroskopu. Byl opět použit spektrometr Avaspec, jehož vstupní optické vlákno bylo pevně umístěno ve spektru v oblasti $\lambda = 550$ nm. Příklady tří výsledků pro různé ohniskové délky čočky jsou na obrázku 4. Vidíme, že spektrální rozlišení lineární žárovky je pro větší ohniskové délky srovnatelné s klasickou kvazibodovou žárovkou. Výjimkou jsou krátké ohniskové délky, kde je spektrum lineární žárovky rozšířeno kvůli vadám čočky. Ve spektroskopu s lineární žárovkou je ozářena celá plocha čočky, což vliv jejích vad zesiluje.

Obr. 4. Spektrální rozlišení ve spektrech tří spektrometrů s různými ohniskovými délkami čoček. Nižší křivky jsou pro klasický spektrometr, vyšší křivky pro spektrometr s lineární žárovkou.

Demonstrační experimenty s lineární žárovkou

Obří spektrum

V dobře zatemněné místnosti lze s lineární žárovkou získat impozantní světelné spektrum, viz obr. 5. Menší spektrum s rozměry řádu desítek centimetrů je dobře viditelné v učebně bez jakéhokoliv zatemnění i za slunečného dne.

Obr. 5. Obří spektrum s autorem článku

Detekce infračerveného záření pomocí teploměru

V příspěvku [1] byla předvedena detekce infračerveného záření ve spektru lineární žárovky pomocí termocitlivé fólie. Tento experimentální důkaz existence IR záření však lze provést i jednodušeji s obyčejným teploměrem. Sestavíme spektroskop se stínítkem umístěným cca 50 cm od hranolu. Umístíme teploměr těsně vedle červeného konce spektra. Pokud použijeme digitální teploměr se sondou s malou tepelnou kapacitou, je odezva teploměru rychlá a přesvědčivá.

Rozptyl světla

Obr. 6. Rozptyl světla v zakalené vodě.

Modrá barva oblohy i červený západ Slunce jsou způsobeny rozptylem světla na nehomogenitách atmosféry. V tzv. Rayleighově aproximaci, která platí pro případ, kdy jsou rozměry těchto nehomogenit mnohem menší než vlnová délka světla, je rozptyl nepřímo úměrný čtvrté mocnině vlnové délky. Modrá barva se tedy rozptyluje mnohem více než červená a to je příčinou výše zmíněných jevů[1].

Rayleighův rozptyl lze realizovat v akváriu s vodou mírně zakalenou například mlékem či smetanou do kávy. Na dostatečné zakalení stačí asi 1 ml smetany do 10 litrů vody. Intenzivním spektrem z lineární žárovky prosvítíme akvárium tak, aby část spektra procházela zakalenou vodou a část spektra byla nad hladinou. Spektrum zachytíme na stínítku za

[1] Fialová barva se sice ve vzduchu rozptyluje ještě více, ale ve slunečním spektru je jí obsaženo jen málo, a proto převládá modré zabarvení oblohy.

akváriem, viz obrázek 6. I za špatného zatemnění je zcela zřetelné, že část spektra, která prošla vodou, je ochuzena o krátké vlnové délky.

Youngův experiment v bílém světle

Youngův difrakční dvojštěrbinový experiment s bílým světlem je velmi subtilní pokus, který i při dobrém zatemnění není pro větší publikum dobře viditelný. Podobně jako při pokusu se spektrem, také zde je nutné k dosažení potřebné prostorové koherence omezit světelný svazek úzkou štěrbinou, jejíž šířka b musí splňovat vztah

$$b > \frac{\lambda \cdot a}{l},$$

kde l je šířka dvojštěrbiny, a vzdálenost mezi štěrbinou a dvojštěrbinou a λ vlnová délka světla. S lineární žárovkou se i zde můžeme bez štěrbiny obejít a získat tak intenzivnější difrakční obrazec. Zesílení není v tomto případě tak velké jako u pokusů se spektrem. Z jednoduché úvahy plyne, že oproti běžné nízkonapěťové žárovce je intenzita difrakčního obrazce asi 3krát vyšší, viz obr 7. a [2].

Obr. 7. Youngův pokus v bílém světle na téže dvojštěrbině v provedení s lineární žárovkou (vlevo) a klasickou halogenovou žárovkou (vpravo)

Závěr

Lineární halogenová žárovka je intenzivní zdroj světla, který najde své uplatnění v demonstračních fyzikálních experimentech. Jedná se o snadno dostupný, levný a bezpečný zdroj světla, který ve vybraných pokusech přináší významně vyšší intenzitu světla než klasické běžně používané nízkonapěťové zdroje.

Literatura

[1] Bochníček, Z. *Zobrazení v IR oblasti s využitím termocitlivých fólií* In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 17, Praha 2012, 26-30

[2] Bochníček, Z.: *Linear halogen bulb as a powerful light source for physics experiments 2015* Eur. J. Phys. 36, 6 (2015) 065001

Pár nápadů z iQLANDIE

PETR DESENSKÝ
iQLANDIA science center Liberec

Abstrakt

Příspěvek pojednává o vybraných pokusech z optiky, které byly připraveny v rámci nových aktivit pro školní skupiny v science centru iQLANDIA v Liberci. SC iQLANDIA, a její programová nabídka pro školy, budou na začátku příspěvku stručně představeny.

iQLANDIA pro školy

Na oslavu „roku světla“ jsme si pro Vás v iQLANDII připravili několik pokusů se světlem. Převážná většina z nich zapojuje do výuky mobilní telefon s dotykovou obrazovkou (smartphone), což je pro žáky silně motivující faktor a pokusy je velmi baví.

Po více než roce od otevření, navštívilo iQLANDII téměř půl miliónu návštěvníků, z čehož jednu třetinu tvořily školní skupiny. Z toho důvodu SC iQLANDIA připravuje pro školy, kromě deseti tematických expozic s interaktivními exponáty, speciální programovou nabídku. Školám jsou k dispozici pracovní listy, které usměrní pozornost žáků na učitelem vybrané exponáty a přírodní jevy. Pracovní listy je možné zdarma stáhnout na webu science centra. Hojně využívaným produktem, ze strany pedagogů, jsou Tematické science show (TSS) a Laborky. Pod TSS si lze představit 40-45 minutové, popularizačně-naučné, frontální vystoupení plné pokusů na dané téma, do kterého jsou žáci aktivně zapojováni jako dobrovolníci při jednotlivých experimentech. Produkt Laborky rozvíjí klíčové kompetence žáků. Během samostatné laboratorní práce mají žáci a studenti 90 až 120 minut na to, aby ve skupinkách absolvovali krátká stanoviště, na kterých prozkoumají dané téma z pohledu fyziky, přírodovědy a chemie. Učení žáků je založeno na konstrukci vlastního poznatku a Laborky jsou postaveny na principech metod vycházejících z konstruktivismu. Témata TSS a Laborek kopírují RVP a jejich přehled, společně s podrobnějším popisem a doporučeným věkem, lze najít v programové nabídce pro učitele – QIDO, případně na webu iQLANDIE. [1]

Měření tloušťky lidského vlasu pomocí laseru

Dnes již běžně dostupnou pomůcku, kterou je laserové ukazovátko (o známé vlnové délce), lze využít v hodině fyziky. Zjistit tloušťku svého vlastního vlasu. Vlas napneme vertikálně přes rámeček diapozitivu (případně vystřihneme podobný z kartonu či tvrdého papíru) a přilepíme izolepou. Spínač laserového ukazovátka v případě potřeby zajistíme gumičkou či kolíčkem na prádlo (aby neustále svítil) a laserové ukazovátko umístíme do stojanu tak, aby jeho paprsek byl vodorovně s podlahou a zároveň ve stejné výšce s napnutým vlasem. Laser zamíříme kolmo na stínítko (ta-

buli/zeď, na kterou můžeme pro usnadnění odečítání vzdálenosti nalepit milimetrový papír). Když paprsek koherentního světla dopadá přes napnutý vlas na stínítko, dochází k difrakci a na stínítku pozorujeme interferenční obrazec. Změříme vzdálenost vlasu od stínítka a rovněž vzdálenost prvních dvou tmavých skvrn v interferenčním obrazci. Po dosazení těchto veličin do vztahu:

$$d=2l\lambda/s$$

kde

d je průměr vlasu

l je vzdálenost vlasu od stínítka

s je vzdálenost středů prvních tmavých skvrn

λ je vlnové délka použitého laserového světla

dostaneme průměr měřeného vlasu. U našeho vzorku se výsledná hodnota pohybovala okolo 70 µm. U každého vlasu bude hodnota vycházet jinak. Průměrná tloušťka lidského vlasu je přibližně 40 až 90 µm a správně naměřené hodnoty žáků by se neměly odlišovat.

Obr. 1. Schéma provedení pokusu difrakce laseru na lidském vlasu

Aktivita se dá propojit i s přírodovědou, kdy můžeme zkoumat různé typy vlasů. Vlasy různých lidských ras se liší tvarem svého průřezu. Když budeme vlas natáčet kolem své svislé osy např. po 30 stupních, můžeme z naměřených průměrů udělat polární diagram a určit tak přibližně tvar průřezu našeho vlasu.

Obr. 2. Tvar průřezu lidských vlasů podle lidských ras [3]

Podrobnější vysvětlení difrakce světla na lidském vlasu může čtenář nalézt např. na Fykos [2]. Difrakce na vlase je stejná, jako difrakce na štěrbině a podrobnějším vysvětlením se článek zabývat nebude.

Mikroskop z mobilu

V dnešní době začínají být neustále rozšířenější jednoduché USB mikroskopy. Pro některé školy může být jejich pořizovací cena stále překážkou. Do fyziky se mikroskopy dostávají poprvé v látce o optických přístrojích. Fakt, že mikroskopy jsou „jen“ dvě spojné čočky za sebou si žáci nejlépe osvojí na následujícím pokusu. S vlastnoručně sestrojeným mikroskopem mohou prozkoumávat svět kolem sebe a podívat se na mince, látku kalhot či trička, drobný hmyz, lidskou kůži a na vše, co kolem sebe najdou. Návod na stojánek, který změní váš smartphone na mikroskop najdete na webu [4].

Obr. 3. Stojánek se spojnou čočkou

Malou spojnou čočku můžeme najít např. ve starém laserovém ukazovátku (pokud již máme naměřené průměry vlasů a jiných vláken). Dle možností seženeme materiál na výrobu stojánku pro smartphony. Nejprve do plexiskla uděláme otvor, do kterého vsadíme malou spojnou čočku. V případě potřeby mu můžeme čočku na hraně zajistit kapkou sekundového lepidla. Do dřevěné desky (o rozměrech plexiskla – cca 20×20 cm) vyhloubíme otvor o průměru LED svítilny, kterou jsme si pro naše zařízení pořídili a vsadíme ji do něj. Po chvíli vrtání všechny díly sesadíme na tři delší šrouby a díly zpevníme pomocí matek (na obr. 3 jsou použity plastové matky, ale lze použít jakékoliv). Pro pohodlnější nastavování vzdálenosti držáku vzorku od čočky je vhodné použít křídlové matky.

Pokud nejste manuálně zruční, či potřebujete pracovat s dětmi „v terénu“, přišli jsme v iQLANDII na jednodušší, a ještě levnější variantu, kterou zvládnou hravě připravit i děti. Malou spojnou čočku uchytíme do pinetky (viz obr. 4) a pinetku přilepíme

k telefonu izolepou tak, aby čočka z ukazovátka překrývala čočku fotoaparátu našeho telefonu. Takto připravené zvětšovací zařízení je do terénu ideálním pomocníkem. Stačí už jen zapnout fotoaparát našeho telefonu, nalepit pinetku s čočkou a na displeji již vidíme zvětšený svět. Je potřeba pamatovat na to, aby předměty byly dostatečně osvětlené a velmi blízko čočky. Na telefonu funguje i funkce zoom, která nám umožní zvětšit zvětšení a pozorovat tak např. i pixely na jiných telefonech (viz obr. 5).

Obr. 4. Malá spojná čočka uchycená v pinetce

Obr. 5. Písmeno „E“ na displeji tabletu Google Nexus II. Lze pozorovat jednotlivé pixely.

Projektor za babku

Do učiva optických přístrojů lze jistě zařadit i projektor, který ze školy znají všechny děti. Při výrobě následujícího projektoru z krabice od bot, budeme kromě krabice potřebovat ještě lupu, nůžky, izolepu a nějaký stojánek.

Do čelní strany krabice od bot vyřízneme kruhový otvor o průměru lupy, kterou chceme na pokus použít. Parametry čočky projektoru jsme zatím nestihli řádně odzkoušet, ale zatím se projektory daří vyrábět s jakoukoli lupou. Pozor je třeba dát na

to, aby průměr lupy nepřesahoval výšku krabice a vešel se na její čelní stranu. Nejvíce se nám osvědčily lupy o průměru 75 mm. Lupu obkreslíme na čelní stranu krabice a vystřihneme otvor. V dalším kroku lupu přilepíme z vnitřní strany krabice, aby nebylo vidět držadlo a nekazilo vzhled projektoru. Do krabice umístíme chytrý telefon a pustíme přehrávání požadovaného videa. Na telefon je třeba vyrobit nějaký stojánek, např. z kancelářské sponky (viz obr. 6), či ho prostě jen něčím podepřít.

Obr. 6. Stojánek na telefon z kancelářské sponky

Důležité je, aby byl ideálně kolmo na dno krabice a naproti čočce. S mobilem lze posouvat blíže či dále k čočce a tím projektor zaostřovat. Je lepší mít užší a delší krabici, aby byla umožněna variabilita ostření. Spojná čočka lupy dává při určitém nastavení obraz zvětšený, stranově a výškově převrácený. Při správném nastavení lze v temné místnosti pozorovat displej telefonu zvětšený na úhlopříčku přes jeden metr! Důležité je, aby na smartphonu šla zamknout obrazovka tak, aby přehrával video vzhůru nohama, aby výsledný, výškově převrácený obraz byl na zdi v požadovaném, přímém směru. Během tvorby a ostření si děti osvojí vlastnosti obrazu po zobrazení spojnou čočkou. Podrobný návod na výrobu projektoru z krabice naleznete na webu např. na [5] či [6].

obr. 7. Stručný obrázkový návod výroby projektoru z krabice od bot

Závěr

I když mezinárodní rok světla končí s rokem 2015, téma optiky zůstává v iQLANDII aktuální. Připravujeme novou světelnou show, ve které chceme žákům pomocí demonstračních experimentů ukázat základní vlastnosti světla, jeho využití i zajímavé aplikace. Informace o všech připravovaných novinkách naleznou zájemci na webu SC iQLANDIA [1].

Literatura

[1] Programová nabídka iQLANDIA dostupná z: http://www.iqlandia.cz/skoly/zakladni-informace

[2] Měření tloušťky vlasu dostupné na FYKOS z: http://fykos.cz/rocnik12/reseni/reseni3-6.pdf

[3] Typy vlasů: http://www.furskin.cz/reference.htm

[4] Mikroskop z mobilu – návod na: http://cdr.cz/clanek/udelej-si-sam-jak-promenit-smartphone-na-mikroskop-za-par-korun

[5] Návod na projektor na mobil: http://content.photojojo.com/diy/turn-your-phone-into-a-photo-projector-for-1/

[6] Návod na projektor na mobil: http://www.howtoinstructions.org/how-to-make-iphone-projector-with-shoe-box-step-by-step-diy-tutorial-instructions/

Další nápady z Malé Hraštice 5: Jak silné jsou magnety?

LEOŠ DVOŘÁK
Katedra didaktiky fyziky MFF UK Praha

Příspěvek nabízí několik jednoduchých možností, jak přibližně změřit hodnotu magnetické indukce v blízkosti magnetů, i když jde již o hodnoty mimo rozsah běžných měřičů magnetické indukce. Věnuje se také síle, kterou se magnety přitahují. Ve všech případech vystačíme s trochou teorie, většinou maximálně na středoškolské úrovni; s vlastnostmi magnetů se přitom můžeme seznamovat „badatelsky orientovaným“ způsobem.

Úvod

Na tradičním Jarním soustředění pro učitele fyziky na Malé Hraštici se formou miniprojektů věnujeme různým oblastem fyziky, viz např. [1]. Letos byla hlavním tématem elektřina a magnetismus. Já sám jsem to vzal jako příležitost přiučit se něco o magnetech, o tom, jak silné je jejich magnetické pole a jak je to s jejich vzájemným působením. A udělat to pomocí co nejjednodušších pokusů, využitelných i na úrovni střední školy. V tomto příspěvku se podělím o příklady, co lze o magnetech vybádat pomocí pokusů a jednoduchých teoretických úvah.

1. Magnetická indukce trvalých magnetů podle údajů prodejců

Moderní neodymové magnety jsou opravdu silné. Na stránkách prodejce [2] lze najít informaci o tom, že magnetická indukce, resp. remanence B_R, je v závislosti na konkrétním materiálu magnetu, v rozmezí 1,2 až 1,5 T. Pro feritové magnety je B_R v rozmezí 0,2 až 0,5 T, viz odkazy ze stránek [2].

K tomu, co je to remanence, se ještě vrátíme v části 5. Jde o hodnotu magnetické indukce, která je pro dané magnety charakteristická. Můžeme tedy předpokládat, že v blízkosti pólu magnetu má B zhruba tuto hodnotu. Nebo ne? A jak si to ověřit? Rozsah běžných teslametrů v sondách k dataloggerům je typicky do 100 mT [3, 4]. K dispozici jsou samozřejmě i teslametry s větším rozsahem, jenže ty jsou dražší a zřejmě nejsou na většině škol dostupné. Nešlo by změřit magnetickou indukci jinak?

2. Měříme *B* pomocí rotující cívky

Jednou z možností, jak měřit B, je pomocí zákona elektromagnetické indukce. Rotující cívkou o ploše S, jejíž osa je kolmá ke směru magnetické indukce $\vec{B}$ (pole považujeme za homogenní) prochází magnetický tok $\Phi = BS\cos(\omega t)$, kde ω je úhlová frekvence otáčení. V jednom závitu cívky se indukuje napětí $u_1 = BS\omega\sin(\omega t)$, v N závitech samozřejmě N-krát více. Maximální indukované napětí je tedy $U_m = NBS\omega$, efektivní napětí U pak $U = NBS\omega/\sqrt{2}$. Odtud $B = \sqrt{2}U/(NS\omega)$.

Magnetickou indukci chceme měřit v těsné blízkosti magnetu, cívka tedy musí být malá. V původní verzi měla cívka rozměr 1×1 cm a byla vytvořena smaltovaným drátem o průměru asi 0,17 mm protaženým dvěma otvory vyvrtanými v dřevěné tyčince, tou otáčela ruční akumulátorová vrtačka, viz Obr. 1. Vývody cívky byly připájeny ke dvěma kroužkům z mosazi (šlo by užít i kousky měděné trubičky). Největším problémem se ukázaly být kartáčky odvádějící indukované napětí. Nouzově byla použita odizolovaná měděná lanka, ale jednak kontakt nebyl vždy spolehlivý a navíc lanka vydržela vždy jen krátce.

Obr. 1. Rotující cívka u feritového magnetu a napětí zaznamenané počítačem

Vrtačka dokázala cívkou otáčet rychlostí 19 otáček/s, tj. $\omega \doteq 120\ \mathrm{s}^{-1}$. Při 30 závitech by pro $B = 1$ T mělo být indukované napětí asi 0,25 V, což jde dobře měřit obyčejným multimetrem. Ve skutečnosti byla naměřená napětí nižší; výpočet podle výše uvedeného vztahu dal pro feritový magnet hodnotu B jen asi 0,07 T.

Podobné hodnoty vycházejí i z měření pomocí následně zhotovené dokonalejší pomůcky, viz Obr. 2. (Můj dík za ni patří ing. Ludvíku Němcovi z naší katedry.) Zde je cívka ještě menší (asi 7×7 mm, aby bylo možno měřit pole blíže u magnetů), kartáčky jsou spolehlivé a osičkou otáčí modelářský motorek s převodovkou. Počet závitů drátem o průměru 0,1 mm je $N = 44$, frekvence otáček cívky při napájení motorku z ploché baterie je asi $f = 56$ Hz, takže $\omega \doteq 352\ \mathrm{s}^{-1}$. Při otáčení osičky v blízkosti pólu velkého feritového magnetu bylo indukované napětí asi 46 mV, v případě většího neodymového magnetu až 180 mV.

Obr. 2. Dokonalejší pomůcka pro měření B pomocí malé rotující cívky

Podle vztahu (1) dostáváme naměřenou velikost indukce u feritového magnetu 0,075 T, u většího neodymového pak magnetu 0,29 T. Jde opět o menší hodnoty, než jsme očekávali. Chtělo by to přesvědčit se o hodnotách magnetické indukce ještě jiným způsobem.

3. Měříme *B* pomocí síly na vodič s proudem

Síla, kterou magnetické pole působí na vodič délky *l*, kterým protéká proud *I*, je dána (v případě, že vodič je kolmý na směr $\vec{B}$) známým vztahem $F = B\,I\,l$. Stačí tedy změřit proud a sílu a pak vypočítat hodnotu magnetické indukce. Problémem ale mohou být přívody, jimiž k danému vodiči přivádíme proud. Nejsou-li „nekonečně měkké“, mohou za vodič tahat a ovlivňovat měřenou sílu. Výhodnější proto může být měřit sílu, která působí na magnet, v jehož blízkosti je vodič s proudem. Podle principu akce a reakce musí být její velikost stejná jako velikost síly působící na vodič.

Obr. 3. Vodič s proudem působí na magnet silou ve svislém směru

Měříme-li svislou sílu působící na magnet v uspořádání podle Obr. 3, pak proud tekoucí svislými částmi vodiče sílu neovlivňuje, uplatní se opravdu jen část vodiče délky *l*. Sílu ve svislém směru můžeme měřit tak, že magnet postavíme na nemagnetický podstavec stojící na malých digitálních vahách.

V konkrétním případě byl použit neodymový magnet o rozměrech 25×15×2 mm, vodič měl délku l = 15 mm a proud, který jím protékal, byl měněn v rozmezí 1 až 5 A. Změřená síla byla skutečně přímo úměrná proudu. Pro I = 5 A byla naměřena síla 7,5 mN; magnetická indukce pak vychází

$$B = \frac{F}{I\,l} = \frac{7{,}5\cdot 10^{-3}\ \mathrm{N}}{5\ \mathrm{A}\cdot 1{,}5\cdot 10^{-2}\ \mathrm{m}} = 0{,}1\ \mathrm{T}\ . \qquad (1)$$

I z tohoto měření tedy vyšla výrazně nižší hodnota než (naivně?) očekávaných více než 1 T. Je dokonce ještě o dost nižší než v případě velkého neodymového magnetu. Nešlo by tyto hodnoty ověřit ještě jiným nezávislým měřením?

4. Měříme B pomocí síly potřebné k odtržení dvou magnetů

Poslední způsob měření, který zde uvedeme, nevyžaduje žádné vodiče s proudem ani elektrické měřicí přístroje, vystačíme při něm s pouhým siloměrem.

Naše měření bude vycházet z jednoduchého problému: *jak velkou silu při sobě drží dva magnety*? Neboli, jak velkou silou je od sebe odtrhneme? I když jde o docela praktický problém, jehož řešení lze najít ve starých učebnicích, nebývá mnohdy při výuce elektřiny a magnetismu diskutován. A přitom jde o jednoduchou a hezkou aplikaci vzorečku pro energii magnetického pole. V případě homogenního pole v prostoru o objemu *V*, je energie magnetického pole E_m rovna $E_\mathrm{m} = \frac{1}{2}\vec{H}\cdot\vec{B}\,V$.

Pokud dva magnety s póly původně „připlácnutými“ na sebe vzdálíme o malou vzdálenost x a plocha pólu magnetu je S, vznikne mezi nimi malý prostor o objemu $V = S\,x$. Magnetická intenzita ve vzduchu mezi magnety je prakticky stejná jako ve vakuu, takže $H = B/\mu_0$ a energie magnetického pole v mezírce mezi magnety je

$$E_\mathrm{m} = \tfrac{1}{2}\vec{H}\cdot\vec{B}\;S\,x = \frac{B^2}{2\,\mu_0}\,S\,x\ . \tag{2}$$

Nepatrným posunutím magnetů se prakticky nezměnilo magnetické pole jinde v prostoru, takže celková energie soustavy magnetů a s nimi spjatého magnetického pole se zvětšila právě o hodnotu danou (2). Odkud se toto zvýšení energie vzalo? Jediným zdrojem je práce, kterou jsme vykonali, když jsme magnety od sebe odtrhávali:

$$W = F\cdot x\ , \tag{3}$$

Porovnáním (2) a (3) pak okamžitě dostáváme pro sílu vztah

$$F\ = \frac{B^2}{2\,\mu_0}\,S\ . \tag{4}$$

Pro dva malé ploché magnety o průměru d = 1 cm (a výšce 2 mm) je síla pro jejich odtržení asi 8 N, z čehož ze (4) po úpravě vychází

$$B\ = \sqrt{\frac{2\mu_0 F}{S}}\ = \sqrt{\frac{2\cdot 4\pi\cdot 10^{-7}\left(\mathrm{T}^2\cdot\mathrm{m}^2\cdot\mathrm{N}^{-1/2}\right)F}{(\pi/4)\cdot d^2}}\ \doteq 0{,}18\ \mathrm{T}\cdot\frac{\sqrt{F/1\ \mathrm{N}}}{d/1\ \mathrm{cm}}\ \doteq 0{,}5\ \mathrm{T}\,.$$

5. Proč není *B* vyšší…

Proč jsme u neodymových magnetů nenaměřili B v hodnotě 1 T nebo vyšší? Pojďme se na situaci podívat trochu podrobněji.

Magnetická indukce u pólu, těsně nad povrchem magnetu, je stejná jako magnetická indukci *pod* povrchem magnetu. (Normálové složky $\vec{B}$ jsou totiž na rozhraní spojité a běžné magnety jsou zmagnetovány tak, že u pólu je $\vec{B}$ kolmá na povrch magnetu.) Potřebujeme tedy zjistit, jaká je magnetická indukce *uvnitř* magnetu.

Uvnitř magnetu z magneticky tvrdého materiálu je magnetická indukce dána vztahem

$$\vec{B} = \mu_0\vec{H} + \vec{P}\ , \tag{5}$$

kde $\vec{H}$ je magnetická intenzita a $\vec{P}$ magnetická polarizace. Magnetická remanence B_R, uváděná výrobci, je přitom hodnota B při H = 0. Ze vztahu (5) vidíme, že $B_\mathrm{R} = P$ (při H = 0).

Pro neodymové magnety můžeme považovat P přibližně za konstantní (pokud není vnější pole opravdu velmi silné, třeba $H \gtrsim 10^6$ A/m, viz např. [5]). Zdá se tedy, že v magnetu by mělo být i $\vec{B}$ prakticky konstantní a rovno $\vec{P}$. Přece pokud nebudíme magnetickou intenzitu například tak, že bychom dali magnet do cívky s proudem, bude uvnitř magnetu H = 0, nebo ne? Takže B uvnitř magnetu (a venku těsně u jeho

pólů) by mělo být alespoň přibližně rovno magnetické remanenci B_R, tedy mít hodnotu přes 1 T! Nebo snad uvnitř magnetu není $H = 0$?

Právě že není. A dokonce tam $\vec{H}$ míří proti směru $\vec{P}$. Ukáže to následující úvaha vycházející z Ampérova zákona.

Součet příspěvků $\vec{H} \cdot \Delta\vec{r}$ po uzavřené křivce je podle Ampérova zákona roven celkovému proudu I protékajícímu plochou, kterou křivka ohraničuje. Na VŠ úrovni to zapíšeme pomocí křivkového integrálu: $\oint_c \vec{H} \cdot \overrightarrow{dr} = I$. Situaci ukazuje obr. 4, křivka c značená čárkovaně je magnetická indukční čára.

Obr. 4. Magnetická indukce B a magnetická intenzita H vně a uvnitř magnetu

V našem případě ovšem máme jen trvalý magnet, žádný proud zde není, $I = 0$. To znamená, že $\oint_c \vec{H} \cdot \overrightarrow{dr} = 0$, celkový součet příspěvků magnetické intenzity je nulový. *Vně* magnetu přitom $\vec{H}$ míří ve směru $\vec{B}$ (neboť $\vec{H} = \vec{B}/\mu_0$), tedy ve směru obíhání křivky c, viz obr. 4.

Aby byl křivkový integrál nulový, musí nutně *uvnitř magnetu* $\vec{H}$ mířit proti směru obíhání křivky, tedy *proti* směru $\vec{B}$. Jak ukazuje detail na obr. 5, je proto výsledná magnetická indukce B menší než P.

Obr. 5. Magnetická polarizace P, intenzita H a indukce B uvnitř magnetu

Na kvantitativní výpočty zde v krátkém článku není místo, ale vidíme, že výsledná indukce B u magnetu může být i výrazně menší než P, tedy než magnetická remanence B_R. Nesmíme se tedy divit, že jsme naměřili jen pár desetin tesla.

6. … a přece jen ho vyšší uděláme!

Můžeme s našimi magnety vytvořit vyšší hodnoty B? Ano, ale musíme dosáhnout toho, že H vně magnetu bude malé. Například tak, že póly magnetu spojíme materiálem o velké relativní permeabilitě μ_r. Pak $H = B/(\mu_0 \cdot \mu_r)$ bude malé, viz Obr. 6, takže i $\mu_0 H$ v magnetu může být výrazně menší, než P. Magnetická indukce pak může být blízká magnetické remanenci B_R.

Obr. 6. V uzavřeném magnetickém obvodu je *B* větší.
Větší je proto i síla potřebná k odtržení magnetů.

Síla potřebná k odtržení takovéto soustavy magnetů je opravdu výrazně větší: čtveřice neodymových magnetů o průměru 1 cm drží u sebe např. dvě pětikoruny značnou silou. Nahradíme-li pětikoruny většími kusy železa s rovným povrchem, je k jejich odtržení potřeba síly přes 140 N. Šestnáct těchto malých magnetů, ač samy dohromady neváží ani 20 gramů, pak udrží hmotnost přes 55 kg! Ze vztahu (4) pak vychází *B* rovno téměř 1,1 T.

Druhá možnost, jak získat *B* blízké B_R, je použít dlouhé tenké magnety: Magnetický tok vně magnetů je rozložen do velké plochy, proto je *B* na většině magnetické indukční čáry vně magnetu malé, stejně tak i *H*, takže v magnetu i těsně u pólu je *B* velké. Tomu odpovídá i síla odtržení: pro magnety o průměru 5 mm o délce 1,5 cm naskládané do délky asi 10 cm je síla na jejich odtržení asi 7 N; což dle (4) odpovídá *B* přibližně 1 T.

Závěr

Více pokusů a jejich rozboru se bohužel do tohoto článku nevejde; snad na ně bude prostor někdy příště. Doufám, že i výše uvedený stručný popis vám bude inspirací jak pro pokusy, tak pro jejich diskusi ve Vašich třídách.

Literatura

[1] Dvořák L.: *Další nápady z Malé Hraštice 3: co lze měřit na člověku“*. In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 18. Ed. M. Křížová, Hradec Králové 2013. s. 34-38. Dostupné online na http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/18-03-Dvorak.html .

[2] Neomag-magnet, s.r.o.: Neodymové magnety NdFeB. Dostupné online na http://www.neomag.cz/cz/katalog/neodymove-magnety/ .

[3] Vernier CZ: Vybavení pro výuku přírodovědných oborů – čidlo magnetického pole (teslametr). Dostupné online na http://www.vernier.cz/produkty/podrobne-informace/kod/MG-BTA

[4] Pasco.cz: Senzor magnetického pole. Dostupné online na http://www.pasco.cz/produkty/senzor-magnetickeho-pole

[5] PRYSMAG: *Demagnetization Curves of Sintered Nd-Fe-B Magnets. Neo 38-H.* Online: http://prysmag.com/upfile/PDF/Prysmag_Demagnetization_Curve_Neodymium_Magnet_38H.pdf

Kostkovaná hustota

IRENA DVOŘÁKOVÁ
KDF MFF UK Praha

Abstrakt

Příspěvek je věnován návrhu metodiky badatelsky orientované výuky na téma Hustota. Při této výuce jsou využívány pomůcky z běžného života, žáci mají možnost se aktivně na výuce podílet.

Úvod

Tematický celek Hustota se řadí k nejméně oblíbeným tématům ve fyzice v 6. třídě základní školy, kam je obvykle v ŠVP zařazován. Hustota patří k důležitým fyzikálním veličinám, které popisují základní vlastnosti látek, avšak pro žáky je hodně abstraktní, nemají s ní vlastní zkušenost. Navíc je při jejím výpočtu potřeba využívat práci se zlomky, kterou často žáci nemají dobře zvládnutou.

Z tohoto důvodu jsme se s mým asistentem[2], studentem 3. ročníku bakalářského studia učitelství fyziky na MFF UK Františkem Kotmelem, pokusili navrhnout metodiku výuky, která by využívala badatelských prvků, žáci by měli možnost „objevovat“ tuto fyzikální veličinu na základě experimentů a problémů, předkládaných učitelem či asistentem. Tuto výuku jsme také (částečně v tandemu, částečně já sama) v květnu 2015 realizovali. Vzhledem k tomu, že žáci na výuku reagovali velmi dobře a bylo vidět, že je baví s pomůckami pracovat, nabízím tuto metodiku k vyzkoušení i dalším vyučujícím [2].

Pokud potřebujete obecnější informace o principech badatelsky orientované výuky v přírodních vědách, doporučuji k prostudování příručku [3].

Použité pomůcky

Domnívám se, že klíčovou roli při naší výuce sehrály pomůcky, které jsme připravili. Nepoužívali jsme „klasické“ pomůcky, které se na mnoha školách pro měření hustoty používají, tedy malé válečky z různých materiálů (mají objem cca 16 cm^3, bývají ze železa, hliníku, mosazi a plastu). U těchto těles považuji za velkou nevýhodu, že mají tvar válce, žáci tedy musí jejich objem určovat pouze pomocí odměrného válce (vzorec pro výpočet objemu válce v 6. třídě ještě neznají), navíc jsou válečky malé a pro žáky nijak zajímavé.

Naším cílem bylo připravit nejméně 12 dvojic těles tvaru kvádru nebo krychle, přičemž v každé dvojici byla tělesa stejného objemu, ale různé hustoty. Chtěli jsme také, aby byla tělesa dostatečně velká a pokud možno z běžného života. Poměrně jednodu-

[2] Ve školním roce 2014/2015 jsem pracovala v tandemu s F. Kotmelem v rámci projektu Elixír do škol Nadace Depositum Bonum [1].

ché bylo sehnat žulové dlažební kostky (ulice se v Praze opravují neustále, nějakou pohozenou kostku seženete snad i u vás), avšak o něco obtížnější bylo najít kostky (zhruba) pravidelného tvaru. K nim František udělal stejně velké kostky dřevěné.

V prodejně Ferona se mi podařilo koupit krychle o straně 5 cm ze železa, hliníku a mosazi (místní pracovníci se sice trochu divili, ale z několikametrového hranolového profilu mi těch 5 cm uřízli). Podle mého názoru jsou kovové krychle jednak krásné samy o sobě, jako objekt, jednak je (nejen pro žáky) překvapivá jejich hmotnost. K těmto kostkám pak už bylo jednoduché vyrobit stejnou krychli z molitanu a polystyrénu, díky jedné kolegyni z Heuréky jsem získala i krychli voskovou a mýdlovou.

Abychom mohli měřit hustotu kapalin a sypkých materiálů, koupila jsem v prodejně domácích potřeb krychlové plastové krabičky s víčkem, které mají objem 150 cm^3, jsou tedy přibližně stejně velké jako ostatní tělesa. Do krabiček jsem dala příslušný objem vody, lihu, solanky, písku, soli a železných broků, jedna krabička zůstala prázdná. Objem látek v krabičkách tedy žáci neměřili, ten měli zadaný, ale museli určit „čistou“ hmotnost dané látky (tedy odečíst hmotnost prázdné krabičky).

Celá sada pomůcek je vidět na obr. 1.

Obr. 1. Sada žákovských pomůcek pro měření hustoty

Kromě této sady kostek jsme ještě používali digitální váhy. Musela jsem použít dvoje váhy s různým rozsahem, neboť je potřeba vážit tělesa s hmotností od několika gramů až po více než kilogram. Žáci měli svoje pravítka a kalkulačky.

Motivační experiment

Na začátku hodiny jsem nejdříve řekla žákům, že budou pracovat jako vědci a zkoumat úplně novou fyzikální veličinu, o které zatím možná ještě neslyšeli.

Pak jsem jim ukázala velký šroub a malý kus polystyrénu a zeptala se jich, co je těžší, zda polystyrén nebo železo. Děti samozřejmě řekly, že těžší je železo. Pak jsem jim ale ukázala malý hřebíček a větší kus polystyrénu, a položila stejnou otázku. Tentokrát je těžší polystyrén. Vyhrotila jsem tedy problém: Co je tedy těžší – polystyrén nebo železo? Nechala jsem děti chvilku diskutovat mezi sebou, až dospěly k názoru, že na to, abychom zjistili, která látka je těžší, je potřeba vzít stejně velký objem.

Měření objemu a hmotnosti

V další části hodiny žáci dostali k dispozici sadu pomůcek, vybrali si vždy jednu dvojici těles stejného objemu, určili objem a hmotnost těles a zapsali hodnoty jednak do sešitu, jednak na tabuli. (Podrobněji, včetně rozdělení do jednotlivých vyučovacích hodin a s návrhem pracovního listu pro žáky, je metodika popsána v [2].)

Na tabuli jsme tedy měli tabulku naměřených hodnot (viz Obr. 2):

Obr. 2. Tabulka naměřených hodnot

Žáci již mohli porovnávat, zda je těžší např. písek nebo sůl, voda nebo líh, apod., a nedělalo jim to potíže. Pak jsem jim položila otázku, zda je těžší žula nebo hliník a nechala jsem je přemýšlet, zda jsou schopni to určit z již naměřených hodnot. Poměr-

ně brzy přišel ze třídy nápad, že když spočítáme hmotnost 1 cm^3 dané látky, můžeme určit, který z materiálů je těžší.

Zavedení pojmu hustota

Teprve potom jsem žákům řekla, že prozkoumaly novou fyzikální veličinu, která vyjadřuje hmotnost 1 cm^3 dané látky a jmenuje se hustota. Pro žáky poměrně velmi náročný byl následující úkol, kdy měli určit, jaká by mohla být jednotka této nové veličiny. Úvahou jsme pak došli ke vzorci, k dalším jednotkám a také jejich vzájemným převodům.

Závěr tematického celku již byl celkem standardní – hledali jsme hustoty látek v tabulkách, řešili různé úlohy (ale pouze úvahou).

V metodice [2] je uveden jednak postup, kdy učitel pracuje v druhé vyučovací hodině při odvozování nové veličiny a jejích jednotek s žáky frontálně (tak jsem výuku ve školním roce realizovala já), jednak zatím nevyzkoušený, ale podle mého názoru vhodnější způsob, kdy žáci pracují ve dvojicích podle pracovního listu.

Závěr

Vzhledem k tomu, že podle reakcí žáků je uvedený způsob výuky tematického celku Hustota zaujal, nabízím tuto metodiku k vyzkoušení i dalším učitelům. Pokud ji ve svých třídách použijete, budu velmi ráda, když mi napíšete nebo řeknete svoje zkušenosti, abych mohla text případně dále upravovat.

Literatura

[1] http://nadacedb.cz/elixir-do-skol/tandemy
[2] Dvořáková, I.: *Hustota – metodický článek*, dostupné z http://kdf.mff.cuni.cz/heureka/clanky-a-materialy
[3] Průvodce pro učitele badatelsky orientovaným vyučováním, Sdružení Tereza, Praha 2013, dostupné z http://www.zsmltu.cz/dum/BOV/BOV/DATA/01_PRUVODCE_PRO_UCITELE/00_PR%D9VODCE_CELA_KNIHA/01_Pruvodce_pro_ucitele.pdf

Slapové jevy a gravitační manévr

TOMÁŠ FRANC
Gymnázium, Litoměřická 726, 190 00 Praha 9

Abstrakt

V článku je představena disertační práce s výsledky výzkumu, který byl zaměřen na znalosti českých žáků o *gravitaci* s důrazem na *slapové jevy* a *gravitační manévr*. Součástí práce je detailní a ucelený přehled o zmíněných jevech, který v českém jazyce dosud zcela chyběl. Pro lepší pochopení obou jevů jsme vytvořili několik animací, které v článku vyjmenujeme. Veškeré výpočty v disertační práci jsou na úrovni střední školy, obě témata tak mohou být bez problémů zařazena do výuky (nejspíše semináře) jako její velmi zajímavé oživení.

Úvod

Vhodným oživením např. fyzikálního semináře je zařazení méně známých témat, avšak velmi zajímavých. Takovými tématy jsou bezesporu *slapové jevy* a *gravitační manévr*. O znalostech a zájmech žáků (nejen) o těchto tématech jsme provedli rozsáhlý výzkum. Ucelený text zabývající se těmito tématy v podstatě neexistuje, respektive existuje – je jím prezentovaná disertační práce [1], která kromě výsledků výzkumu obsahuje právě komplexní pohled na *slapové jevy* a *gravitační manévr*. Vše je vysvětleno na středoškolské úrovni, jakoukoli část obou témat je tedy možné bez problémů použít ve výuce. Disertační práci se všemi součástmi je možné volně stáhnout na adrese [2]. Kdyby přeci jenom někomu informace obsažené v disertační práci nestačily, velmi dobře mu poslouží rozsáhlý seznam literatury, který může sloužit jako rozcestník pro hlubší studium.

Výzkum znalostí

Výzkum zaměřený na znalosti žáků o *gravitaci* s důrazem na *slapové jevy* a *gravitační manévr* byl proveden na 13 školách z celé České republiky. Celkem se výzkumu zúčastnilo 800 žáků druhých a třetích ročníků čtyřletých gymnázií a odpovídajících ročníků víceletých gymnázií. Ze zúčastněných žáků bylo 443 dívek (55 %) a 353 chlapců (45 %). Průměrný věk žáka byl 16,84 let a průměrná známka z fyziky 2,39. Výzkum probíhal formou dotazníkového šetření, před tím byla provedena pilotáž otázek obsažených v dotazníku. Odpovědi žáků byly přepsány do elektronické podoby a jsou součástí práce, odpovědi je tedy možné dále zpracovávat, případně mohou sloužit jako podklad pro další podobně zaměřený výzkum. Dále uvádíme několik příkladů otázek, na které žáci odpovídali.

Příklady otázek z dotazníku

- Jaké další výhody může podle Tebe technika gravitačního manévru přinášet (kromě změn směru letu a rychlosti)?

- Pomocí kterých fyzikálních zákonů můžeme změny rychlosti sondy vysvětlit?
- Víš o tom, že stále vidíme pouze určitou část povrchu Měsíce, zatímco jinou část povrchu Měsíce ze Země nikdy neuvidíme (v průběhu jeho obíhání kolem Země)? Uměl(a) bys tuto skutečnost vysvětlit?
- Působí na Zemi větší gravitační silou Měsíc nebo Slunce? Odpověď zdůvodni (bez výpočtů).

Výsledky výzkumu znalostí

Každá otázka z dotazníku byla detailně vyhodnocena, v článku uvádíme pouze vybrané obecné závěry:

- značná část žáků vůbec neodpovídala (průměrně 33 % žáků na danou otázku neodpovědělo, míra nezodpovězení se pohybovala od 3 % do 83 %) – jednalo se spíše o dívky
- odpovědi žáků často nic nevysvětlují
- otevřené otázky jsou velmi problematické (žáci je nechávají bez odpovědi, průměrně je nechávalo bez odpovědi 41 % žáků, míra nezodpovězení se pohybovala od 15 % do 83 %)
- žáci zaměňují různé pojmy: *gravitační zákon, gravitační pole, gravitace, gravitační síla, gravitační zrychlení, gravitační konstanta*
- byly odhaleny možné miskoncepce, které dále uvádíme a které by mohly být podrobeny novému výzkumu kvůli určení, zda se skutečně jedná o miskoncepce, nebo jde o nepochopení otázek z dotazníku, nalezené miskoncepce v podstatě souhlasí s výsledky zahraničních výzkumů

Možné miskoncepce

- konečnost gravitačního pole
- gravitační pole ve vakuu neexistuje, gravitační pole je vázané na atmosféru
- pouze některá tělesa ve vesmíru mají gravitační pole
- ve vesmíru, kde je vakuum, a tedy žádné tření, sondy nezpomalují
- sondy ve sluneční soustavě létají rovně, neboť jde o nejkratší možnou spojnici mezi dvěma body
- Měsíc kolem své osy nerotuje
- velikost gravitační síly závisí na velikosti tělesa
- gravitační působení mezi tělesy je jednostranné

Slapové jevy

Tato kapitola v disertační práci podává velmi komplexní pohled na problematiku slapových sil, vysvětluje vznik přílivu a odlivu a zaměřuje se rovněž na související, méně známé jevy. Z méně známých jevů obsažených v práci jmenujme např. *slapový ohřev* vedoucí k *vulkanické* a *kryovulkanické činnosti* nebo *změny vzdáleností měsíců od planet*. Jedná se v podstatě o studijní text, který může sloužit jak učitelům při jejich přípravě na výuku, tak žákům, kteří si danou problematiku chtějí sami nastudovat. Text obsahuje velké množství výpočtů a vzorců (včetně jejich odvození), pro lepší pochopení je vše doplněno velkým množstvím názorných obrázků. S touto kapitolou souvisí pět animací, jedná se o:

- Pohyb Země kolem barycentra
- Nesprávný pohyb Země kolem barycentra
- Slapové síly
- Perioda slapů
- Jedna strana Měsíce

Jako příklad obrázku, který může pomoci lepšímu pochopení faktu, že vidíme pouze část povrchu Měsíce, uvádíme obrázek 1.

Gravitační manévr

Gravitační manévr, populárně označovaný jako *gravitační prak*, je název pro techniku či způsob obletu planety (nebo měsíce), kdy sonda vhodně přiletí k planetě či měsíci a gravitační síla planety (měsíce) ji buď urychlí, nebo zpomalí vůči Slunci (vůči planetě). Navíc sonda změní směr letu, často i rovinu, ve které se původně kolem Slunce (planety) pohybovala. To vše sondě šetří zejména palivo, se kterým by jinak musela startovat. *Gravitační manévr* již využilo mnoho sond a s jeho využitím se počítá i pro sondy budoucí.

Součástí kapitoly je rozsáhlý seznam sond (jistě však není kompletní), které techniku *gravitačního manévru* použily, dále je zde vysvětleno použití *gravitačního manévru* v konkrétních situacích. Jako příklad obrázku z této kapitoly uvádíme Obrázek 2, na kterém je znázorněn typický průběh rychlosti sondy během *gravitačního manévru*.

Příslušnou kapitolu v disertační práci opět můžeme chápat jako inspiraci pro učitele či jako studijní text pro zvídavé žáky. Text je opět doplněn vysvětlujícími obrázky a součástí je 13 animací letů sond, které využily techniku *gravitačního manévru*: *Pioneer 10 a 11* (společně v jedné animaci), *Voyager 1 a 2* (společně v jedné animaci), *Galileo, Ulysses, NEAR Shoemaker, Cassini, Stardust-NExT, Rosetta, MESSENGER, Deep Impact-EPOXI, New Horizons, Dawn* a *Juno*. Animace byly vytvořené pomocí skutečných souřadnic letu sond poskytnutých NASA na adrese [3], nejedná se tedy o žádné modelové simulace. Návod na vytvoření takové animace z reálných souřadnic letu sondy jsme již prezentovali v článku [4].

Obr. 1. **Porovnání vázané rotace Měsíce a situace, kdyby Měsíc kolem osy nerotoval.** Obrázek není ve správném měřítku a nejsou v něm znázorněné slapové výdutě. Rotace Země je naznačena červenou šipkou, Měsíc kolem Země obíhá stejným směrem, jako Země rotuje kolem osy, Měsíc rovněž kolem své osy rotuje tímto směrem. V obrázku vlevo je znázorněna vázaná rotace, kdy se člověk na Měsíci společně s Měsícem otáčí, ale v tomto postavení by nikdy na Zemi nedohlédl (nachází se na odvrácené straně). V obrázku vpravo Měsíc kolem osy nerotuje a člověk na Měsíci by tak postupem času na Zemi viděl, protože by směřoval stále ke stejným vzdáleným hvězdám. Častým špatným vysvětlením, proč vidíme stále stejnou část povrchu Měsíce, je, že Měsíc kolem osy nerotuje. Jak ale ukazuje obrázek vpravo, v tomto případě bychom postupně měli možnost vidět celý měsíční povrch. Pro lepší pochopení tohoto jevu jsme vytvořili animaci *Jedna strana Měsíce*.

Závěr

Témata *slapové jevy* a *gravitační manévr* představují zajímavé oživení výuky fyziky. Komplexní přehled těchto témat je obsažen v prezentované disertační práci, která obsahuje velké množství vysvětlujících obrázků a je doplněna 18 animacemi. Samotný text vychází z výsledků rozsáhlého výzkumu, kterého se zúčastnilo 800 žáků z celé České republiky. Součástí práce je rozsáhlý seznam literatury, který jistě poslouží všem zájemcům o hlubší problematiku. Vše je možné volně stáhnout z adresy [2].

Poděkování

Výzkum znalostí proběhl za podpory především *Grantové agentury Univerzity Karlovy* (číslo smlouvy 341311). Dále děkujeme *Astronomickému ústavu Univerzity Karlovy* za poskytnutí webového prostoru na adrese [2].

Obr. 2. **Průběh rychlosti sondy MESSENGER vůči Slunci během průletu kolem Země.** Černé body označují vstup do sféry gravitačního vlivu Země a výstup z ní. Čas na vodorovné ose představuje dobu před nejtěsnějším přiblížením k Zemi a dobu po něm. Vidíme, že došlo k poklesu rychlosti vůči Slunci, konkrétně o 4,05 $\mathrm{km \cdot s^{-1}}$. Graf byl vytvořen pomocí skutečných dat získaných z [3].

Literatura

[1] Franc T.: *Vybrané gravitační jevy ve vesmíru a jejich přiblížení středoškolákům*. Disertační práce. Matematicko-fyzikální fakulta, Astronomický ústav Univerzity Karlovy. Školitel Marek Wolf. Praha, 2014.
[2] http://sirrah.troja.mff.cuni.cz/~franc/
[3] http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi
[4] Franc T.: *Animace letů vesmírných sond*. In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 17. Ed.: Koudelková V. P3K, Praha, 2012, s. 87-91.

Mobile laboratories of the „Academy of Young Explorers”

ANNA HAJDUSIANEK, IRENEUSZ HAJDUSIANEK*
** Department of Fundamental Problems of Technology, Wrocław University of Technology*

As part of the “Academy of Young Explorers” project, new experiments have been developed that can be presented in lower- and upper-secondary schools, as well as during classes with children. We would like to present the ideas and solutions that we use. The aim of these experiments is to broaden the pupils’ knowledge of physics and to convince them that physics is a useful field of science that has much to do with engineering and the world surrounding us.

“Academy of Young Explorers” Centre

The “Academy of Young Explorers” Centre (http://www.amo.pwr.edu.pl) runs a series of popular science lectures and laboratory classes for children and the youth. Our aim is to raise interest in exact sciences among children and young people.

This year, the “Academy of Young Explorers” Centre organized for the first time a series of laboratory classes addressed to students of senior high schools. Tools for carrying out laboratory exercises have been designed especially for them.

The exercises designed reflected the tasks included in high school graduation exams, obligatory exercises from the core curriculum, but also some extra exercises related to the students’ interests (e.g. determining liquid viscosity, examining the surface tension of a liquid or the step voltage effect). The aim of the classes was to teach the young people to measure physical quantities and process them. Hence, the task of the students was to carry out the experiment on their own, correctly write the collected data in the table, calculate the required quantities and estimate measurement uncertainties. The groups that took part in the classes, were made up of 15 to 30 students, while the laboratory teams were composed of 2-3 people.

The laboratory classes are a pilot project. It was conducted at selected schools (the schools signed up themselves for the project) in four cities of the Dolnośląskie Province: Jelenia Góra, Zgorzelec, Brzeg Dolny, and Duszniki-Zdrój. Most of the classes were held at the Wrocław University of Technology Branch in Jelenia Góra (about 10 meetings). The topics of the classes were agreed on with the participants or sometimes were even chosen based on their requests to satisfy their curiosity, complete their knowledge of physics or prepare them better for the high school graduation exams.

Participation in the project was free of charge, it was financed by Wrocław University of Technology and Boeing Company. The project will be continued in the 2015/2016 school year.

Completing the experiment sets for the students was a great organizational challenge. They had to meet the following criteria:

- each exercise had to be prepared to be conducted for at least 7 times,
- the experiment sets had to fit into a passenger car and take up as little space as possible,
- they had to have modular structure – one set could be made of modules used in another experiment,
- the sets had to be safe for the user,
- the carrying out of the experiments had to be feasible in classroom conditions,
- the sets had to be durable and not too expensive,
- due to financial restrictions, the quantities measured had to be measurable with sufficient accuracy using simple and cheap tools.

The complexity of the sets had to be adjusted to the skills of an average student (in many cases, the students came across such measuring tools as multimeter for the first time). Also, the complexity of calculations had to be taken into consideration, so that the students could quickly calculate the required values. As the differential and integral calculus has been withdrawn from the curriculum of most high schools, it could not be used. During laboratory classes, the participants were taught to pay attention to the estimation of uncertainty measurements and their reasons.

Over 30 laboratory exercises from various areas of physics were designed for the project. The experiment sets addressed issues relating to electricity, thermodynamics, geometric and wave optics, mechanics, and nanotechnology.

In the remaining part of the article, the authors confine themselves to describe a number of examples of experiments that are included in the sets:

1) examination of semiconductor diodes (rectifier diodes and LEDs),
2) measurement of temperature-dependence of electrical resistance in a semiconductor and in metal,
3) determining the focal length of lenses,
4) verifying Kirchhoff's laws.

Examination of semiconductor diodes (rectifier diodes and LEDs)

Current and voltage characteristics of diodes is an issue often present in high school graduation exams. During our classes, the students:

- measured the current and voltage characteristics of rectifier diodes, carried out at two different temperatures (a rectifier diode, simple electrical meters and a thermos mug filled with hot water were used in the experiment),
- measured the current and voltage characteristics of LEDs emitting light of known wavelength, and calculated the Planck constant on its basis,
- assembled a Graetz circuit and learned about its functioning.

Assembling of the Graetz circuit attracted the most interest. The students were given 4 LEDs and a screwdriver. The application of LEDs allowed them to check quickly if the circuit is built correctly and determine which diodes are conducting electricity at a given moment.

The students' task was to connect the elements of the circuit in a correct way and verify its functioning by connecting it first to a DC power supply and reversing the direction of current by switching the poles. In the second step, the circuit was connected to a variable frequency generator. By observing the sequence of diode lighting, the students checked if the circuit is correctly assembled. In their own opinion, this experiment helped them greatly in understanding the functioning of diodes.

Measurement of temperature-dependence of electrical resistance in a semiconductor and in metal

This is a typical experiment, compulsory in senior high schools. It is conducted with the use of Pt-100 thermocouple, NTC thermistor, and a simple ohmmeter. The temperature of the elements was changed by putting them, in a sequence, into 10 thermos mugs filled with water, each with a higher temperature, measured by the students.

a)

b)

Fig. Measurement of temperature-dependence of electrical resistance in a semiconductor and in metal: a) Pt-100 Thermocouple, b) NTC Thermistor.

Determining the focal length of lenses

Ihis is also a very popular experiment that makes use of an optical table, light source, screen, and the examined lens.

As an extra element, the light source was designed in such a way to allow changing the wavelength of the emitted light from blue to red. In this way, the students had an opportunity to observe optical aberrations in the lens.

Verifying Kirchhoff's laws

The students checked the Kirchhoff's first and second law, using a circuit presented in the photo. With the use of potentiometers, one can alter the current intensity in the individual paths, causing voltage drops on the resistors. It is possible to match the current settings in such a way that no current is flowing through the central path. Using multimeters, the students measure the current intensity and voltage at selected points.

Netradiční úlohy z FYKOSu

MIROSLAV HANZELKA, KAREL KOLÁŘ A KOL.
Matematicko-fyzikální fakulta UK

V příspěvku se krátce zmíníme o Fyzikálním korespondenčním semináři FYKOS a jeho historii a popíšeme některé zajímavé úlohy z posledních ročníků semináře. Klademe přitom důraz na úlohy vymykající se vzdělávacím plánům SŠ.

Korespondenční seminář FYKOS a jeho historie

Fyzikální korespondenční seminář FYKOS je jedním z mnoha odborných seminářů pro střední školy pořádaných Matematicko-fyzikální fakultou UK [1]. Jeho náplní je popularizace fyziky mezi středoškolskými studenty a motivace k jejímu dalšímu studiu na vysokých školách.

FYKOS byl založen v roce 1987 a od té doby prošel mnoha změnami, ale základní formát je stále stejný: V průběhu školního roku je vydáno několik sérií úloh, které studenti samostatně vyřeší a odešlou organizátorskému týmu. Opravené a okomentované úlohy jsou poté poslány zpět spolu se vzorovým řešením. Na konci roku jsou nejúspěšnější řešitelé odměněni naučnou literaturou a dalšími cenami.

Již od druhého ročníku semináře se pravidelně pořádají **soustředění** pro nejlepší řešitele, kde mají studenti možnost prohloubit své znalosti fyziky a matematiky a seznámit se s vrstevníky se zájmem o tyto exaktní vědy. Postupem času k základnímu běhu semináře přibyly další akce:

- **Den s experimentální fyzikou** (DSEF) je od roku 1996 pravidelná akce, na které mají studenti možnost prohlédnout si pracoviště na MFF UK a dalších vědeckých institucích v Praze. Od pracovníků fakulty dostanou odborný výklad k aktuálnímu výzkumu v oblasti experimentální fyziky.
- **Týden s experimentální fyzikou** (TSAF) je nepravidelně pořádaná akce, která započala výjezdem do CERNu v roce 1996. Podobně jako DSEF si klade za cíl seznámit středoškolské studenty s moderními fyzikálními pracovišti, ale cílí spíše na zahraniční vědecká centra.
- **FYKOSí Fyziklání** je týmová soutěž v řešení fyzikálních úloh. Letos (2015/2016) se koná již desátý ročník, pravidelně se jí účastní kolem sedmdesáti pětičlenných týmů. Mezi soutěžícími jsou studenti z ČR i SR.
- **Fyziklání online** je internetová verze Fyziklání [2]. Kromě středoškolských studentů se ho mohou účastnit i zahraniční studenti odpovídajících školních ročníků. Existuje i kategorie Open pro tým libovolného složení.
- **FYKOSí přednášky** probíhají od roku 2011, od letoška dvakrát ročně (jarní a podzimní). Na každé přednášce se probírá pokročilé středoškolské fyzikální téma. Nově je možné si u FYKOSu objednat **výjezdní přednášku** přímo na školu zájemce, což uvítají mimopražští studenti.

Typy úloh

V prvé řadě je potřeba zmínit, že úkolem FYKOSu není nahradit standardní školní výuku. Předpokládá se, že studenti jsou seznámeni s učivem fyziky na úrovni předepsané vzdělávacími plány. Obecně by úlohy rozesílané naším seminářem měly studenty donutit vydat se za hranice předepsaných učebnic a rozšířit své vzdělání.

FYKOS v průběhu roku rozešle šest sérií po osmi úlohách, které se dělí do čtyř typů:

Jednoduchá úloha alias **rozcvička –** v každé sérii jsou dvě. Tuto úlohu by měl vyřešit každý středoškolský student pomocí znalostí nabytých z hodin fyziky. Proto obvykle neobsahuje učivo ze třetího a čtvrtého ročníku, aby byla přístupná celému spektru řešitelů. Nejedná se však o zadání typu „dosaď do vzorečku“, těch jsou plné sbírky. Úloha může kombinovat více fyzikálních okruhů nebo vyžadovat krátké zamyšlení. Je vhodné, když se týká reálně pozorovatelného fyzikálního jevu, úkolem řešitele je pak nalézt jednoduchý princip, který za jevem stojí.

Tato úloha má také otestovat, zda řešitelé ovládají základní matematické a fyzikální dovednosti. Těmi myslíme správné zaokrouhlování, převody jednotek, rozměrovou zkoušku a další. Jelikož mladší a nezkušení studenti se i nad touto úlohou mohou trochu potrápit, je bodový zisk pro první a druhý ročník zdvojnásoben.

Normální úloha. Každá série obsahuje tři takovéto úlohy. Termínem normální se nemyslí, že by se jednalo o běžný učebnicový příklad. Naopak, některé z těchto úloh jsou často na úrovni Fyzikální olympiády a vyžadují od studentů podrobné výpočty a odhady. Jejich obtížnost odpovídá (první normální úloha je jen o trochu těžší než rozcvička, třetí může být oříšek i pro absolventa gymnázia).

U normálních úloh se již neklade takový důraz na detaily jako u jednoduchých úloh, zato se však velmi dbá na správné pochopení fyzikálních principů a odůvodnění správnosti výsledků.

Problémová úloha je v každé sérii jedna. Jedná se o velmi pokročilý nebo obecný problém, který středoškolák (a často i vysokoškolák) nedokáže vymyslet. Očekává se více „přírodopisné“, popisné řešení úlohy, založené na (kvalifikovaných) odhadech a studiu literatury. Sepsání řešení zabere více času než u normálních úloh, a je proto náležitě bodově ohodnoceno.

Experimentální úloha je také jedna na sérii. Na mnoha školách se fyzikální praktika zanedbávají, zadání proto mohou čerpat ze školních sbírek. Je vhodné, když řešitel zažádá o půjčení školních pomůcek, ale není to nutné. Hlavním znakem správného řešení je samostatné vypracování, rozmyšlení teoretického pozadí a použitých metod a především zpracování a diskuse výsledků – i nezdařené, ale dobře diskutované měření by mělo být kladně ohodnoceno.

Vybrané úlohy z 28. ročníku

Následuje výběr úloh, které se velmi odlišují od typických příkladů ze školních sbírek a jsou význačné i v rámci úloh FYKOSu. Jejich kompletní řešení naleznete na stránkách semináře [1].

Proudivé proudnice (série I., úloha 2 – jednoduchá)

Nakreslete do obrázku proudnice. Do obou otvorů se šipkou vtéká stejné množství vody, všechna voda pak vytéká jediným, třetím otvorem. Proudění je ustálené a probíhá dostatečně pomalu, abychom ho mohli považovat za nevířivé.

Obr. 1. Zadané řečiště

Obr. 2. Vybrané proudnice

Tato úloha je atypická tím, že nevyžaduje žádné výpočty. Pro ustálené proudění jsou proudnice totožné s trajektoriemi. Řešitelé si pouze musí uvědomit, že se proudnice nesmějí křížit, spojovat a štěpit a že se v oblastech s rychlejším prouděním „zhušťují“.

Svatá Anna chladna z rána (série II., úloha 1 – jednoduchá)

V chladném ranním oparu odcházíte z domu a branka funguje tak, jak má – na zmáčknutí kliky se otevře, po zavření a puštění kliky zůstane zavřená. Odpoledne se vracíte a říkáte si, který lump zase nezavřel... A ejhle, ono zavřít nejde. Ani po stisknutí kliky nezaleze ocelový jazýček natolik, aby prošel kolem hliníkového rámu. Branka je také z hliníku. Kde je problém?

Obr. 3. Náčrtek branky a západky

Zadání řešitelům poutavým způsobem zprostředkovává problém ze všedního života. Rychle si uvědomíme, že zkoumaným jevem je teplotní roztažnost. Úloha vyžaduje náčrtek a pochopení mechanismu západky. Není výpočetně náročná, ale vyžaduje technické myšlení.

Tisícročná včela (série I., úloha 5 – normální)

Spočítejte, jaký výkon potřebuje včela, aby se udržela ve vzduchu, a odhadněte, jak dlouho se vydrží najedená včela vznášet v konstantní výšce.

Obr. 4. Náběh vzduchu na křídlo

Obr. 5. Úhlový rozsah kmitu

Úloha je lehkou narážkou na známý mýtus o tom, že let čmeláka je fyzikálně nemožný. K určení výkonu je potřeba znát práci vykonanou při jednom kmitu křídly a frekvenci kmitů. Výpočet práce nelze provést přesně, řešitel musí problém vhodně aproximovat (křídla jsou tuhé desky, mají pevný úhel náběhu).

V druhé části úlohy zabíháme mírně do biologie, odhady se stávají ještě hrubšími. Rozumné výsledky nacházejí řešitelé v řádu desítek minut až jednotek hodin.

Nerozlučné pouto (série IV., úloha 3 – normální)

Dva sešity A460 zasuneme do sebe tak, že se střídají listy jednoho a druhého sešitu, a položíme je na vodorovný stůl. Jakou práci musíme vykonat, abychom sešity od sebe oddělili, jestliže na sebe listy působí pouze vlastní vahou? Předpokládejte, že taháme v rovině sešitů kolmo na hřbet jednoho z nich a že se na začátku listy zcela překrývají.

Obr. 6. Skládání sil při oddělovaní sešitů

Problém zpopularizovaný televizní show Mythbusters [3]. Výsledná třecí síla roste v závislosti na počtu listů jako součet aritmetické řady, tedy přibližně jako n^2, kde n je počet listů. Řešitelé by si měli uvědomit, že listy nahoře můžeme snadno zanedbávat (začátek aritmetické řady), ale listy naspodu již ne (konec aritmetické řady). Pro zmíněné sešity A460 je potřebná síla zhruba 200 N.

Zahvízdej mi něco (série III., úloha 6 – problémová)

Vysvětlete, na jakém principu funguje hvízdání pomocí úst. Uvažujte přitom nejprve jednoduché modely a postupně přejděte ke složitějším. Pak vyberte nejlepší z nich a na základě něj odhadněte, v jakém rozsahu se může pohybovat základní frekvence hvizdu.

Obr. 7. Náčrtek Helmholtzova rezonátoru

V první části úlohy řešitelé dospějí k závěru, že nejjednodušším, ale dostatečně přesným modelem studovaného jevu je Helmholtzův rezonátor. Druhou část mohou pojmout experimentálně s využitím volně dostupného programu Audacity [4]. Překvapivý může být závěr, že hvizd je ovládán především objemem rezonanční dutiny, nikoli průřezem otvoru (úst), kterým vzduch uniká.

Vodní rozpad (série II., úloha 7 – experimentální)

V jaké hloubce pod vodovodním kohoutkem se rozpadá pramínek vody na kapičky? Jak to závisí na průtoku vody?

Obr. 8. Náčrtek rozpadu pramene při mezní šířce

Jedná se o experiment snadno proveditelný doma. Pramínek vytékající z vodovodu se obvykle ustálí, není proto potřeba ho snímat kamerou. V případě posuzování očima však může být problematické určit, kdy se již proud zcela rozdělil na kapičky – je proto vhodné mít při ruce alespoň fotoaparát. Fyzikální princip, tzv. Plateauova-Rayleighova nestabilita [5], je poměrně náročný na přesný popis, ale k dobrému odhadu postačí i rozměrová analýza.

Literatura

[1] Dostupné z http://fykos.cz 27. 8. 2015
[2] Dostupné z http://online.fyziklani.cz/cs/ 27. 8. 2015
[3] Dostupné z http://www.discovery.com/tv-shows/mythbusters/ 27. 8. 2015
[4] Dostupné z http://audacityteam.org/ 27. 8. 2015
[5] Dostupné z https://en.wikipedia.org/wiki/Plateau–Rayleigh_instability/ 27. 8. 2015

Hrátky s nenewtonovskými kapalinami

RENATA HOLUBOVÁ
Přírodovědecká fakulta UP Olomouc

Abstrakt

Studium viskózních kapalin je předmětem reologie a do obsahu školské fyziky není zařazeno. Žákům je prezentováno několik experimentů většinou jen se škrobovou suspenzí, které si také mohou prohlédnout na celé řadě nahrávek na youtube. V dnešním příspěvku bych chtěla představit dva experimenty, které by mohly jednoduchým způsobem přiblížit problematiku ne-newtonovských kapalin a které jsou také můstkem k fraktální geometrii ve fyzice. První z experimentů je realizován pomocí konzistometru, druhý pomocí Hele-Shawovy buňky.

Konzistivita

Konzistivita či *konzistence* označuje vlastnost kapaliny, která popisuje tečení. Tečení kapaliny je vyvoláno gravitačním působením Země. Kvalitativně bývá konzistivita označována termínem lepivost, máslovitost. Žáci znají pojem *viskozita* – to je fyzikální vlastnost tekutiny, která popisuje velikost odporové síly vůči tečení materiálu. Vzájemná souvislost obou termínů je využívána pro popis konzistence v rámci kontroly kvality látek či při aplikaci materiálů v technické praxi. Viskozitu měříme pomocí viskozimetrů, konzistivitu pomocí konzistometru. Konzistivita či konzistence závisí na viskozitě jednotlivých složek materiálu, povrchu pigmentů (v případě barviv a barev) apod. Viskozita souvisí se střižným napětím. Pro odvození pojmu viskozita lze použít jednoduchý model kapaliny, kterou si představíme složenou z jednotlivých vrstev, které se při tečení po sobě posouvají. Velikost tečné síly, která je potřebná k tomu, aby se vrstvy po sobě pohybovaly, charakterizuje viskozitu kapaliny. Viskozita je charakteristika pohybující se kapaliny, lze ji vyjádřit jako poměr tečného napětí a smykové rychlosti (Newtonův zákon viskozity). Pro danou teplotu je viskozita dané látky konstantní – tzv. newtonovské kapaliny.

Na rozdíl od newtonovských kapalin, viskozita většiny tzv. nenewtonovských kapalin není konstantní, ale její hodnota závisí na tečném napětí i na smykové rychlosti. Pokud tečné napětí roste a viskozita klesá, jsou tyto kapaliny označovány jako *pseudoplastické,* pokud viskozita roste s rostoucím tečným napětím, nazýváme tyto kapaliny *dilatantní.* Pro danou hodnotu napětí viskozita klesá s časem (thixotropie) nebo roste (rheopexie). Řada materiálů vykazuje mezní hodnotu napětí pro to, aby začala téci (plasticita). Do této skupiny látek patří např. gely, tělová mléka, zubní pasty.

Viskozita ovlivňuje konzistivitu, neexistuje však přímý převodní vztah mezi viskozitou a konzistivitou. Pro mnohé technické aplikace zjišťování kvality produktů, např. barev, v kosmetice, v potravinářství – kečupy, hořčice apod., je srovnávací měření konzistivity rychlejší, levnější a jednodušší než měření viskozity, popř. dalších reologických vlastností, které je třeba provádět na drahých viskozimetrech či reometrech.

Ve stavitelství využíváme výsledků měření konzistivity např. cementu, betonu, vzhledem k tomu, jaký má konzistivita vztah ke zpracování (tj. změně povrchového napětí a hustoty vlivem teploty). Co je důležité – absolutní standard měření konzistivity neexistuje.

Většina měření v technické praxi stejně jako i naše měření je realizováno na tzv. Bostwickově konzistometru. Pro školskou praxi lze využít konzistometru ke srovnání kvality různých značek kečupů, hořčice, tekutých mýdel apod. Potravinové řetězce tyto testy provádějí pravidelně.

Konzistometr

Konzistometr (obr. 1) je vyroben z nerezové oceli. Skládá se ze zásobníku, dvířek ovládaných pružinou s velkou tuhostí a kolejnice s vyrytou stupnicí, jejíž dělení je po 0,5 centimetru. Potřebné množství kapaliny pro měření je 75 ml. Po naplnění zásobníku zkoumanou kapalinou jsou dvířka otevřena úderem na západku a kapalinu necháme vytékat po dobu 30 sekund. Odměříme vzdálenost, do které „dotekla“ kapalina během těchto 30 sekund. Tento postup je doporučený výrobcem kozistometru, firmou CSC Scientific Company, Inc.

Obr. 1. Bostwickův konzistometr – pohled shora (se stupnicí)

Obr. 2. Bostwickův konzistometr – pohled z boku

Průběh měření

Průběh měření je patrný na obrázcích.Vzorek kapaliny byl nalit do zásobníku. Úderem na západku byl zásobník otevřen a kapalina začala vytékat. Sledovali jsme uraženou vzdálenost na vyryté stupnici konzistometru.

Obr. 3. Měření konzistivity koupelové pěny

Na obr. 3 je zobrazeno měření konzistivity pěny do koupele – teplota vzorku byla 28 °C, doba měření 15 s.

Uražená vzdálenost pro daný čas uvedená v centimetrech je hledaná konzistence (tzv. Bostwickova hodnota). Pro to, aby kapalina stékala pouze vlivem vlastní tíhy, je třeba, aby kolejnice byla ve vodorovné poloze. K vyrovnání slouží adjustační šrouby. Měření všech vzorků musí být prováděno za konstantní teploty. Při výměně vzorku je třeba konzistometr vyčistit a vysušit. Standardy pro měření jednotlivých kapalin si vytváří každá laboratoř svoje vlastní.

Hele-Shawova buňka

Hele-Shawova buňka je jednoduchá pomůcka pojmenovaná po inženýrovi Henry Selby-Hele-Shawovi (1854-1941). Studoval v Bristolu, pracoval jako inženýr a přednášející matematiky na University College v Bristolu. V roce 1904 založil College of Engineering při Transvaalském technickém institutu. Je autorem mnoha patentů, např. měření rychlosti větru, třecí spojky apod. Hele-Shawova buňka má sloužit k vytváření fraktálových struktur pomocí jednoduchých pomůcek.

Fraktály nejsou obsahem výuky matematiky ani fyziky na střední škole. Ale žáci na ně narazí při brouzdání internetem či v různých jiných souvislostech. Nejsou to totiž žádné nereálné modely. V přírodě najdeme mnoho příkladů fraktálů – mořské pobřeží, hranice států, břehy řek, kapradiny, květák, atd. Charakter fraktálů mají atmosférické děje, turbulence v kapalinách, biologické systémy, vývoj cen akcií a mnoho dalších jevů.

Fraktály jsou nekonečně členité útvary, jejichž geometrický motiv se opakuje v základním tělese až do nekonečna. Nekonečno je nutné chápat jen matematicky, jelikož ve fyzikálním světě vždy existují hranice, za kterými opakování končí.

Fraktály dělíme na:

Soběpodobné – většinou jen čisté matematické struktury, se kterými se lze setkat jen při matematických konstrukcích. Jejich charakteristickým znakem je, že se v nich opakuje původní originální motiv mateřského tělesa. Kterýkoliv výsek je přesnou kopií původního tělesa.

Soběpříbuzné – útvary, se kterými se setkáváme každý den, aniž bychom si uvědomovali, že to jsou fraktály. Jsou to například mraky, lesy, hory, vodní hladina, obyčejný květák, ale dokonce i takové objekty, jako je obličej apod. Pro ně je charakteristické, že kterýkoliv výsek je sice “blízký”, není ale přesnou kopií původního tělesa. Není tedy sobě “podobný”, ale jen “příbuzný”.

Využití Hele-Shawovy buňky

Předmětem zkoumání je chování dvou různě viskózních kapalin, pokud vtlačíme méně viskózní kapalinu do viskóznější či naopak. Vtlačíme-li kapalinu o vyšší viskozitě do kapaliny s viskozitou menší, vznikne hladké rozhraní mezi oběma kapalinami. Kapalina o vyšší viskozitě jako by odtlačila kapalinu méně viskózní. Pokud vtlačíme méně viskózní kapalinu do kapaliny o větší viskozitě, vznikají viskózní kanály (vět-

ve, prsty). Každá větev se dále rozvíjí a vzniká spletitá síť kanálů. Vznikne tak model viskózního větvení (viscous fingering model). Hranice mezi oběma kapalinami je hydrodynamicky nestabilní. Podíváme-li se na vznikající obrazec, potom každý malý výřez je podobný celkové struktuře obrazce – obrázek je soběpodobný, jedná se o fraktál. To, jak obrázek vypadá, závisí na viskozitě použitých kapalin. Dvourozměrný model vzniku těchto obrazců lze realizovat právě pomocí Hele-Shawovy buňky. Tato buňka je tvořena dvěma průhlednými deskami ze skla nebo plexiskla, které jsou položeny na sebe. Kapalinu vtlačíme mezi tyto dvě desky a získáme tak dvourozměrný model fraktálů.

Příprava Hele-Shawovy buňky

Připravíme si dvě skleněné desky o velikosti asi 40×40 cm. Do jedné z desek uprostřed vyvrtáme malý otvor, kterým budeme mezi desky vtláčet kapalinu. Skleněnou desku položíme na rovný podklad, do rohů dáme tenké opěrky pro horní desku. Obě desky k sobě přitlačíme např. čtyřmi svorkami podle obrázku.

Obr. 4. Hele-Shawova buňka

Pomocí injekční stříkačky vtlačíme mezi desku první kapalinu (olej, tekuté mýdlo, glycerol). Postupujeme opatrně, aby nevznikly bubliny. Poté další injekční stříkačkou vtlačíme otvorem mezi desky druhou kapalinu (např. obarvenou vodu, inkoust). Při výměně injekčních stříkaček se snažíme zamezit pronikání vzduchu do štěrbiny. Dbáme na to, abychom vstřikování druhé kapaliny ukončili ještě předtím, než tato dosáhne okraje desky, jinak se vytvoří kanály, kterými začne kapalina vytékat z prostoru mezi deskami. Vytvoření obrazce je částečně reverzibilní – pokud pístem injekční stříkačky pohybujeme zpět, kapalinu nasajeme a kanály se zaplní původní kapalinou. Při oddalování desek od sebe (po ukončení experimentu) vznikají v důsledku pronikání vzduchu do kapaliny další zajímavé útvary.

Obr. 5. Obrazce fraktálů vytvořené použitím tekutého mýdla a inkoustu

Diskuse

Žáci porovnávají obrazce, které vznikají při použití kapalin o různé viskozitě (viskozitu kapalin vyhledají v Tabulkách). V pokročilém kursu fyziky lze nastínit i kvantifikaci experimentu a určit dimenzi fraktálu. Můžeme přitom využít vzájemného vztahu mezi hmotností M, tj. počtu částic či pixelů obrázku fraktálu na ploše o „velikosti R“ (poloměr kruhu) a dimenze D, kdy platí, že $M \sim RD$. Počítáme velikost R výřezu obrazce vzhledem k hmotnosti dané plochy (počtu pixelů v obrázku) v logaritmickém měřítku. Dimenzi lze takto určit jako $D = \frac{\log M}{\log\left(\frac{1}{R}\right)}$. Dimenze fraktálu vzniklého z olivového oleje a vody je např. 1,82. Dimenzi fraktálu lze studovat také v souvislosti s disipací energie – energie potřebná pro odtlačení viskózní kapaliny kapalinou o menší viskozitě by byla větší než je energie potřebná při vzniku těchto kanálků.

Hele-Shawovu buňku lze použít i pro zkoumání granulovaných látek (písky, cukr apod.). V tomto případě buňku postavíme do svislé polohy, mezera mezi oběma des-

kami bude o něco větší a zkoumaný materiál sypeme podél jednoho okraje buňky mezi obě skla. Porovnáváme úhel sklonu nasypaného materiálu.

Obr. 6. Měření charakteristiky granulovaných látek
(převzato ze stránek SEED www.slb.com/seed)

Závěr

Uvedené experimenty mohou být využity v rámci výuky fyziky na středních školách. Experimenty mohou být zařazeny v učivu proudění tekutin, Brownův pohyb, změny skupenství látek, změny stavu materiálu (magnetismus), či v technických aplikacích, např. při těžbě ropy. Nevyžadují nákladné technické vybavení. Konzistometr lze zakoupit popř. vyrobit svépomocí, Hele-Shawova buňka je vyrobena ze dvou kusů skla či plexiskla. Experimenty mají zejména motivační charakter, ale mohou být rozpracovány i v rámci seminárních či ročníkových prací.

Práce vznikla za podpory projektu OPVK Moduly jako prostředek integrace moderní fyziky a chemie, No. CZ.1.07/2.2.00/28.0182.

Literatura

[1] Schlichting, H.J.: Fraktales Wachstum. Physik in der Schule 31(1993), 113-117.
[2] Pittman, R.: Fractal Patterns in a Hele-Shaw Cell. MathlnScience.Info. Dostupné on-line: http://www.mathinscience.info/public/chem_reac_frac/fracpatterns_Hele_Shaw.htm.
[3] McCarthy, K.L., Sacher, R., Garvey, T.C.: Relationship between rheological behavior ond Bostwick measurement during manufacture of ketchup. Journal of Texture Studies, Vol 39, Issue 5, 480–495, 2008
[4] http://www.ksr.tul.cz/fraktaly/geometrie.html
[5] http://projekty.osu.cz/okapousu/prezentace/fraktaly_a_jejich_vyuziti.pdf
[6] Science Kit & Boreal Laboratories, http://www.sciencekit.com/
[7] Guerino, E. et al.: Glycerol & Nematic Liquid Crystal in a Hele-Shaw Cell: Electric Field Effects. NJIT, Department of Mathematical Sciences, New Jersey Institute of Technology, Newark, NJ 07102, USA
Dostupné online: http://www.gracesguide.co.uk/index.php?title=Henry_Selby_Hele-Shaw&printable=yes
[8] http://www.cscscientific.com/ (Ranowsky, A. – CSC, mailing list)

MAT2SMC – materiály pro podporu společné výuky matematiky a přírodních věd

RENATA HOLUBOVÁ
Univerzita Palackého, Olomouc

Projekt „MaT2SMC – materiály pro podporu společné výuky matematiky a přírodních věd“ představuje výsledky spolupráce sedmi zemí na tvorbě výukových materiálů. Tyto jsou určeny pro společnou výuku matematiky a přírodovědných předmětů. Měly by podpořit spolupráci učitelů uvedených předmětů při přípravě a vedení výuky na základních a středních školách.

Úvod

Problematika malé motivace studentů ke studiu matematiky a přírodních věd je diskutována již několik let. Začíná se projevovat negativní dopad této situace na trhu práce – nedostatek odborníků v profesích, kde je vyžadována znalost a porozumění matematice a (nebo) přírodním a technickým vědám. Je to dáno zejména tím, že mnoho rozhodovacích procesů ve společnosti, politice, ekonomice, ekologii, je vázáno na pochopení vědeckých a matematických procesů. A také žáci s malou motivací ke studiu těchto oborů se nemohou stát v budoucnosti aktivními a zapálenými učiteli těchto předmětů a motivovat další generaci žáků. Učitelé matematiky pro větší názornost při řešení úloh využívají různé aplikace a také naopak, učitelé přírodovědných předmětů se ve většině případů neobejdou bez matematického aparátu.

Většinou však tito učitelé pracují nezávisle na sobě. Přírodovědný obsah je často volen náhodně, matematika je používána bez ohledu na cíle výuky. Cílem tohoto projektu je vytvořit materiály, které by byly přínosem jak pro učitele matematiky, tak i přírodovědných předmětů a umožnily současné zvýšení kompetencí v obou předmětech. Důraz je kladen na využití mezipředmětových vztahů a spolupráci učitelů matematiky a přírodovědných předmětů od počátku plánování výuky až po týmovou výuku. Na projektu spolupracují řešitelské týmy:

Univerzita Vídeň, Rakousko

University of Sunderland, Velká Británie

Univerzita Konština Filozofa Nitra, Slovensko

University of Palermo, Itálie

Šiauliai University, Litva

University of Nicosia, Kypr

Univerzita Palackého Olomouc

Obr. 1. Logo projektu

Cíl projektu

Cílem projektu je vytvořit materiály, které budou moci učitelé z praxe přímo využít ve výuce. Učitelé budou moci využít mezipředmětových vztahů matematiky a přírodních věd, spolupracovat mezi sebou a kromě výuky ve škole zařadit i mimoškolní aktivity, studovat reálné situace z každodenního života. Některé z materiálů předpokládají využití ICT.

K dalším cílům projektu lze zařadit:

Shromáždit náměty v rámci pracovních skupin jednotlivých spoluřešitelů, učitelů z praxe a pracovníků vzdělávajících učitele matematiky a přírodních věd, vybrat vhodné náměty pro přípravu materiálů, které bude možné využít ve všech spolupracujících zemích a ostatních zemích Evropy. Vybrat materiály, které budou využívat ICT. Vybrané materiály byly v průběhu školního roku 2014/15 ověřeny při praktické výuce na školách a evaluovány jak žáky, tak i učiteli. Navíc byly všechny připravené materiály hodnoceny dvěma externími recenzenty. Na základě připomínek byly materiály upraveny a byla připravena jejich finální podoba. Materiály budou zveřejněny na webovských stránkách projektu.

Materiály jsou připravovány ve všech jazycích jednotlivých zúčastněných zemí řešitelů projektu.

Příklady připravovaných materiálů s krátkou anotací

Materiály připravené týmem Rakouska

Název: **Letectví – spotřeba benzínu v letadle**

Popis: Materiál zahrnuje několik pracovních listů, kde mají žáci za úkol nejprve odhadnout a poté vypočítat, jaká je spotřeba benzínu při běžném letu. Spotřeba je poté porovnána se spotřebou při použití jiných druhů transportu.

Aviation – De-icing an aircraft

Work sheet 1

Scenes like the one above can be observed at most airports in winter time. Airplanes are de-iced, i.e. the layer of ice (and occasionally snow) is removed from the planes' wings (and sometimes rudders or other steering elements), usually with the help of a chemical substance. But why is it necessary to de-ice an airplane in the first place?

Task 1: Below is the layout of an Airbus 330-300. Use the diagram to estimate the wing area (you can also import the diagram into GeoGebra and measure the wing size there), and the total surface area of the plane (you can assume the main body of the plane to be a cylinder; don't forget to add the underside of the wings).

Task 2: How heavy would a 5 cm layer of snow (the density of new snow is approximately 100 kg/m^3) be that covers both wings?

Task 3: In cold weather, the whole plane may be covered by an ice layer. Suppose this layer has a thickness of 1 mm. Make a guess how heavy this layer is, then use the results from Task 1 and calculate the weight of the ice layer (the standard density of ice is 916.7 kg/m^3).

Remark: The main danger does however not so much come from the weight of the ice, but from it negatively influencing the aerodynamic properties of the plane. A thin ice layer of 0.1 mm on the wings can reduce the lift of the wings by 30 %!

Obr. 2. Ukázka materiálu Letectví – de-icing

Název: **Letectví – de-icing – odstranění ledu z letadla**

Popis: V první části žáci odhadují plochu křídla letadla a vypočítají hmotnost vrstvy ledu či sněhu, která se vytvoří na křídle. Druhý pracovní list je věnován chemickým vlastnostem rozmrazovacích tekutin. Závěrečný pracovní list je věnován dalším otázkách procesu odmrazování.

Název: **Ekologie – energie ze slunce a větru**

Popis: Žáci prezentují vlastní zkušenosti, jak jsou v jejich zemi využívány fotovoltaické systémy nebo větrné elektrárny. Pracovní listy obsahují údaje o větrných elek-

trárnách a solárních článcích, které umožní vypočítat potřebné množství článků či větrných elektráren. Jsou diskutovány klady a zápory těchto zdrojů energie.

Název: **GPS – najdi svoji trasu**

Popis: Tři pracovní listy (základní, náročný, úsměvný) pro použití při skupinové práci obsahují základní principy GPS a popis praktických aplikací GPS při turistice (interpretace dat) a geo-cachingu.

Název: **Vesmírný let – přistání kosmické lodi**

Popis: Pracovní listy umožní žákům analyzovat různé fyzikální a matematické aspekty vesmírného letu – teplotu, čas, tepelnou izolaci a rychlost. Jednotlivé skupiny žáků musí vzájemně spolupracovat, aby dokázaly odpovědět na dané otázky.

Materiály připravené týmem Slovenska

Název: **Odvrácená tvář vody**

Popis: Jednoduché pokusy s vodou jsou zaměřeny na získání prvních zkušeností s vodou jako fyzikální látkou.

Název: **Voda nebo led**

Popis: Jednoduché pokusy s vodou jsou zaměřeny na získání prvních zkušeností s vodou jako fyzikální látkou.

Název: **Matematika a lidská krev**

Popis: Materiál obsahuje různé aktivity, které vedou k vysvětlení a popisu lidské krve pomocí "matematických" parametrů – kvantitativní charakteristiky krve, u krevních skupin – modelování, kombinatorika, genetika.

Název: **Geometrie v modrotisku**

Popis: Spojení problematiky matematiky, umění a designu. Dva pracovní listy obsahují popis a využití znalostí z chemie a biologie při výrobě textilií s modrotiskem.

Název: **Budoucí mapa – zeměměřiči a architekti**

Popis: Mimoškolní celodenní aktivita. Aplikace poznatků a dovedností z výuky matematiky a přírodních věd při práci v terénu.

Materiály připravené týmem Itálie

Název: **Teplo, teplota a energie**

Popis: Materiál obsahuje aktivity k objasnění pojmů teplo, teplota, energie. Laboratorní práce mají přispět k pochopení těchto pojmů.

Název: **Hmotnost a objem**

Popis: Žáci mají často problémy se správným pochopením pojmů hmotnost a objem. Materiál obsahuje popis aktivit, které by měly přispět k objasnění těchto pojmů již od 1. ročníku základní školy.

Materiály připravené týmem České Republiky

Název: **Kriminalistika**

Popis: Cílem je naučit se, jak lze člověka identifikovat pomocí lokomoce (chůze). Žáci si připraví trasologické stopy a plantogramy a vypočítají výšku postavy a rychlost chůze.

Název: **Fyzika v kuchyni**

Popis: Popis energetické tabulky a návod, jak vypočítat úspornost spotřebičů v kuchyni. Laboratorní práce – studium účinnosti různých typů vařičů. Žáci vypočítají náklady na potřebnou energii při ohřevu vody.

Obr. 3. Srovnání ohřevu na indukční varné desce a elektrickém vařiči

Název: **Měření rychlosti proudu**

Popis: Materiál obsahuje popis laminárního proudění ideální kapaliny a popis rychlostního profilu proudící vody v řece. Žáci se naučí vypočítat objemový průtok vody. Laboratorní práce – žáci změří objemový průtok vody v blízkosti školy pomocí jednoduchých pomůcek.

Obr. 4. Průřez korytem vodního toku

Název: **Solární pec**

Popis: Aplikace strukturní geometrie (parabola) ve fyzice. Hlavním cílem aktivity je konstrukce solární parabolické pece a studium jejích vlastností. Návod na konstrukci je obsažen v materiálu.

Název: **Transport vlhkosti v materiálu**

Popis: Žáci se seznámí se základními vlastnostmi materiálů z pohledu jejich nasákavosti. Provedou jednoduchou laboratorní úlohu ke studiu nasákavosti a vykreslí graf závislosti pro její popis. V pokročilejším kursu lze studovat kapilární transport.

Obr. 5. Nasákavost YTONGu

Skupina spoluřešitelů z Velké Británie připravuje témata Rychlost pohybu, Termoláhve, Osmóza, Činnost srdce, projektový tým z Litvy témata Salinita, Transport tepla, Nanotechnologie – fulereny, Vlastnosti džusu, Korekce zraku a skupina z Kypru – Globální oteplování, Hmyz jako potravina, Návrh parkoviště, Přírodní zdroje plynu, Lakování automobilu.

Závěr

Veškeré materiály byly ověřovány ve výuce na základních a středních školách a evaluovány. U každého materiálu je na úvodní stránce uvedeno: předpokládaný věk žáků, rozsah, potřebné pomůcky, potřebné prekompetence, výukový cíl. Materiály, včetně apletů, pracovních listů a dalších informací budou volně ke stažení na webovských stránkách projektu http://www.mat2smc-project.eu/.

Literatura

[1] http://www.mat2smc-project.eu/

Fyzika v mateřských školkách a na prvním stupni ZŠ

JITKA HOUFKOVÁ
KDF MFF UK

Větší i menší pokusy pro větší i menší děti – několik vybraných pokusů, které se mi během posledních osmi let osvědčily při práci s předškolními a mladšími školními dětmi, a které mají návaznost ve výuce fyziky.

Pohádková fyzika

Pohádková fyzika je program pro děti od dvou do jedenácti let (mateřské školy, první stupeň ZŠ a děti ze zájmových skupin), jehož hlavní cíl je povzbudit a rozvinout v dětech jejich přirozený zájem o přírodní vědy. Zábavnou interaktivní formou prostřednictvím jednoduchých pokusů seznamuje děti s vybranými jevy z oblasti neživé přírody, zvláště fyziky. Vše je založené na předvádění a zkoušení pokusů, pozorování a diskuzi s dětmi. Děti své „zážitky“ následně kreslí (Obr. 1.). Systematicky se práci s předškoláky a mladšími školními dětmi věnuji od roku 2008. Inspiraci čerpám především ze zdrojů [1] až [4].

Obr. 1. Ukázka dětské kresby zachycující čtyři pokusy: lahvička teče-neteče, karteziánek, stoupání teplé vody ve vodě studené a lahvička se dvěma brčky

Jednotlivé pokusy lze použít i řadou jiných způsobů: při výuce přírodovědy na prvním stupni základní školy, v přírodovědně-technicky zaměřených kroužcích či speciálních příležitostech jako jsou dětské dny, školy v přírodě či dny otevřených dveří, či jako hry v družině. A samozřejmě na ně lze navazovat při pozdější výuce fyziky.

Vybrané pokusy

Na Veletrhu jsem ukazovala pokusy, které samy děti vybraly jako zajímavé.

Téma vzduch

Model plic: pet láhvi uřízneme dno a překryjeme ho ustřiženým balónkem, do víčka vyvrtáme dva otvory, kterými provlékneme brčka, na jejichž konce gumičkami upevníme balónky, brčka s balónky zasuneme do láhve a uzávěr zašroubujeme. Balónek natažený přes dno láhve představuje bránici. Když za něj zatáhneme, balónky na brčkách, které představují plíce, se nafouknou, když bránici vtlačíme dovnitř, plíce se vyfouknou (Obr. 2.). Pro větší názornost je na láhvi nasazený speciálně ušitý maňásek (Obr. 3.). Při provádění tohoto pokusu si děti vyzkouší dýchání do bříška, při nádechu se bránice pohybuje směrem dolů, při výdechu nahoru, a povídáme si o důležitosti správného dýchání.

Obr. 2. a 3. Model plic s maňáskem

Lahvička se dvěma brčky: do víčka pet láhve vyvrtáme dva otvory, kterými provlékneme brčka (nebo tenké hadičky), jedno krátké, druhé dlouhé. Láhev naplníme vodou tak, aby konec jednoho brčka byl ponořený a druhé bylo nad vodou (Obr. 4.). S dětmi se bavíme o tom, co se stane, když do jednotlivých brček foukneme. Při fouknutí do dlouhého brčka vidíme v láhvi bublinky, při fouknutí do krátkého brčka začne druhým brčkem voda z láhve vytékat. Pokud chceme nechat děti tento pokus vyzkoušet, můžeme na brčka zastrčená do víčka nasadit jiná brčka, kterým z hygienických důvodů vždy po fouknutí jedním dítětem ustřihneme konec.

Lahvička teče-neteče: je pet lahvička naplněná vodou**,** která má několik dírek ve dně a jednu ve víčku. Když vrchní dírku zakryjeme prstem, voda z lahvičky nevytéká, když prst zvedneme, voda vytéká. Lze dětem nejprve předvést jako kouzlo, prstem

pohybujeme jen malinko a nenápadně, děti musí vodu hezky požádat, aby začala téct nebo se naopak zastavila.

Téma voda

Kde je víc vody: stejná množství vody nalijeme do dvou kelímků, jednoho úzkého a vysokého, druhého širokého a nízkého. Děti odhadují, kde je víc vody. Převážná většina předškolních dětí je přesvědčena, že více vody je v úzkém kelímku, kde je hladina vody výše. Je potřeba přelitím vody z jednoho kelímku do druhého ukázat, že je v obou stejně vody.

Vodní hodiny: vodní hodiny vyrobené z pet láhve mají i při činnostech malých dětí všestranné využití. Naše hodiny jsou navíc vylepšeny „zastavovátkem“ – víčkem, které se dá zmáčknout, čímž se uzavře přívod vzduchu do láhve a voda přestane vytékat (Obr. 5.).

Obr. 4. Lahvička se dvěma brčky

Obr. 5. Vodní hodiny se „zastavovátkem“

Téma zvuk

Ladička: že se ladička při vydávání zvuku chvěje, se demonstruje různými způsoby. Pro menší děti se ukázalo jako nejpřesvědčivější přiložit jim rozezvučenou ladičku zakončenou kuličkou (Obr. 6.) do otevřené dlaně, aby to samy přímo cítily.

Obr. 6. Ladička zakončená kuličkou

Mince v balóncích: do balónků vložíme mince s různě tvarovaným okrajem (například 1 Kč, 2 Kč a 5 Kč), balónky nafoukneme a můžeme je místo zavázání zajistit kuchyňskými sponkami (Obr. 7.). Balónek rozpohybujeme tak, aby v něm mince začala obíhat. Můžeme ukázat, jak se liší zvuk vydávaný mincemi s různě „zubatým“ okrajem i to, jak se zvuk mění v závislosti na rychlosti pohybu mince. Pro školkové děti je většinou obtížné minci v balónku roztočit, proto je to pro tuto věkovou skupinu pokus spíše demonstrační.

Obr. 7. Mince v balónku uzavřeném kuchyňskou sponkou

Hrací strojek: hezkou ukázkou významu rezonátoru pro zesílení zvuku je přikládání samostatného hracího strojku na různé předměty a povrchy. Hrací strojek bez skříňky není téměř slyšitelný. Když se přiloží na krabičku, zvuk se zesílí, ještě více při přiložení na židli, na desku stolu, na ozvučnou desku pianina a co teprve na plovoucí podlahu!

Zvukové pexeso: je oblíbená hračka, děti si užijí i její výrobu. Do uzavíratelných neprůhledných nádobek (obaly od kindervajíček, kelímky s víčkem, malé plastové lahvičky) dáváme různou náplň, která při zatřesení vydává zvuky (fazole, čočka, rýže, těstoviny, hřebíky, kamínky, písek, …). Vždy dvě nádobky naplníme stejným obsahem, hrajeme pak pexeso, místo prohlížení obrázků se řídíme sluchem a hledáme dvě nádobky, které vydávají stejný zvuk. Náplň je potřeba volit a dávkovat tak, aby nádobky s různou náplní byly přibližně stejně těžké.

Téma teplo

Termoska: děti většinou z vlastní zkušenosti vědí, že kovová lžička ponořená v horkém čaji na rozdíl od lžičky dřevěné či plastové pálí (navíc děti znají z kuchyně dřevěné vařečky či sběračky s plastovými držady). Povídáme si o tom, že v některých materiálech se teplu „chodí dobře“ a v některých „špatně“. Jak je to ale s termoskou?

Je z kovu stejně jako lžička, ale přitom přes ni teplo prochází špatně. Proto mám na ukázku termosku rozříznutou (Obr. 8.).

Obr. 8. Rozříznutá termoska

Závěr

Osm let systematické práce s předškolními dětmi ukazuje, že i takto malé děti dovedou experimentovat a zkoumat svět kolem sebe z hlediska fyziky a pravidelné „hraní si“ s fyzikálními pokusy a povídání si o tom, co pozorují, pomáhá rozvoji přirozeného dětského zájmu o přírodní vědy. Ideální je samozřejmě situace, kdy je možné se k pokusům vracet a navazovat na předchozí pokusy. Přínosné je, když děti mají vybrané pomůcky k dispozici pro volnou hru, to se ale děje jen v malém množství školek. Nicméně i jednorázové setkání s pokusy, třeba při dni otevřených dveří či jiné speciální příležitosti, může v dětech zanechat stopu a zažehnout jiskřičku zájmu o přírodní vědy.

Literatura

[1] Rakušan Z., Votrubcová Š., Havlíček J.: *Experimentář*. IQlandia, Liberec 2014, ISBN: 978-80-260-5292-0
[2] http://kdf.mff.cuni.cz/~mandikova/prirodoveda/
[3] http://www.fyzikahrou.cz/
[4] http://vnuf.cz/sbornik/

Využití detektoru záření SAFECAST pro výuku

JIŘÍ HŮLKA[1], JAN HELEBRANT[1], PETR KUČA[1], LUKÁŠ BLÁHA[1], JITKA SVOBODOVÁ[2]
[1]Státní ústav radiační ochrany, v. v. i. (SÚRO), www.suro.cz
[2]Ústav technické a experimentální fyziky (ÚTEF), ČVUT v Praze

Příspěvek se zabývá možností využití jednoduchého a cenově dostupného detektoru záření gama Safecast bGeigie Nano ve školách.

Úvod

Safecast bGeigie Nano je cenově dostupný detektor záření gama na bázi Geiger-Müller detektoru sestavený z montážní sady bGeigie Nano s GPS modulem a paměťovou kartou. Jde o globální čidlo pro shromažďování a sdílení měření dávkového příkonu záření gama v terénu, které bylo vyvinuto organizací SAFECAST. Ta vznikla v Japonsku ve spolupráci s nadací USA po havárii v jaderné elektrárně Fukushima v březnu 2011 ve snaze zajistit monitorování úrovní radioaktivity i mimo možnosti oficiálních japonských zdrojů a zapojit do měření veřejnost.

1. Hardware

Přístroj se prodává jako kit (stavebnice) k sestavení, za cenu nepřevyšující 14 000 Kč za kus. Přístroj je tzv. open-hardware, což znamená, že je k dispozici kompletní dokumentace a zapojení jak vlastní elektroniky, tak i dokumentace k vnitřnímu ovládacímu software – tzv. firmware, který provádí zpracování dat. Nejedná se tudíž o žádný „black box“ a lze tedy v případě potřeby snadno odstranit případné chyby. Postavený je na modulární platformě 8-bitového mikrokontroleru Arduino.

Obr. 1. Safecast bGegie Nano – konstrukce přístroje

Vlastní GM detektor typu „pancake“ od firmy LND je dostatečně citlivý, aby umožnil rychlá měření na úrovni přírodního pozadí již po několika sekundách. Pokud je k dispozici vhodný zdroj záření gama, lze detektor použít i k dalším fyzikálním experimentům s ionizujícím zářením v laboratoři. Jedním z námětů může být např. různá míra zeslabení záření různými materiály (olovo, voda, vzduch apod.).

Obr. 2. Safecast bGegie Nano – detailní popis komponent

2. Webová aplikace, offline zpracování do map

Detektor bGegie Nano tvoří ale jen jednu část celé detekční platformy. ta z přístrojů lze po načtení z paměťové karty nahrát do webové aplikace na Safecast.org, kde po doplnění dalších nezbytných údajů o měření (např. výška detektoru nad zemí a jeho orientace) a schválení dat správcem databáze se provede načtení dat do veřejně přístupné mapy světa.

Obr. 3. Interaktivní mapa světa na webu Safecast.org

Měřící systém je dnes zprovozněn tak, že umožňuje předat data z libovolného místa do centrální celosvětové databáze a zobrazit je na mapě světa. Vizí organizace SAFECAST je postupné zmapování Země.

SÚRO zakoupil a smontoval několik desítek kusů přístrojů bGeigie Nano a po podrobném testování je hodlá nabídnout vybraným školám k testování možného národního měřícího systému. V tomto ohledu již proběhly pilotní testy a byly vypracovány informační letáky a další podklady k přístroji aby ho po krátkém zaškolení mohl používat prakticky kdokoliv. K dispozici jsou také postupy pro vytváření mapových výstupů pro tisk bez nutnosti využít webovou aplikaci SAFECAST, případně i zcela nezávisle na připojení k internetu. S využitím bezplatně dostupného open-source software QGIS lze snadno vytvářet vlastní mapy např. včetně legendy, vlastního loga apod. Potřebné šablony projektů a mapových výstupů, stejně jako styly vrstev pro QGIS má již SÚRO připravené.

Jedna z možností je např. zmapování okolí školy, domova a snaha nalézt nějaké oblasti se zvýšeným dávkovým příkonem. Případně se lze i cíleně zaměřit na oblasti, kde se dříve těžila nebo zpracovávala uranová ruda (důlní výsypky, staré úpravny apod.) a podrobně je zmapovat. Takto byla například pracovníky SÚRO změřena oblast kolem bývalé úpravny poblíž Nejdku.

Obr. 4. Tvorba map a tiskových výstupů z měření v programu QGIS bez nutnosti připojení k internetu

Přístroje bGegie Nano se též během následujících let stanou součástí nové sítě mobilních a stacionárních detektorů budované v rámci výzkumného programu s názvem Radiační měřící síť pro instituce a školy k zajištění včasné informovanosti a zvýšení bezpečnosti občanů měst a obci (RAMESIS), na kterém se kromě SÚRO v.v.i bude podílet i UTEF ČVUT a ENVINET a.s.

Závěr

Předpokládáme, že tento jednoduchý detektor může vzbudit zájem o problematiku radioaktivity. Na tento základní systém v budoucnu naváží další složitější detektory pro fyzikální měření.

Reference

[1] SÚRO testuje detektory komunitního projektu SAFECAST
www.suro.cz/cz/publikace/aktuality/suro-testuje-detektory-komunitniho-projektu-safecast

[2] Officiální web bGegie Nano
www.nano.safecast.org

[3] bGegie Nano – kompletní technická dokumentace
www.github.com/Safecast/bGeigieNanoKit/wiki/NANO-MANUAL

[4] Využití detektoru záření SAFECAST pro výuku - odkazy na stažení posteru apod.
http://juhele.blogspot.cz/2015/08/safecast-nejen-do-skol.html

[5] SAFECAST bGegie Nano accompanying document – translations
-tzv. průvodní list k přístroji, ke stažení v několika jazycích
http://juhele.blogspot.cz/2015/08/safecast-bgegie-nano-accompanying.html

[6] QGIS – A Free and Open Source Geographic Information System
www.qgis.org

Fyzika nejen s digitálními technologiemi

MIROSLAV JÍLEK
Gymnázium, Polička, nábřeží Svobody 306

Abstrakt

Příspěvek popisuje několik jednoduchých námětů, jak lze obohatit výuku fyziky prostřednictvím moderních digitálních technologií typu „chytrých“ mobilních zařízení, měřicích systémů, robotických systémů, nebo 3D tisku. Důraz je přitom kladen na propojení těchto technologií s klasickými, většinou jednoduchými, experimenty.

Úvod

Digitální technologie ovlivňují naše životy, ať chceme, či ne, čím dál častěji, a logicky vstupují také do školního prostředí. Pokud je dokážeme rozumně a smysluplně využít, věřím, že se mohou stát výborným pomocníkem učitele a přispět k větší motivaci žáků i k lepšímu porozumění učivu. Celá oblast využití digitálních technologií pro výukové účely je velmi rozsáhlá a v následujícím textu ukážu pouze několik příkladů z mnoha možností využití těchto technologií ve výuce fyziky a technických předmětů. Další příklady a náměty je možné najít v elektronickém časopise e-Mole, dostupném na webových stránkách [1]. Časopis je vydáván čtyřikrát ročně a je zaměřen obecně na všechny přírodní a technické vědy, takže může být inspirativní i pro kolegy vyučující chemii, biologii, geografii nebo informační technologie. Přesto, že hlavním zaměřením časopisu jsou právě digitální technologie a jejich využití ve školní praxi, můžeme zde najít i články obecnějšího rázu, rozhovory s významnými osobnostmi, recenze, informace o zajímavých projektech, návody na experimenty a mnoho dalšího.

Videozáznamy mobilním telefonem

Využití tabletů a „chytrých“ mobilních telefonů pro potřeby výuky je velikým samostatným tématem. Jednou z funkcí, kterou tyto zařízení většinou nabízejí je pořizování videozáznamů vestavěnou kamerou. Ta mívá u dražších přístrojů velmi slušné rozlišení a často nabízí také možnost **natáčení s vyšší snímkovací frekvencí**, označovanou většinou v nastavení jako *Pomalý pohyb.* Výsledný videozáznam zpomalený osmkrát (nejčastější maximální zpomalení) je potom nahráván s teoretickou frekvencí 240 snímků za sekundu, reálně však pouze 120 snímků za sekundu (dva snímky jsou vždy stejné). Toho lze využít k zaznamenání rychlejších dějů a jejich následné analýze. Ačkoli se takový videozáznam samozřejmě ani zdaleka nemůže blížit záznamu ze speciální rychloběžné kamery, lze najít řadu jevů, které lze tímto jednoduchým způsobem zkoumat. Zblízka natočený výkop míče například umožňuje pozorovat, jak hodně je míč v okamžiku výkopu deformován botou a jak dlouho je přibližně noha v kontaktu s míčem. Nafilmujeme-li výkop z o něco větší vzdálenosti (např. 2 m) a položíme těsně k míči na zem ve směru výkopu délkové měřidlo, nebo lať definované

délky, můžeme z polohy míče na jednotlivých snímcích a časové prodlevy mezi snímky určit rychlost vykopnutého míče. K analýze potřebujeme program, který umožňuje prohlížet jednotlivé snímky videozáznamu. Nejjednodušeji může posloužit například *Movie Maker* instalovaný v OS *Windows* nebo jiný program pro úpravu videí, který zobrazuje jednotlivé snímky (poznámka: časový údaj u jednotlivých snímků zpomaleného videa bývá vztažen na výsledný zpomalený pohyb a pro analýzu je ho proto třeba vydělit osmi, abychom získali skutečné časové intervaly), změny polohy objektu na jednotlivých snímcích odhadneme podle velikosti přiloženého měřítka. Podrobnější a přesnější rozbor lze provádět pomocí specializovaných programů, jako je například *Tracker* [2].

Stejně jako výkop míče lze pozorovat například pohyb jednoduché lihové rakety sestrojené podle návodu Z. Poláka v [3]. Na zpomaleném videozáznamu je možné dobře pozorovat postupné prohořívání lihu v raketě a měřit přibližně průběh zrychlování rakety po startu. Efektní je také sledování rakety z plastové láhve (prázdné nebo z části naplněné vodou) na stlačený vzduch. K ruční pumpě stačí přidělat gumový ventilek do pneumatik některých mopedů o průměru 24 mm, který lze těsně natlačit do hrdla plastové láhve (ventilek je k doptání a vyzkoušení v pneuservisech). Po dosažení tlaku cca 3 atm dojde k vyražení ventilku z láhve a startu rakety. Jako odpalovací zařízení je vhodné použít například kus plastové odpadní roury přivázané ke kolíku zapíchnutému do země. Existuje celá řada dalších jevů (volný pád tělesa ve vzduchu, šikmý vrh, srážky pružných těles, kmitavé pohyby,…), které můžeme pomocí zpomaleného videozáznamu zkoumat. Jako inspirace mohou sloužit například náměty J. Koupila a V. Víchy v [4], [5], které jsou sice pořizovány kamerou s větší snímkovací frekvencí, ale z nichž některé lze dobře zkoumat i pomocí dostupného mobilního telefonu/tabletu.

Obr. 1. Připojení ventilku k pumpě

Mobilní telefon či tablet s kamerou lze po uchycení do vhodného stojanu využít také jako **jednoduchý a levný vizualizér**, ideálně ve spojení s bezdrátovým přenosem signálu do dataprojektoru a využitím funkce zrcadlení displeje. Pro novější přístroje s OS Android funguje dobře například technologie *Chromecast*, pro jiná zařízení je možné využít například technologii *Miracast* nebo *AirPlay*. Konkrétní návod a tipy k využití těchto technologií lze najít v [6].

Obr. 2. Vizualizér z „mobilu“

Měřicí systémy

Využití různých školních měřicích systémů je poslední dobou často diskutované a díky různým grantovým projektům jsou tyto technologie v dnešní době rozšířeny na velkém množství škol. I mnohé klasické a jednoduché experimenty lze při rozumném zapojení měřicích systémů obohatit a využít k hlubší analýze probíhajících fyzikálních dějů.

Tah lihové rakety

Zmíněný efektní pokus s lihovou raketou tak lze například rozšířit pokusem o změření tahové síly, kterou vyvíjí rozpínající se plyny unikající tryskou rakety. Stačí k tomu senzor síly upevněný na stojanu proti láhvi (tu je vhodné položit například na dvě rovnoběžné vodící tyče).

Obr. 3. Měření tahu rakety na lihové páry

Zaznamenaný časový průběh síly, kterou tlačí láhev na siloměr po zažehnutí, umožňuje odečíst průměrnou velikost síly a dobu, po kterou působí. Využijeme-li obvykle integrovanou funkci výpočtu plochy pod křivkou, dostaneme impuls síly odpovídající přírůstku hybnosti rakety při startu. Vydělením této hodnoty hmotností rakety získáme teoretickou velikost rychlosti, kterou raketa během startu získá, a tu můžeme porovnat s hodnotou zjištěnou při analýze pomocí zpomaleného videozáznamu.

Výkon vyrobeného elektromotorku

Dalším příkladem je podrobnější zkoumání parametrů známého jednoduchého elektromotorku sestávajícího z magnetu, baterie a z několika závitů smaltovaného drátu namotaného přes tři prsty (krátké konce drátu jsou omotáním okolo závitů vyvedeny v ose smyčky a oba konce jsou na jedné stejné straně odizolovány oškrábáním smaltu). Pro rotor motorku je pro další měření potřeba vyrobit jednoduchý držák ze dvou kancelářských sponek připevněných k dřevěnému prkénku pomocí připínáčků (magnet položíme na prkénko pod vodorovně umístěný rotor). Pomocí senzorů proudu a napětí připojených k měřicímu

Obr. 4. Jednoduchý elektromotor

rozhraní je nyní možné zaznamenat průběh proudu procházejícího smyčkou rotoru a napětí na koncích smyčky (je potřeba použít senzory s dostatečným rozsahem – proud smyčkou z ploché baterie dosahuje typicky 1-2 A – případně použít předřadný rezistor pro snížení proudu).

Obr. 5. Měření napětí a proudu u jednoduchého elektromotoru

V naměřeném průběhu je například vidět velmi výrazný pokles svorkového napětí zdroje v okamžiku průchodu téměř zkratového proudu. Z časového průběhu proudu je také patrné, že doba kontaktu, kdy proud skutečně prochází rotorem, činí u této konstrukce vždy přibližně pouze jednu desetinu periody pohybu smyčky. Vynásobením okamžitých hodnot napětí a proudu (opět lze většinou provést přímo ve vyhodnocovacím programu) získáme průběh okamžité hodnoty výkonu a můžeme určit jeho průměrnou hodnotu pro srovnání s jinými drobnými elektrospotřebiči. Spíše v rámci nějaké samostatné práce nebo seminárního projektu se potom mohou žáci pokusit určit práci vykonanou takovýmto elektromotorkem (například zatěžováním rotoru a uvažováním momentu třecích sil) a stanovit přibližnou účinnost vyrobeného zařízení.

Atmosférický tlak

Třetím, velmi jednoduchým využitím měřicího systému je určení tlaku vzduchu pomocí injekční stříkačky a senzoru síly. Píst stříkačky připevníme provázkem nebo drátkem k senzoru síly a měříme sílu potřebnou k vytažení pístu stříkačky ucpané palcem. Od této síly následně odečteme třecí sílu potřebnou k vytažení pístu nezacpané stříkačky. Výsledek vydělíme obsahem průřezu pístu a získáme tak hodnotu tlaku vzduchu přímo z definičního vztahu pro tlak, což může být názorné i při výuce na ZŠ. Podrobnější pokus experimentu včetně možné metodiky jeho použití v konkrétní vyučovací hodině je možné nalézt v [7].

Mikrokontroléry a robotické systémy

Poměrně novým fenoménem, který se zatím ve školním prostředí realizuje převážně formou zájmových kroužků, je využití různých robotických stavebnic například od firem Lego, Merkur, nebo Fischertechnik. Levnější variantou k těmto stavebnicím může být využití otevřených systémů typu *Arduino*. Uživatel si může pořídit základní desku s mikrokontrolérem, samostatné senzory a elektronické součástky dle svého výběru (nebo využít nějakých základních sad) a vytvořit si podle návodu některý z velkého množství volně dostupných projektů, případně si tvořit projekty vlastní. Učitel fyziky dokáže s poměrně levnou sadou základních součástek snadno demonstrovat celou řadu jevů z elektroniky včetně praktických ukázek řízení různých systémů, bez kterých už by se dnešní průmyslové výrobní procesy neobešly. Žáci potom například mohou po základním zaškolení zpracovat svoje vlastní jednoduché projekty s vypůjčenou sadou a ty prezentovat ostatním. Jako velmi vítaná se zde samozřejmě nabízí spolupráce s informatiky v rámci mezipředmětových vztahů. Mikrokontrolér s připojenými senzory lze také s pomocí vhodného programu využít jako velmi **levný školní měřicí systém**, viz například projekt CAPhE [8]. Podobný volně dostupný a otevřený software je připravován spolu s náměty na konkrétní využití Arduina ve školní výuce a bude postupně prezentován na stránkách [1]. Na stránkách [9] je také možné objednat akreditované kurzy a semináře zaměřené přímo na využití Arduina, nebo na výuku s robotickými stavebnicemi.

3D tisk

Poslední technologií, kterou bych v tomto příspěvku rád stručně zmínil, je 3D tisk. Pro školní prostředí má tato moderní technologie dle mého názoru potenciálně velmi široké uplatnění, které lze spatřovat v několika rovinách. První možností, jak ve škole využít 3D tiskárnu, je **výroba levných originálních výukových pomůcek**. Na specializovaných webových portálech, jako je například [10], nalezneme stovky volně stažitelných souborů, ze kterých si můžeme vytisknout pomůcky od jednoduchých lodiček, setrvačníků a vozítek na reaktivní pohon, přes modely diferenciálů až třeba po funkční indukční elektriku. Takto vyrobené pomůcky mohou být přitom podobně funkční jako originální prodávané výukové pomůcky, jejichž pořízení nás vyjde často mnohonásobně dráž. Výhodou také je, že si můžete také navrhnout a vymodelovat vlastní originální pomůcku. Ukázkou takové pomůcky vytvořené v programu *DesignSparkMechanical* pouze po krátkém seznámení se s tímto intuitivním prostředím je model hydraulického zvedáku a lisu [11]. Kromě samotných výukových pomůcek můžeme pomocí 3D tisku snadno vyrábět řadu **příslušenství a nástrojů** k existujícím pomůckám, nebo nahradit jejich poškozené části, což může být mnohem jednodušší než při použití klasických výrobních postupů. Chceme-li například použít

Obr. 6. Model hydraulického zařízení

mobilní telefon jako vizualizér, můžeme si poměrně snadno vytvořit univerzální držák telefonu k laboratornímu stojanu, v případě zmíněného měření tahu lihové rakety zase snadno vymodelujeme jednoduchý originální držák vodících tyčí pro raketu a senzor síly. V příspěvku [12] je jako další příklad zobrazen stojánek k senzorům síly měřicích systémů Pasco a Vernier, který umožní použití těchto senzorů jako elektronických vah (v příspěvku je samozřejmě i odkaz na volně stažitelné soubory k tisku). Možná jako nejvýznamnější přínos pořízení 3D tiskárny do školy považuji možnost **seznámit s touto technologií žáky**, zvláště když se sami aktivně zapojí do péče o její provoz a využití. Na stránkách [9] je možné pro případné zájemce o tyto technologie objednat akreditované kurzy a semináře 3D modelování a 3D tisku, včetně možnosti zakoupení a sestavení vlastní 3D tiskárny vyvinuté speciálně pro školní prostředí.

Výuka bez digitálních technologií

Je v dnešní době ještě možné učit fyziku bez digitálních technologií? Samozřejmě ano a často to dokonce považuji za velmi důležité, aby se z moderních technologií místo užitečného prostředku nestal cíl odvádějící naše poznání od skutečného světa a jeho krásy. Mnohdy stačí jednoduchý experiment (zvláště když je efektní nebo je spojen s nějakou problémovou úlohou) k tomu, aby žáky motivoval a usnadnil jim i zapamatování jevů, které demonstruje. Můžeme například žáky nechat hlasovat, zda brok ze vzduchovky nejspíše prostřelí prázdnou nápojovou plechovku, nadvakrát přeloženou bavlněnou plenu, nebo plastovou láhev (prázdnou, či plnou vody). Řešení i následný rozbor výsledku a podmínek, na nichž závisí, již přenechám laskavému čtenáři k vlastnímu zkoumání.

Literatura

[1] http://www.e-mole.cz/ [cit. 23. 8. 2015].
[2] http://physlets.org/tracker/ [cit. 23. 8. 2015].
[3] Polák Z.: *Jednoduché pokusy.* In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 7. Ed.: Svoboda E., Dvořák L. Prometheus Praha 2002. s. 57-60.
[4] Koupil J., Vícha V.: *1200 FPS.* In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 15. Ed.: Drozd Z. Prometheus Praha 2011. s. 116-121.
[5] Koupil J., Vícha V.: *Jako zpomalený film…* In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 16. Ed.: Holubová R. UP Olomouc 2012. s. 143-148.
[6] Feltl T.: *Jak dostat obraz bezdrátově z telefonu, tabletu či notebooku na projektor/televizi?* In: e-Mole č. 1. Dostupné online na http://www.e-mole.cz/cislo/e-mole-c-1 [cit. 23. 8. 2015].
[7] Jílek M.: *Zkoumáme atmosférický tlak* In: e-Mole č. 0. Dostupné online na http://www.e-mole.cz/cislo/e-mole-c-0 [cit. 23. 8. 2015].
[8] https://sites.google.com/site/projektcaphe/ [cit. 23. 8. 2015].
[9] http://www.interactivelearning.cz/vzdelavani [cit. 23. 8. 2015].
[10] http://www.thingiverse.com/categories [cit. 23. 8. 2015].
[11] Jílek M.: *Hydraulické zařízení* In: e-Mole č. 2. Dostupné online na http://www.e-mole.cz/cislo/e-mole-c-2 [cit. 23. 8. 2015].
[12] Feltl T.: *Co když potřebujeme s žáky něco zvážit?* In: e-Mole č. 1. Dostupné online na http://www.e-mole.cz/cislo/e-mole-c-1 [cit. 23. 8. 2015].

Několik projektů z tábora, tentokrát na téma: „V jednoduchosti je krása aneb i s málem lze dělat divy“

PETR KÁCOVSKÝ[1], JAROSLAV REICHL[2], ZDENĚK POLÁK[3]
[1]KDF MFF UK Praha, [2]SPŠST Panská Praha, [3]Gymnázium Náchod

Příspěvek představuje sedm z celkem 23 projektů zpracovaných účastníky tradičního Soustředění mladých fyziků a matematiků, které je organizováno Matematicko-fyzikální fakultou UK a letos se uskutečnilo v Zadově na Šumavě v termínu 18. července – 1. srpna. Jde o tyto projekty: 3D tiskárna, Auto s hranatými koly, Bagr ovládaný injekčními stříkačkami, Fotografování bez fotoaparátu, Hlavolamy, Mechanické derivátory, Teslovy blesky.

Soustředění mladých fyziků a matematiků

Dvoutýdenní letní Soustředění mladých fyziků a matematiků tradičně nabízí studentům ve věku 14 až 19 let bohatý odborný i mimoodborný program připravovaný týmem až 15 vedoucích, kterými jsou převážně studenti a zaměstnanci Matematicko-fyzikální fakulty, ale také učitelé ze školní praxe.

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

Ve znamení konstrukčních projektů

Hlavní součástí odborného programu je vlastní práce účastníků na projektech, během kterých studenti ve dvou- či tříčlenných skupinkách (event. stále častěji jako jednotlivci) zpracovávají pod vedením konzultanta z řad vedoucích vybrané téma. Dílčí výsledky své práce účastníci „obhajují“ v polovině soustředění na tzv. „minikonferenci“ před několikačlennou komisí 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 *„V jednoduchosti je krása aneb i s málem lze dělat divy“*. Toto dostatečně široce rozkročené téma umožnilo připravit účastníkům jak projekty velmi sofistikované, tak vyloženě hravé a nenáročné.

Účastníci si ze 42 nabízených projektů vybrali následujících 23 témat (tučně vyznačené projekty jsou podrobněji popsány dále v tomto příspěvku):

3D tiskárna	DC/AC
Auto s hranatými koly	**Fotografie bez fotoaparátu**
Bagr ovládaný stříkačkami	Fraktály

Funkční modely stavebních strojů
Hlavolamy
Horor v kostce
Infračervené záření
Jak se nezauzlovat
Jednoduché hodiny
Kdo vyhraje?
Magnetický vláček
Mechanické derivátory
MX-10
Parametry termografických měření
Robinsoni
Skripty numerické matematiky
Teslovy blesky
Vynálezy L. da Vinciho I
Vynálezy L. da Vinciho II
Vysokonapěťový zdroj

Jak seznam výše napovídá, na letošním soustředění se v plné síle projevil trend, který pozorujeme již delší dobu, totiž trend příklonu ke konstrukčním projektům. Zatímco zájem o projekty věnované teoretickým problémům či proměřování vybraných fyzikálních jevů pozvolna slábne, přibývá účastníků, kteří preferují různé pokročilé konstrukce ze dřeva, kovu, plastu apod.

Následují popisy vybraných projektů vycházející z dokumentace zpracované účastníky soustředění. Kompletní dokumentace vybraných projektů je dostupná na webových stránkách tábora [1].

3D tiskárna

Již se vznikem prvních obyčejných tiskáren je spojena myšlenka tisku třírozměrného, až v posledních letech ale strmě roste popularita této technologie. Principem 3D tisku je vytváření objektů postupným nanášením horizontálních vrstev roztaveného plastového filamentu na vyhřívanou podkladovou desku.

Obr. 1. Detail tisknoucí hlavy

Cílem řešitelů projektu Jiřího Ledvinky a Martiny Valešové bylo tiskárnu (obr. 1) z již předem nakoupených dílů sestavit, seznámit se se softwarem, který ji ovládá, a pokusit se o tisk drobných předmětů. Zejména první z těchto cílů se ukázal být velmi časově náročný, mnoho dílů vyžadovalo oproti očekávání ještě drobné dílenské úpravy, nakonec byly ovšem první drobné tisky úspěšné. Jako základní elektronická platforma byla využita vývojová deska Arduino Mega s osmibitovým procesorem a deska RAMPS 1.4 napájená z upraveného zdroje ATX.

Auto s hranatými koly

Cílem projektu Terezy Flekové bylo sestrojit auto, které by mělo hranatá kola (např. ve tvaru čtverce), a přesto by při jízdě „nedrncalo“.

Nejdříve bylo nutné připravit speciální profil trati, po které se auto se čtvercovými koly bude pohybovat. Na základě informací [4] řešitelka zjistila, že takovým optimálním profilem je invertovaná řetězovka, jejíž model byl následně vytvořen v programu Mathematica. Tuto křivku pak řešitelka vytiskla na list papíru, vystřihla,

nalepila na karton a velmi opatrně podél křivky karton vyřízla. Slepením několika takto připravených kartonů získala model trati, po které se mohl pohybovat model auta (vyrobený z balzy a dřeva).

Míru změny výšky těžiště modelu auta nad vodorovnou podložkou, na které stál vyrobený model trati, měřila řešitelka laserovým ukazovátkem. To připevnila na model auta a mířila jím na vyrobený terčík z papíru. Světelná stopa laseru měla při pohybu modelu auta výchylku do 0,5 cm při vzdálenosti terče od modelu auta přibližně 1 m.

Obr. 2. Vlevo model kola na profilu trati, vpravo auto na kartonovém profilu trati

Bagr ovládaný injekčními stříkačkami

Řešitelé projektu Karolína Bílková, Natálie Dolanová a Adam Janich měli za úkol vyrobit funkční model bagru, jehož pohyby by bylo možné ovládat hydraulicky pomocí injekčních stříkaček. Během řešení projektu se potýkali s několika konstrukčními problémy (nefunkční ovládání při vytahování pístu z injekční stříkačky, velká deformace spojovacích akvaristických hadiček, uvolňování plynu z vody po několika hodinách nepoužívání modelu, …). Všechny tyto problémy postupně odstranili a vytvořili funkční model bagru, jehož hydraulické ovládání umožňuje čtyři na sobě nezávislé pohyby jednotlivých částí bagru. Základním materiálem bylo dřevo.

Obr. 3. Model bagru ovládaného injekčními stříkačkami

Fotografie bez fotoaparátu

Řešitelé Jan Šetina, Berenika Čermáková a Kateřina Limburská v rámci tohoto projektu vytvořili temnou komoru pro vyvolávání fotografií. Dále zhotovili světlotěsné krabice na ukládání rozbalených fotografických materiálů, připravili nádoby na chemikálie, 3 misky s pinzetami pro chemický proces, plastový kbelík na praní fotografií a potřebné zdroje bílého a červeného světla. Co lze s tímto vybavením vytvořit?

- *Fotogramy:* Potřebujeme zdroj světla vytvářející ostré stíny (nejlépe bodový, např. žárovka s malým vláknem vysoko nad stolem, výkonová LED bez rozptylujícího stínítka apod.). Za červeného světla dáme na stůl fotopapír citlivou stranou nahoru, položíme na něj vhodné předměty a poté shora osvětlíme. Po vyvolání budou obrazy osvětlených předmětů černé, zastíněných bílé (obr. 4).
- *Dírková komora* [5]: Jako nejvhodnější se jeví plechovka (např. od sušenek) s kovovým víčkem. Do jejího boku vyvrtáme malý otvor; jeho velikost je kompromisem mezi citlivostí fotomateriálu, dobou expozice a ostrostí obrazu; experimentovali jsme s otvory od 0,6 do 2,0 mm. Fotografickým materiálem byl opět fotopapír, doba expozice byla od několika sekund po minuty.

Zdrojem bílého světla byla vždy LED 5 W/230 V se směrovým reflektorem zavěšená vysoko nad stolem, zdrojem červeného světla trojice červených LED napájených přes ochranné rezistory z ploché baterie. Fotografické materiály zaslala FOMA HK, minimální sadu (univerzální vývojka, ustalovač a 100 kusů laminovaných fotopapírů 9×13 cm) lze pořídit za cca 300 Kč + poštovné.

Obr. 4. Fotogram pilinového obrazce na kruhovém magnetu a fotogram rostlin

Hlavolamy

Řešitel projektu Jakub Kára se zaměřil na studium tří vybraných typů hlavolamů:

- *Soma cube* [6]: Hlavolam, který lze přirovnat k trojdimenzionálnímu puzzle, si autor dle zadaných pravidel sám vytvoří a pak z něj může vytvářet různé prostorové modifikace.
- *Snake cube* (*Hadí kostka*, [7]): Řetězec vzniklý spojením 27 jednotkových kostek, kde každá (s výjimkou krajních) sousedí s dvěma dalšími. Obvyklým úkolem je tento řetězec navrhnout tak, aby z něj bylo možné složit krychli 3×3×3.

- *Conwayovy kostky*

Obr. 5. Zleva: jedna z podob kostky soma cube, rozložená a složená hadí kostka

Teslovy blesky

Konstruktéři Tomáš Janovský a Vojtěch Mareš sestrojili jednoelektronkový laděný oscilační obvod na frekvenci cca 0,8 MHz s indukčně navázaným sekundárním vinutím. Primární cívka má 18 závitů a tvoří s kondenzátorem C_2 paralelní LC obvod, který je v rezonanci se sekundární cívkou se 1100 závity (zapojení viz obr. 6). Obvod je buzen výkonovou elektronkou PL 504 využívající maximální dovolené anodové napětí cca 500 V.

Napájení je řešeno pomocí dvou transformátorů, žhavicího a anodového. Díky tomu je vlastní systém oscilátoru galvanicky oddělen od sítě a sekundární cívka může být spojena s kladným pólem zdroje, který v přístroji v podstatě tvoří místo nulového potenciálu – zem. Anodové napětí je dvoucestně usměrněno křemíkovým můstkem, bez filtračního členu. Vysokofrekvenční napětí je tak modulováno frekvencí 100 Hz. Celý přístroj je chráněn proti dotyku živých částí dřevěnou skříňkou (obr. 6).

Z horního volného konce vysokonapěťové cívky vystupují viditelné a slyšitelné výboje. Zářivkové trubice je zdroj schopen rozsvítit do vzdálenosti několika desítek centimetrů. Elektronková koncepce zdroje s robustními transformátory byla zvolena pro dostupnost součástek, které byly získány ze starých vysloužilých přístrojů.

Obr. 6. Schéma zapojení a finální výrobek

Mechanické derivátory

Cílem projektu Jiřího Budila a Marty Nocarové bylo sestrojit zařízení, které je schopné mechanickou cestou určit hodnotu první derivace spojité funkce v daném bodě. Výhodou takovýchto mechanických zařízení je možnost určovat hodnotu první derivace funkce pouze na základě jejího grafu, bez nutnosti znát její analytické vyjádření. V rámci projektu byly sestrojeny celkem tři prototypy:

- *Prkénkový derivátor* má podobu pravoúhlého trojúhelníka, kde délka jedné odvěsny je zafixována coby jednotková délka a přikládá se ke grafu funkce rovnoběžně s osou *x*. Přeponu přikládáme ve směru tečny v daném bodě – měníme tedy úhel α svíraný se zafixovanou odvěsnou. Tento úhel určuje úsek vymezený volnou odvěsnou na ose *y*, který přímo představuje číselnou hodnotu první derivace funkce v daném bodě. (Protože pro směrnici k tečny platí $k = \mathrm{tg}\alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x}$ a vodorovný úsek Δx je volen jednotkově, tj. $k = \Delta y$).
- *Merkurový derivátor* pracuje na zcela stejném principu jako model předešlý, ovšem díky důmyslnému zpřevodování umožňuje do samostatného grafu bod po bodu vykreslovat přímo graf první derivace ke vstupní funkci.
- *Úhlový derivátor* vychází z článku [8] a namísto úhlů jsou po jeho obvodu vyznačeny hodnoty jejich tangent, tedy směrnic/derivací.

Největší vliv na spolehlivost všech tří uvedených modelů má lidský faktor spočívající v tom, jak přesně odhadne obsluha derivátoru sklon tečny v daném bodě – ten totiž vybíráme „od ruky“. Relativní odchylky nebývají větší než 10 % skutečné hodnoty.

Obr. 7. Vlevo nahoře prkénkový, vpravo nahoře úhlový a dole merkurový derivátor

Závěr a pozvánka na další ročník

Také v letošním roce přinesly dva týdny strávené tentokrát na šumavském Zadově mnoho originálních nápadů, zajímavých projektů, obohacujících chvilek s matematikou či fyzikou, ale také nová či po roce oprášená přátelství a hlavně atmosféru, na kterou se nezapomíná.

Proto zveme všechny šikovné žáky ve věku od 14 do 19 let (tj. od těch, kteří již ukončili 8. ročník základní školy, až po ty, kteří mají těsně po maturitě) se zájmem o matematiku, fyziku, ale i spoustu dobré zábavy – přidejte se k nám! V příštím roce se bude soustředění konat v termínu od 16. 7. do 30. 7. 2016 a po třech letech se znovu vrací do podorlické vísky Nekoř. Základní informace se během podzimu objeví na webových stránkách soustředění [1] a počínaje prosincem 2015 se zde již bude možné také předběžně přihlásit.

Literatura

[1] Soustředění mladých fyziků a matematiků [online]. Dostupné z: http://kdf.mff.cuni.cz/tabor [cit. 9. 8. 2015].

[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. 9. 8. 2015]

[4] Riding on Square Wheels [online]. Dostupné z: https://www.sciencenews.org/article/riding-square-wheels [cit. 9. 8. 2015]

[5] Jak si vyrobit dírkovou komoru. [online]. Dostupné z: http://priesnitz.cz/fotky/jak-vyrobit-dirkovou-komoru/ [cit. 28. 8. 2015]

[6] The official history of SOMA [online]. Dostupné z: http://www.fam-bundgaard.dk/SOMA/HISTORY.HTM [cit. 5. 8. 2015]

[7] Snake Cube [online]. Dostupné z: http://www.mathematische-basteleien.de/snakecube.htm [cit. 5. 8. 2015]

[8] Hellmann, M. J. et al.: Mechanical Differentiator. (1959) Review of Scientific Instruments, 30(12).

O elektronické Sbírce fyzikálních pokusů

PETR KÁCOVSKÝ
Katedra didaktiky fyziky MFF UK Praha

Elektronická *Sbírka fyzikálních pokusů* vzniká od počátku roku 2015 na Katedře didaktiky fyziky MFF UK v Praze. Jejím cílem je dlouhodobě shromažďovat náměty na pokusy a jednotným a systematickým způsobem je předkládat českým učitelům fyziky. Kromě obvyklých informací, které podobné sbírky poskytují (doporučené pomůcky, teorie, postup,…) se klade důraz na názorné předkládání vzorových výsledků formou fotografií a videí a technické i metodické poznámky usnadňující provádění pokusů. V příspěvku je podrobněji představen koncept sbírky a její aktuální obsah.

Sbírky pokusů ve výuce fyziky

Ačkoliv se mohou najít hlasy, které budou s následujícím tvrzením nesouhlasit, experimentování se zdá být důležitou a přirozenou součástí práce učitele fyziky. Dlouhou dobu byly pro učitele zdrojem inspirace v jejich práci zejména ústně předávané zkušenosti starších kolegů, případně pak tištěné sbírky pokusů [1]; v poslední době se k těmto osvědčeným kanálům přidal díky rozvoji informačních technologií silný spojenec v podobě elektronických návodů či námětů.

Velké množství takových námětů, které jsou potenciálně využitelné ve výuce fyziky, nabízí například server YouTube; typicky jde ovšem pouze o videa bez rozsáhlejších komentářů a nezřídka lze pochybovat o jejich relevanci – jak je tomu ostatně u všech na sdílení založených nerecenzovaných zdrojů. Podobné zdroje tento příspěvek za sbírky pokusů nepovažuje a nezabývá se jimi.

Proč se věnovat sbírkám elektronickým

Jak bylo zmíněno výše, elektronická podoba vzdělávacích materiálů se přirozeně stala samozřejmou součástí výuky na všech stupních škol. V případě sbírek pokusů dává jejím autorům jedinečnou možnost jednotlivé návody a náměty bohatě doplnit fotodokumentací, případně videosekvencemi; kromě toho dynamicky umožňuje snadné editování či rozšiřování již zpracovaných pokusů.

Elektronická *Sbírka fyzikálních pokusů* na KDF MFF UK

Elektronická *Sbírka fyzikálních pokusů* [2] (dále jen SFP) je pokračovatelkou své předchůdkyně zmiňované například ve [3], vzniká na Katedře didaktiky fyziky od počátku roku 2015 a je primárně věnována učitelům. Jejím cílem je předkládat vyučujícím fyziky vybrané pokusy v takové formě, která umožňuje jejich účelné zapojení do výuky. To samozřejmě nevylučuje použití sbírky samotnými studenty či dalšími zájemci o fyziku, kteří hledají informace o tom, jak provést pokus, se kterým se někde setkali a který je zaujal.

Technické řešení a struktura

Z technického hlediska využívá SFP ověřený koncept sesterské *Sbírky řešených úloh* [4], která je na KDF MFF UK vyvíjena již devět let. Obě sbírky mají společné administrátorské rozhraní, ve kterém pokusy (resp. úlohy) vznikají; texty jsou vkládány ve formátu modifikovaného XHTML kódu, pro psaní fyzikálních vztahů se využívá jazyku LaTeX. Benefitem tohoto rozhraní je snadná možnost vkládání obrázků a také videí publikovaných na přidruženém kanálu na YouTube [5].

Všechny vznikající pokusy ctí přibližně stejnou vnitřní strukturu:

- *Cíl pokusu*: Stručný popis cíle pokusu.
- *Teorie*: Teoretický základ problematiky, na kterou se pokus zaměřuje; často přesahuje nutné minimum a přidává další fakta či odkazy, jejichž cílem je rozšiřovat odborné obzory uživatelů, někdy i nefyzikálním směrem.
- *Pomůcky*: Stručný výčet potřebného vybavení.
- *Postup*: V bodech rozepsané jednotlivé kroky provádění pokusu.
- *Vzorový výsledek*: Typicky fotografie či videosekvence zachycující předváděný jev, závislost, chování apod.; v některých případech pouze slovní konstatování toho, co se událo.
- *Technické poznámky*: Rady, doporučení či varování, která mají společný cíl: Využít zkušenosti autora pokusu k tomu, aby učitel neopakoval jeho chyby a maximálně tak šetřil svůj čas a energii.
- *Metodické poznámky*: V případě pokusů vyzkoušených ve výuce jsou zde uvedena doporučení, jakým způsobem pokus do hodin zařazovat, co může být vhodnou motivací, vhodným navázáním apod.
- *Komentáře*: Další zajímavosti týkající se pokusu, hlubší teoretická pasáž apod.

Tuto strukturu samozřejmě nelze striktně vyžadovat ve všech případech, ale dává tvůrcům pokusů jasnou představu, na co by se měli zaměřit. Každá výše uvedená položka se zobrazuje v oddíle, který může uživatel poklepáním na jeho nadpis minimalizovat (viz obr. 1, kde jsou minimalizovány oddíly *Cíl pokusu*, *Pomůcky* a *Postup*).

Publikované pokusy

V srpnu 2015 obsahovala sbírka více než 50 zveřejněných pokusů, a to v tematických celcích *Elektřina a magnetismus*, *Termika a molekulová fyzika* a *Optika*. Podrobnější dělení těchto celků je uvedeno v tabulce č. 1. Všechny pokusy byly pečlivě vyzkoušeny a s výjimkou tematického celku *Optika* také reálně provedeny se studenty na střední či vysoké škole.

Budoucnost

Do této chvíle byly do SFP zpracovávány pokusy prováděné v rámci přípravy budoucích učitelů nebo jako součást bakalářských, diplomových či disertačních prací na KDF MFF UK. V budoucnu chceme ve spolupráci se zkušenými učiteli vytipovávat přímo pokusy z jejich praxe a přiblížit je prostřednictvím SFP jejich kolegům.

Totální odraz ve vytékající vodě

Pokus číslo: 1594

Cíl pokusu

Teorie

Lom světla na rozhraní dvou optických prostředí se řídí Snellovým zákonem

$$n_1 \sin\alpha = n_2 \sin\beta,$$

kde α je úhel dopadu, β úhel lomu a n_1, n_2 jsou indexy lomu příslušejících prostředí. Aby mohl nastat totální odraz, musí světlo procházet z prostředí opticky hustšího do prostředí opticky řidšího. Dochází k lomu od kolmice a s rostoucím úhlem dopadu se zvětšuje i úhel lomu. Při tzv. mezním úhlu dosáhne úhel lomu největší možné hodnoty, tedy 90°. Mezní úhel je tedy největším úhlem dopadu, při kterém ještě nastává lom světla. Při větších úhlech dopadu už k lomu světla nedochází a paprsek se jen odráží od rozhraní. Říkáme, že dochází k totálnímu odrazu. Právě na tomto jevu jsou založena optická vlákna. Průchod paprsku vláknem je vidět na obrázku níže.

http://kdf.mff.cuni.cz/pokusy/__devel/

Převzato z: Encyklopedie fyziky

Pomůcky

Postup

Vzorový výsledek

Video níže ilustruje průběh pokusu.

Technické poznámky

- Pro snazší vytvoření otvoru je dobré hřebík napřed nahřát nad svíčkou.
- Otvor by měl být širší než laserový paprsek, aby nedocházelo k nechtěným odrazům. Navíc úzký paprsek bude procházet vodním proudem po lomené čáře, čímž se zviditelní demonstrovaný jev.
- Při napouštění lahve vodou je dobré utěsnit vytvořený otvor a následně láhev uzavřít, aby voda zbytečně nevytékala, dokud nádoba nebude připravená na správném místě.

Obr. 1. Ukázka pokusu publikovaného ve SFP

Tabulka č. 1. Tematické celky a podcelky SFP

Celek	*Elektřina a magnetismus*	*Termika a molekulová fyzika*	*Optika*
Počet publikovaných pokusů (k 29. 8. 2015)	12	23	13
Podcelky	Elektrostatika Vedení el. proudu v kovech Stac. magnetické pole Elektromagnetická indukce Transformátory Střídavý proud	Změny vnitřní energie konáním práce Teplo a tepelná kapacita Tepelná vodivost Tepelná výměna prouděním a zářením Tání a tuhnutí Vypařování a kondenzace	Obecné poznatky o světle Geometrická optika Zobrazování optickými soustavami Vlnová optika

Kromě nárůstu počtu experimentů ve stávajících celcích a vzniku celků nových (zejména jde o celek *Mechanika*) plánujeme propojování SFP s již dříve zmíněnou *Sbírkou řešených úloh*. Úloha, jejíž řešení je možné ověřit pokusem (nebo taková, jejíž řešení k navazujícímu pokusu přímo vybízí) bude opatřena odkazem na příslušný pokus v SFP a naopak; první takové případy již SFP obsahuje.

Další výzvou je systematizace pokusů podle jejich náročnosti či podle úrovně, pro kterou jsou vhodné (ZŠ, SŠ, VŠ).

Celý projekt stojí na svém počátku a dosud zveřejněné pokusy byly tedy vlastně jakýmsi testovacím vzorkem, na kterém se za doprovodu některých „porodních bolestí“ tříbila současná podoba sbírky. Ta je ovšem živým organismem a jistě bude podléhat dalším proměnám – máte-li tedy vizi, jak přispět ke zkvalitnění SFP, kontaktujte autora tohoto článku, uvítáme Vaše nápady!

Závěr

Sbírka fyzikálních pokusů je elektronickou databází, která v současnosti nabízí více než 50 pokusů s víceméně jednotnou strukturou. Doufáme, že bude užitečná nejenom řadovým učitelům fyziky, ale také učitelům nastupujícím či těm, kteří si doplňují aprobaci právě pro tento obor.

Literatura

[1] Svoboda, E. a kol.: *Pokusy z fyziky pro střední školy I-IV*. Nakladatelství Prometheus 1997, 1999, 2001.

[2] *Sbírka fyzikálních pokusů* [online]. Dostupné z: http://fyzikalnipokusy.cz/cs [cit. 28. 8. 2015].

[3] Šabatka, Z. a kol.: *Demonstration Experiments in Electricity and Magnetism for Future.* In: Proceedings GIREP-EPEC Conference 2011. Ed.: Lindell A., Kähkönen A.-L., Viiri, J. University of Jyväskylä 2011. s. 296-301.

[4] *Sbírka řešených úloh* [online]. Dostupné z: http://reseneulohy.cz/cs [cit. 28. 8. 2015].

[5] *Fyzlab* (kanál na YouTube) [online]. Dostupné z: https://www.youtube.com/user/fyzlab [cit. 9. 8. 2015]

Astronomie: Jak si představit nepředstavitelné

OTA KÉHAR
Fakulta pedagogická Západočeské univerzity v Plzni

Během různých akcí zaměřených na astronomii, ať již popularizačního rázu nebo samotnou výuku ve škole, narážím na situace, kdy je nutné účastníkům přiblížit některé těžko představitelné hodnoty některých veličin. V příspěvku se zaměřím na několik praktických ukázek, kde pomocí srovnávací metody ilustruji základní představu o velikostech vesmírných těles různých typů, prostorových vzdáleností mezi nimi, případně složitě představitelných fyzikálních veličin (např. tlak nebo množství vody v atmosféře).

Motivační úloha astronomie

Astronomie je jedna z nejstarších věd. Zabývá se vesmírnými tělesy a jejich fyzikálními a chemickými vlastnostmi, sleduje jejich vzájemné působení. Zkoumá vznik, vývoj a zánik vesmírných těles. I když lidé pozorují oblohu a vesmírná tělesa od počátku své existence, představy o vesmíru se neustále mění.

Při pohledu na hvězdnou oblohu se nám hvězdy, ale i planety jeví jako svítící body, které se od sebe liší barvou a jasností. Když si přečteme astronomický článek, může nás překvapit množství podrobností. Odkud to astronomové vědí? Jsou to pouze dohady, nebo je za tím množství měření a výpočtů?

Nechávat astronomii ve školách jako poslední téma fyziky navíc ztrácí další důležitý aspekt: jedná se o téma populární, atraktivní. Jednak pokládanými otázkami a hlavně svými výsledky, ať již formou astronomických fotografií či získaných faktů. Motivační hodnota astronomie pro získání zájmu mladých o studium přírodních věd tak může zůstat nevyužita.

Volba metod výuky astronomického učiva nám dovoluje dosáhnout vytyčených vzdělávacích cílů se stanoveným obsahem učiva. Ukazuje se, že pro výuku astronomických poznatků na střední škole jsou vhodné metody deduktivní, induktivní a srovnávací.

Deduktivní metoda postupuje od obecných principů směrem k individuálním jevům a vztahům. Žáci se pomocí této metody učí třídit jevy užší platnosti pod jevy širší platnosti. Tato metoda výrazně přispívá k formování hierarchie zákonitostí a pojmů. Řada astronomických jevů různých měřítek má totiž společnou fyzikální podstatu. Například je tato metoda vhodná při výkladu kosmogonie sluneční soustavy, hvězd a Galaxie.

Induktivní metodu můžeme uplatnit při postupném výkladu vlastností planet, hvězd a galaxií. Obě metody (deduktivní, induktivní) není vhodné od sebe izolovat, ale lze je používat současně a vzájemně jimi výuku doplňovat.

K nejobtížnějším vzdělávacím cílům výuky astronomických poznatků patří bezesporu tvorba základních představ o velikostech vesmírných těles různých typů (planeta,

hvězda, sluneční soustava, galaxie, vesmír) a prostorových vzdálenostech mezi nimi. V tomto okamžiku je možné použít srovnávací metodu, kdy různá číselná, obrazová a modelová srovnání ulehčují žákům pochopení rozmanitosti rozměrů a hmotností vesmírných těles (planety kamenné a plynné, trpasličí planety, planetky, komety atd.) ve sluneční soustavě, rozměrů hvězd v jednotlivých stádiích jejich vývoje (hvězdy hlavní posloupnosti, obři, závěrečná stádia – bílý trpaslík, neutronová hvězda, černá díra). K snadnému pochopení prostorových měřítek ve vesmíru jsou vhodná srovnání vzdáleností kosmických těles, např. Země–Měsíc, Země–Slunce, Slunce–nejbližší hvězdy apod. Hojně používané je srovnání poloměru a hmotnosti Země s ostatními planetami, poloměru a hmotnosti Slunce s různými typy hvězd, naší Galaxie s jinými galaxiemi.

Netradiční příklady srovnávací metody

Hledání exoplanet aneb jedna ku miliardě

Nejsnáze představitelná metoda používaná při hledání planet u jiných hvězd (pro tyto planety používáme pojem exoplanety) je metoda přímého zobrazení, která spočívá v přímém vyfotografování exoplanety obíhající okolo vzdálené hvězdy. Tato metoda má ovšem svá omezení a nelze ji (snadno) použít. Na vině jsou rozlišovací schopnost přístrojů (úhlová vzdálenost mezi hvězdou a exoplanetou) a kontrast (relativní jasnost hvězdy a exoplanety). Podíváme se na poměry ve sluneční soustavě: zářivý výkon Slunce je $4\cdot10^{26}$ W, odražený výkon od Země je $5\cdot10^{16}$ W, od Jupiteru $2{,}5\cdot10^{17}$ W; tzn. kontrastní poměr je 1:1 000 000 000, což odpovídá změně o 23 mag. Detekovat takovouto změnu je za současného technického vybavení snímacích prvků nemožné. Kdybychom uvažovali hvězdu ve vzdálenosti 100 světelných let a chtěli odhalit exoplanetu ve vzdálenosti 1 astronomické jednotky, znamenalo by to rozlišovací schopnost dalekohledu lepší než 0,03 úhlové vteřiny. K tomu by byl zapotřebí objektiv o průměru 4 m. To je technicky realizovatelné, nicméně museli bychom vyřešit vliv atmosféry Země – její neklid neboli seeing, který je v řádu jedné úhlové vteřiny. To lze řešit adaptivní optikou nebo umístěním dalekohledu mimo atmosféru Země.

Jak si ale představit kontrastní poměr jedna ku jedné miliardě? Představme si maják a světlušku, kterou bychom umístili do vzdálenosti 30 cm od majáku. Celé toto uskupení bychom pozorovali ze vzdálenosti 700 km, což znamená umístit maják např. do Bruselu a pozorovat vše z Prahy. Nesmíme v tomto případě brát v úvahu zakřivení Země (ale ani atmosférickou refrakci), protože jinak bychom potřebovali maják, který bude vysoký několik desítek km, abychom ho mohli z této vzdálenosti pozorovat.

Atmosféra Marsu aneb sedm hektopascalů

Atmosféra planety Mars je zcela odlišná od atmosféry naší Země. Je složena zejména z oxidu uhličitého s malým množstvím ostatních plynů.

Vzduch na Marsu obsahuje pouze jednu tisícinu vody v porovnání se Zemí, přesto toto množství je schopné zkondenzovat a vytvořit oblačnost, která se vznáší vysoko v atmosféře nebo se víří okolo svahů ohromných sopek. V údolích se mohou v časných ranních hodinách utvářet místa s mlhou.

Vzhledem k tomu, že má Mars zhruba třetinové gravitační zrychlení vůči Zemi, unikají z horních vrstev jeho atmosféry částice plynů mnohem rychleji, než je tomu u hmotnější a větší Země. Tlak na povrchu se pohybuje mezi 600 a 1 000 Pa (s extrémy 30 Pa na vrcholku hory Olympus Mons až 1 155 Pa v oblasti Hellas Planitia). Je to přibližně 100krát až 150krát méně než na povrchu Země; odpovídá to tlaku zhruba ve výšce 30 km nad zemským povrchem (průměrný tlak na povrchu Země je 101,3 kPa).

Jsou schopni si tyto hodnoty představit studenti? Kdo z nich se nacházel ve výšce nad 30 km nad Zemí jako např. Felix Baumgartner, který skočil z výšky 39 km nebo viceprezident Google, který se podíval o 2 km výše? Stejně tak představa o tlaku není příliš názorná. Proto raději používám lépe představitelnou hmotnost.

Začínám jednoduchou otázkou, jakou má hmotnost 1 m^3 vzduchu na Zemi (přičemž pomocí svinovacího metru ukazuji právě 1 m, aby představa pro studenty byla dokonalejší). Odpovědi se různí…přeci nemůže vážit vůbec nic, když je kolem nás, až po řádově kilogramy. Abych odpověď usnadnil (případně používám jako doplňující nápovědu), používám některé běžné známé pomůcky – několikagramový sáček čaje, 20 g vanilkový cukr, 100 g čokoládovou polevu, 1000 g polohrubou mouku.

Jako správnou odpověď považuji 1 kg. Nicméně není to tak jednoznačné. Je nutné doplnit informaci o podmínkách. Stejnou hustotu má vzduch ve výšce 1 500 m nad mořem, tzn. před výstupem na Sněžku (1 602 m) nebo při teplotě 100 °C. Při běžné pokojové teplotě je hustota vzduchu okolo 1,3 kg/m^3; při nadmořské výšce 300 m je to více jak 1 kg/m^3, při nadmořské výšce 0 m a 15 °C je hustota vzduchu 1,225 kg/m^3.

Následuje otázka na odhad hmotnosti 1 m^3 vzduchu na Marsu. Je vhodné připomenout, že vzduch je na této planetě mnohem řidší, hodnota musí být (mnohem) menší než na Zemi. Odpovědi se mohou lišit nejenom od studentů, ale i na různých zdrojích na internetu. Původně jsem našel hodnotu 3 g/m^3 [5], k nalezení je i mnohem vyšší hodnota 15 g/m^3 [6], až po 20 g/m^3 nacházející se na stránkách NASA [7].

Pokud porovnáme hmotnostní složení obou atmosfér, zjistíme, že atmosférický tlak při povrchu Země je 145krát vyšší, než při povrchu Marsu (1013 hPa versus 7 hPa), nicméně atmosféra Marsu je 1,5krát těžší než atmosféra Země (Mars: 95 % CO_2 = 44 nukleonů = 42 g/mol; Země: 77 % N_2 a 21 % O_2 = 60 nukleonů = 28 g/mol). Jestliže má 1 m^3 vzduchu Země hmotnost 1,3 kg, pak na Marsu je nejblíže hodnota zhruba 13 g (odpovídá svojí hmotností sáčku cappuccina).

Planety na obloze aneb jedna úhlová minuta

Planety se na obloze na první pohled, při pozorování pouhýma očima, jeví jako bod. Souvisí to s rozlišovací schopností lidského oka neboli schopností oka rozlišit dva co nejblíže ležící body. Bod se na sítnici oka zobrazuje jako malý rozptylový kroužek. Dva body lze vzájemně odlišit, pokud je na sítnici mezi jejich obrazy (rozptylovými kroužky), alespoň jeden volný světlem nezasažený čípek. Průměr čípku je asi 5 µm, vzdálenost sítnice od obrazového uzlového bodu oka je 17 mm. Úhlová vzdálenost ještě rozlišitelných bodů je tedy 1 úhlová minuta. Rozlišovací mez závisí na kontras-

tu, jasu a počtu pozorovacích podrobností. Meze 1 úhlové minuty dosáhneme při pozorování černých čárek na bílém podkladě při vhodném osvětlení.

Jak si představit 1 úhlovou minutu? Jako pozemský předmět můžeme použít 1 Kč, která má dle ČNB průměr 20 mm. Studenti mohou odhadnout, jak daleko se musíme vzdálit, abychom korunu viděli právě pod úhlem jedné úhlové minuty. Jde o vzdálenost 69 m. Snazší varianta realizovatelná i ve třídě je použít šachovnici o velikosti 10 x 10 políček (viz obr. níže vlevo). Pokud uděláme tento čtverec o velikosti 10 mm, měli bychom ho rozlišit ještě ve vzdálenosti 7 m, což se ukazuje, že je nereálné. Můžeme si udělat i další varianty: 15 mm @ 10 m, 22 mm @ 15 m, 29 mm @ 20 m.

Na tomto příkladě lze demonstrovat, proč planety vidíme na obloze jen jako bod. Největší planeta na obloze, Venuše, dosahuje max. 66 úhlových vteřin. Jupiter dosahuje max. 50 úhlových vteřin. Okolo Jupitera se pohybují čtyři velké měsíce ve vzdálenosti až 7 úhlových minut, což je sice nad rozlišovací schopností lidského oka, nicméně pouhýma očima je nelze snadno pozorovat, protože jas Jupitera nám to znemožňuje. Mars dosahuje při svém největším přiblížení max. 25 úhlových vteřin, což je již hluboko pod rozlišovací schopností lidského oka.

K porovnání úhlových průměru Slunce, Měsíce a planet s Mezinárodní vesmírnou stanicí, znakem E z osmého řádku Snellenovy tabule lze použít schéma na obrázku výše vpravo. Pro získání věrného zobrazení velikostí je nutné mít obrázek ve vzdálenosti 103 násobku šířky kružnice odpovídající „Měsíc: max.“ (Moon: max.). Například pokud bude tento rozměr na monitoru 10 cm, je nutné být od něj vzdálen 10,3 m.

Nepovedený příměr na kilometr krychlový

Vraťme se ještě na okamžik k atmosféře Marsu. Mars se značně liší od Země. Jeho průměr je poloviční. Zatímco povrch Země je ze 70 % pokryt vodou, na povrchu Marsu se nemůže vyskytovat voda v kapalném skupenství, a to díky nízkému atmosférickému tlaku. Přesto se voda nachází v jeho atmosféře, i když je velmi suchá, obsahuje 10 000krát méně vody než atmosféra Země. Ale i z tak nepatrného množství vznikají oblaka z jemných ledových částic, tvoří se přízemní ranní mlhy v údolích a

tenká vrstva jíní v zimě. Uvádí se, že atmosféra Marsu obsahuje zhruba 1–2 km^3 vody. Je to hodně nebo málo? Kolik je 1 km^3 vody?

Představme si nádrž, která má 1 km na šířku, 1 km na délku a 1 km na výšku = 1 km^3, kterou naplníme vodou. Nyní do nádrže uděláme otvor, kterým necháme vytékat 1 litr za sekundu. Otázka zní: za jak dlouho nádrž vyteče? Necháme studenty tipovat, zda mají o této záležitosti nějakou představu, zároveň je vtáhneme lépe do děje a budou chtít znát správnou odpověď. Odpověď bude víceméně překvapivá, zní 31 710 let a v tomto případě jsme udělali špatný příklad na srovnání (1 km^3 je 1 bilion litrů vody neboli 1 teralitr, 10^{12} l = 10^{12} s = 11 574 074 dnů). Nicméně můžeme poukázat na velikost (půdorys) nádrže v porovnání s velikostí náměstí či čtvrtí ve městě – normální chůzí potřebujeme okolo nádrže necelou hodinu. Na Zemi není vyšší stavby, než naše kilometrová nádrž – nejvyšší budova světa Burdž Chalífa v Dubaji by se svými 828 m tiše záviděla. A co pak množství vody? V České republice není přehrada, která obsahuje více vody. Nejrozlehlejší přehrada Lipno obsahuje 0,3 km^3 vody, nejobjemnější přehrada České republiky Orlík 0,7 km^3 vody. Bylo by zapotřebí vody z obou nádrží na naplnění naší nádrže. Na stránkách Povodí Vltavy (nebo i jiných povodí) lze najít průtoky jednotlivých řek. Pokud např. Prahou protéká 200 m^3/s (tzn. hůře představitelných 200 000 l/s), nádrž by se zaplnila za necelé 2 měsíce. Výhodnější by byly pro nás záplavy; to když v roce 2013 protékalo Prahou v kulminaci 3 500 m^3/s, stačily by na naplnění naší nádrže jen necelé 4 dny.

Závěr

Srovnávací metodu najdeme již u J. A. Komenského, kdy vyžadoval přirozenou metodu vzdělávání, odvozenou z poznání a napodobování přírody. Z vlastní zkušenosti mám ověřené, že studentům tato metoda vyhovuje a lépe je to vtáhne do diskuze ohledně možných výsledků. Pokud student odhadne výsledek, je potom mnohem více zvědavý, jaká je správná odpověď a jak blízký jí on sám byl, případně jak na tom byl v porovnání s dalšími studenty.

Literatura

[1] Wikimedia Commons. *Comparison angular diameter solar system* [online]. [cit. 2015-09-14]. Dostupné z: commons.wikimedia.org/wiki/File:Comparison_angular_diameter_solar_system.svg

[2] WikiSkripta, projekt sítě lékařských fakult MEFANET. *Rozlišovací schopnost lidského oka* [online]. [cit. 2015-09-14]. Dostupné z: www.wikiskripta.eu/index.php/Rozlišovací_schopnost_lidského_oka

[3] KÉHAR, O. *Katalogy astronomických objektů na webových stránkách Astronomia a jejich použití ve školách*. Plzeň, 2014. Disertační práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta pedagogická. Dostupná z: kof.zcu.cz/st/dis/kehar/disertacni_prace_kehar.pdf.

[4] Povodí Vltavy. *Povodí Vltavy* [online]. 2013 [cit. 2015-09-14]. Dostupné z: pvl.cz

[5] Mission to Mars. *Climate & Weather* [online]. [cit. 2015-09-14]. Dostupné z: http://resources.yesican-science.ca/trek/mars2/final2/mars_info/mars_info_climate.html
[6] Physics Forums. *Mars balloon, forces, pressure* [online]. [cit. 2015-09-14]. Dostupné z: https://www.physicsforums.com/threads/mars-balloon-forces-pressure.481367/
[7] Planetary Fact Sheets. *Mars Fact Sheet* [online]. [cit. 2015-09-14]. Dostupné z: http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/marsfact.html

Čištění vody využitím nanotechnologií a začlenění tohoto tématu do výuky fyziky

LUCIE KOLÁŘOVÁ, JIŘÍ TUČEK
Katedra experimentální fyziky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, email: lucie.kolar@gmail.com

Abstrakt

Čistá voda není na mnohých místech světa samozřejmostí. I ve vyspělých zemích roste počet vodních zdrojů, které jsou kontaminovány průmyslovou nebo zemědělskou činností. K řešení problémů se znečištěním povrchových i podzemních vod můžeme využít nanotechnologií. K čištění kontaminovaných vod se využívají magnetické nanočástice železa a proto můžeme snadno zařadit tyto moderní technologie do výuky fyziky do učiva o magnetických vlastnostech látek a jejich aplikací.

Potřeba čisté vody

Přístup k čisté vodě je důležitým celosvětovým problémem, zejména pokud jde o zdraví obyvatel v rozvojových zemích. I ve vyspělých zemích roste počet vodních zdrojů, které jsou kontaminovány průmyslovou nebo zemědělskou činností, nebo jsou vyčerpány. Mimoto se očekává, že do roku 2030 vzroste celosvětová populace až o jednu třetinu a tím i poptávka po pitné vodě.

Asi jedna miliarda lidí žije ve špatných podmínkách ve slumech a osadách, kde nemají přístup k nezávadné vodě, hygienickým zařízením, bezpečným potravinám, slušnému přístřeší nebo práci. Světová zdravotnická organizace (WHO) odhaduje, že po celém světě přibližně 6% nemocí souvisí s nekvalitní vodou. Také ve vyspělých zemích je potřeba obnovit stárnoucí vodovodní rozvody, kanalizační systémy a modernizovat systémy čištění odpadních vod, aby byla voda i nadále kvalitní a zamezilo se jejím zbytečným únikům. Najít řešení mnohých výše uvedených celosvětových problémů týkajících se kvality pitné vody nám můžou pomoci i nanotechnologie. [1]

Nanotechnologie

I když si to možná neuvědomujeme, nanotechnologie se již staly součástí našeho každodenního života díky mnohým spotřebitelským produktům, jako jsou opalovací krémy, antibakteriální oblečení, hydrofobní povrchy, sportovní náčiní, mobilní telefony, tablety. Na internetových stránkách „The Project on Emerging Nanotechnologies“ (http://www.nanotechproject.org/cpi/products/) lze najít seznam asi 1800 nanoproduktů. Nanotechnologie rovněž pomáhají rozvíjet důležité oblasti jako medicína a ochrana životního prostředí.

Definice nanotechnologií

Nanotechnologie jsou postupy vedoucí k vytvoření užitečných funkčních materiálů, zařízení a systémů v nanoškále (přibližně od 1 do 100 nanometrů), které zároveň mají nové fyzikální, chemické a biologické vlastnosti. Tento obor zahrnuje poznatky z celé řády oblastí fyziky, chemie, biologie, nauky o materiálech a inženýrství. Co je na materiálech v nanosvětě tak výjimečného? Nanomateriály mají nové, často neočekávané vlastnosti, které nejsou pozorovány třeba v makrosvětě – některé lépe vedou elektrický proud nebo teplo, některé jsou pevnější, mají odlišné magnetické vlastnosti, lépe odrážejí světlo nebo mění barvu. Nanomateriály mají také daleko větší povrchovou plochu než materiály podobného objemu v makrosvětě. Nanomateriály definujeme jako materiály, které mají alespoň jeden rozměr v nanoškále (1-100 nm). [2]

Nanočástice

Nanočástice patří mezi nanomateriály, které mají všechny tři rozměry v nanoškále. Některé nanočástice vznikly během eroze a vulkanické činnosti a jsou tak přirozenou součásti našeho životního prostředí, některé byly lidmi záměrně vyrobeny vhodnými fyzikálními nebo chemickými postupy.

Když se velikost nanočástice zmenšuje, roste počet atomů, které leží na jejím povrchu. Pro představu pro nanočástici o velikosti 100 nm představuje podíl těchto atomů 1-3 % z celkového počtu atomů tvořících tuto nanočástici. Pro nanočástici o velikosti 5 nm už tento podíl přestavuje 30-60 %. Díky tomu jsou nanočástice vysoce chemicky aktivní. [3]

Obr. 1. Model nanočástice

Čištění kontaminovaných vod

Podzemní i povrchové vody jsou znečištěné různými látkami, které mají negativní vliv na naše zdraví a životní prostředí. Mezi tyto látky patří hlavně chlorované uhlovodíky, pesticidy, fosforečnany, dusičnany a těžké kovy jako například arsen. Právě arsen je klasifikován jako karcinogen a přestavuje nebezpečí v mnoha zemích po celém světě. Miliony lidí, převážně v rozvojových zemích, každý den pijí vodu, ve které koncentrace arsenu několikanásobně převyšuje limit doporučený Světovou zdravotnickou organizaci WHO. Požívání arsenu v pitné vodě může vést k několika formám rakoviny. [4]

K čištění podzemních i povrchových vod lze využít nanotechnologií. Uplatnění těchto moderních technologií k čištění kontaminovaných podzemních vod je ekologicky šetrné s minimálním dopadem na životní prostředí a také finančně výhodnější oproti běžným metodám, které se k čištění vod používají.

Nanočástice železa

K čištění kontaminovaných podzemních i povrchových vod se úspěšně využívají nanočástice nulamocného (elementárního) železa díky své mimořádně malé velikosti, obrovské povrchové ploše a vysoké reaktivitě. [4]

Obr. 2. Snímek nanočástic nulamocného železa [8]

Princip čištění

Čištění podzemních vod se provádí metodou *in-situ* (na místě), která je založena na injektáži nanočástic nulamocného železa do malých vrtů přímo ve znečištěné oblasti. Nanočástice se díky své malé velikosti transportují podzemní vodou z místa vstříknutí až do kontaminovaného místa, kde reagují s polutanty (tj. odpadními látkami). Při oxidačně-redukční reakci nanočástic s polutanty dochází ke snížení pohyblivosti a toxicity znečisťujících látek nebo přeměně na netoxické oxidy železa, které se běžně nacházejí v přírodě. Ty zůstávají uložené v dané lokalitě a nejsou pro lidské zdraví a životní prostředí nebezpečné. V případě potřeby lze využít magnetických vlastností nanočástic a spolu s nečistotami je separovat pomocí vnějšího magnetického pole. Pilotní testy aplikace nanočástic nulamocného železa k odstranění kontaminace podzemních vod byly velice úspěšně provedeny v bývalém areálu společnosti KARA Trutnov. Další pilotní testy probíhají v různých oblastech celé České Repubiky. [5]

Obr. 3. Schéma čištění

Tyto nanočástice železa lze použít i při čištění povrchových vod například odpadních a důlních. Velká reaktivita nanočástic poskytuje možnost čištění vod, které mají vysoký obsah uranu a arzenu i v mnoha lokalitách v České Republice. Dají se rovněž využít pro snížení obsahu těžkých kovů, dusičnanů a fosforečnanů v pitné vodě, které nejsou snadno a levně odstranitelné standardními technologiemi. Tyto aplikace se dále rozvíjejí. [5] Mezi znečisťující látky patří také hormony vylučované lidmi, které klasické technologie používané v čističkách odpadních vod nedokáží odstranit na rozdíl od nanočástic nulamocného železa.

Tímto problémem se také úspěšně zabývají vědci v Regionálním centru pokročilých technologií a materiálů (RCPTM) v Olomouci, což je vědecko-výzkumné pracoviště Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého.

Začlenění tématu do výuky fyziky

Jelikož se k čištění kontaminovaných vod využívají nanočástice železa, je tedy možné začlenit toto zajímavé a zároveň současné téma do učiva o stacionárním magnetickém poli, které uzavírá poznatky o magnetických vlastnostech látek. V průběhu vývoje obsahu školské fyziky bylo toto učivo významně redukováno v souvislosti s vývojem technologií záznamu informací, kde různé nosiče záznamu ztrácí svůj praktický význam. Výklad tohoto učiva je zaměřen na rozdělení látek z hlediska jejich magnetických vlastností (látky diamagnetické, paramagnetické a feromagnetické) a na využití feromagnetických látek v praxi. [6]

Princip čištění lze studentům ukázat prostřednictvím videopokusu, který bude dostupný od prosince 2015 na stránkách http://pokusy.upol.cz/videopokusy/. Nanočástice elementárního železa nejsou pro učitele běžně dostupné, i když již existují firmy, které se zabývají jejich výrobou.

Nejprve čistou vodu v kádince smícháme s polutanty, v našem případě jsou to dichromany. Tento roztok představuje znečištěnou podzemní vodou. Míchání představuje proudění podzemní vody.

Obr. 4. Znečištění vody

Do roztoku přidáme nanočástice železa a necháme je působit. Nanočástice železa reagují s polutanty a přemění tyto látky na neškodné, které již nemají škodlivé účinky na životní prostředí a naše zdraví.

Obr. 5. Aplikace nanočástic železa

Nyní využijeme magnetické vlastnosti nanočástic elementárního železa a oddělíme je pomocí vnějšího magnetického pole, tedy magnetu. Po separaci částic je voda vyčištěná.

Obr. 6. Separace nanočástic po reakci polutanty

Učitel může žákům představit nanočástice železa ve formě ferrofluidu, což je magnetická kapalina běžně dostupná v internetových obchodech s magnety. Ferrofluidy byly původně vyvinuty v šedesátých letech ve výzkumném centru NASA. Vědci vytvořili nový druh kapaliny, která mohla být ovládána a kontrolována prostřednictvím magnetického pole. Při aplikaci vnějšího pole na ferrofluid se částice uspořádají během několika milisekund ve směru vnějšího magnetického pole a vytvoří strukturu připomínající ježečka. Bodliny mají směr magnetických indukčních čar aplikovaného magnetického pole. Žáci mohou srovnat chování ferrofluidu s chováním železných pilin. Po odstranění vnějšího magnetického pole (magnetu) vykazují piliny na rozdíl od ferrofluidu zbytkovou magnetizaci. Ferrofluid i železné piliny jsou vyrobeny z přesně stejného materiálu – magnetitu (Fe_3O_4). Rozdíl je jen ve velikosti částic. Ferrofluid je suspenze obsahující nanočástice o velikosti okolo 10 nanometrů, surfaktant a nosnou kapalinu. Žáci tedy mohou pozorovat, jak se mění vlastnosti materiálu v nanosvětě.

Obr. 7. Ferrofluid po aplikaci magnetu

Nabízí se zde možnost vyměnit „staré“ a již nepoužívané aplikace za ty nové, aktuální. Učitelé mohou využít příležitost a rozšířit učivo o další jevy (superparamagnetismus, jednodoménovost, obří magnetorezistence) a aplikace (ferrofluidy, cílená doprava léčiv, ukládání dat) týkající se magnetismu nanomateriálů.

Tento námět může být součástí jedné z problémových otázek tematického okruhu Člověk a životní prostředí průřezového tématu Environmentální výchova týkající se využívání a znečištění vody člověkem.

Závěr

Nejen pro zájem a motivaci žáků o přírodovědné obory je důležité, aby učitelé integrovali do své výuky fyziky současné špičkové vědecké poznatky. Je docela možné, že nás čeká svět, ve kterém budou vévodit nanotechnologie. Tento směr už zřejmě nikdo nezmění, ale školská fyzika může na to naše žáky zodpovědně připravit, protože to bude svět, ve kterém budou žít. [7]

Literatura

[1] Fostering Nanotechnology to Address Global Challanges: Water, OECD 2011
[2] Nanotechnology: Big Things from a Tiny World, dostupné (online) na http://www.nano.gov/node/240
[3] Baláž, P., Baláž, M., Turianicová, E.: Chémia materiálov, VEDA Vydavateľstvo SAV Bratislava, 2014
[4] Kanel S.R., Manning B., Charlet L. a Choi H., Removal of Arsenic (III) from Groundwater by Nanoscale Zero-Valent Iron, Environ. Sci. Technol. 2005, 39
[5] www.nanoiron.cz
[6] Lepil O., Svobody E.: Příručka pro učitele fyziky na střední škole. Prometheus Praha, 2007, s. 190-191
[7] www.nanoyou.eu
[8] Soukupova J., Zboril R., Medrik I., Filip J., Safarova K., Ledl R., Mashlan M., Nosek J., Cernik M., Highly concentrated, reactive and stable dispersion of zero-valent ironnanoparticles: Direct surface modification and site application, Chemical Engineering Journal 262 (2015) 813–822

Zkušenosti z Praktik školních pokusů II

VĚRA KOUDELKOVÁ, STANISLAV GOTTWALD
KDF MFF UK Praha

V letošním akademickém roce byl na KDF MFF UK inovován předmět Praktikum školních pokusů II (elektřina a magnetismus) určený pro posluchače prvního ročníku navazujícího magisterského studia učitelství fyziky. V tomto příspěvku je stručně nastíněna především struktura a cíle praktik a ukázány vybrané experimenty, které tak mohou lépe tento předmět ilustrovat.

O seminářích Praktikum školních pokusů

Seminář Praktikum školních pokusů (dále jen PŠP) je určen posluchačům učitelství navazujícího magisterského studia na MFF UK. Pro posluchače prvního ročníku je seminář rozdělen do dvou na sobě nezávislých částí. PŠP I probíhá v zimním semestru v rozsahu tří vyučujících hodin a je zaměřen na pokusy z oblasti mechaniky, hydromechaniky, kmitání a vlnění a optiky. PŠP II je pak do rozvrhu zařazován v semestru letním a je orientován na pokusy z elektřiny a magnetismu. Vzhledem k tomu, že v letním semestru probíhají pedagogické praxe, je tento semestr z pohledu výuky zkrácen, a proto je seminář PŠP II dotován čtyřmi vyučovacími hodinami (týdně). V dalších ročnících se posluchači mohou zapsat do rozšiřujících praktik, kde si opakují a prohlubují své znalosti a zručnost při přípravě a demonstraci pokusů v rámci přípravy ke státním závěrečným zkouškám (PŠP III a PŠP IV). Vzhledem k tomu, že vedeme PŠP II a v letošním roce jsme úlohy poměrně hodně inovovali, budeme se dále zabývat pouze tímto seminářem.

O semináři Praktikum školních pokusů II

Struktura PŠP II

Témata elektřiny a magnetismu jsou pro potřeby PŠP II rozděleny do 8 částí. Pokusy jsou v jednotlivých částech dále děleny do několika skupin (podkapitol). Na každou část mají posluchači k dispozici 4 vyučovací hodiny. Posluchači pracují zpravidla ve dvojicích, každá dvojice se v daný týden zabývá jednou částí; paralelně probíhají čtyři části, další týden si úlohy prohodí atd. Po 8 týdnech se každá dvojice seznámí se všemi částmi, což zpravidla odpovídá počtu vyučovacích týdnů. Zápočet získávají posluchači mimo jiné za stoprocentní aktivní účast na semináři.

Pro základní představu o obsahu PŠP II uvádíme názvy podkapitol jednotlivých částí. Dále pak v závěru tohoto textu popisujeme několik úloh, které také byly na Veletrhu předvedeny.

Elektrostatika

- Základní vlastnosti elektrického náboje
- Vzájemné elektrostatické silové působení
- Rozložení náboje
- Kapacita a kondenzátor
- Elektrostatická indukce

Polovodiče

- Vlastní vodivost polovodičů
- Dioda a LED
- Fotodioda a fotočlánek
- Tranzistor
- Experimenty s elektronickými soupravami

Vedení proudu ve vodičích

- Vedení proudu v kovech
- Vedení proudu v kapalinách
- Vedení proudu v plynech
- Proud ve vakuu

Magnetické pole

- Magnetické pole permanentních magnetů
- Magnetické vlastnosti látek
- Magnetické pole kolem vodiče s proudem
- Vodič a cívka s proudem v magnetickém poli

Elektromagnetická indukce

- Základní pokusy
- Směr indukovaného proudu, Lenzův zákon
- Vzájemná indukce
- Vlastní indukce
- Indukce na vlastní kůži
- Indukce kolem nás

Střídavé proudy

- Vlastnosti střídavého proudu a napětí
- Vlastnosti střídavého obvodu s rezistorem, cívkou a kondenzátorem
- Složený obvod střídavého proudu
- Výkon ve střídavém obvodu
- Střídavé obvody v domácnosti

Transformátory, generátory, motory

- Transformátory
- Generátory
- Motory

Elektromagnetické kmitání a vlnění

- Elektromagnetické kmitání
- Elektromagnetické vlnění
- Základní princip rozhlasového přijímače

Cíle PŠP

Cílů praktik, a to nejen PŠP II, je několik. Zejména jde o to, aby si posluchači sami vyzkoušeli některé demonstrační pokusy a získali v jejich přípravě a předvádění alespoň základní zručnost.

Dalším cílem praktik je, že posluchači získají základní databázi pokusů, které pak mohou ve své praxi použít, případně si jí sami rozšiřovat. Výhodou v současné době je i to, že zpracované návody na pokusy včetně obrázků, komentářů případně odkazů na další zdroje jsou na serveru katedry a jsou i do budoucna jednoduše dostupné.

Ačkoli hlavním cílem je, aby si posluchači vyzkoušeli pokusy demonstrační, do PŠP II jsme zařadili i pokusy technicky méně náročné, vhodné pro skupinovou nebo i individuální práci. Domníváme se, že i tyto pokusy by si měli posluchači vyzkoušet a seznámit se s případnými „nástrahami“ a překážkami. Takovými pokusy jsou např. pokusy s brčky, seznámení s kontaktním nepájivým polem a některými elektronickými soupravami, které mohou mít žáci i doma (Voltík, Boffin).

V neposlední řadě je cílem těchto praktik i to, aby si posluchači při přípravě a provádění praktik daná témata osvěžili a připomněli. Prováděním experimentů a diskusí si své znalosti více upevní, ale i prohloubí. Už z tohoto důvodu se nám osvědčilo, když jednotlivé části procházejí posluchači po dvojicích. Mohou tak mezi sebou diskutovat a případně si i objasňovat některé problémové části.

Co je v PŠP nového

Základ inovovaných úloh PŠP II vychází z tradiční struktury úloh [1] a [2]. Do souboru jsme zařadili úlohy využívající více polovodičových prvků, PC (sondy systému Vernier) a předmětů, které žáci mohou znát z vlastní zkušenosti (pokusy s mikrovlnou troubou, indukční nabíječkou na mobil či indukčním vařičem). Mnohé úlohy mají proto i několik variant (klasickou & modernější, jednodušší & složitější apod.). Objevili se tu pokusy nejen demonstračního charakteru, ale (jak bylo již výše uvedeno) i úlohy charakteru technicky jednoduššího vhodné např. pro badatelskou výuku. Posluchači se tak v PŠP setkají nejen se složitějšími přístroji (např. úlohy s PC, osciloskopem, Lecherovo vedení, mikrovlnná souprava apod.), ale i se zcela jednoduchými pomůckami (elektrostatika s brčky, pilinové obrazce apod.). Krom pokusů tradičních jsou do PŠP zařazeny pokusy sice známé a mnohdy dobře dostupné, ale ne vždy při přípravě posluchačů dostatečně zdůrazňované (jako např. pokusy s ferrofluidem, plasmovou koulí, mikrovlnkou apod.).

Výhodou nové verze PŠP je i zveřejnění úplného znění a zpracování pokusů na internetu (viz [3]). Jednotlivé části jsou opatřeny citací a řadou odkazů na zajímavé stránky na internetu. Pokusy jsou v současnosti zapracovávány do Sbírky fyzikálních pokusů (viz [4]). Posluchači, ale i učitelé v praxi, si tak mohou materiály stáhnout

případně shlédnout video se vzorovým provedením pokusu ještě před jeho vlastní realizací.

Ačkoli výsledné texty praktik prošly odbornou oponenturou, některé drobné chyby zůstaly neodhaleny. S jejich odstraněním nám pomohli samotní posluchači, kteří pro nás byli zdrojem řady podnětů a dalších úprav. Jejich cenné připomínky jsme mohli prakticky okamžitě do textů zapracovávat.

Některé vybrané úlohy z PŠP II

Curieova teplota feromagnetik

Překročí-li při zahřívání feromagnetické látky její teplota charakteristickou hodnotu, stane se tato látka paramagnetickou. Pro každé feromagnetikum je tato tzv. Curieova teplota feromagnetika jiná. Při chladnutí přejde látka při této teplotě zpět do feromagnetického stavu. Většina feromagnetických látek má Curieovu teplotu poměrně vysokou – pro nikl je Curieova teplota přibližně 360 °C, pro železo 770 °C, pro kobalt 1121 °C.

V PŠP užíváme k demonstraci prvek gadolinium, který má Curieovu teplotu okolo 20 °C. Vzorek gadolinia vložíme do nádoby se studenou vodou a ledem, necháme ho ochladit. Poté ho otřeme a demonstrujeme, že se k němu permanentní magnet přitahuje. Dále ho vložíme do nádoby s horkou vodou a po prohřátí demonstrujeme, že se k němu feritový magnet nepřitahuje. Pokud vzorek gadolinia vložíme zpět do studené vody, stane se opět feromagnetickým.

Na stránkách PŠP je uvedena i klasičtější varianta, která je však velmi náchylná na přesné umístění jednotlivých částí, a proto ne vždy vychází.

LEDky v solném roztoku

Jde o motivační pokus k vedení elektrického proudu v kapalinách, i když se k němu můžeme vícekrát vracet a případně detailněji o něm diskutovat. Z počátku jde jen o poměrně atraktivní předvedení vodivosti kapalin.

Nejdříve si upravíme LED tak, že jejich vývody roztáhneme směrem od sebe, případně je umístíme na malé lehké destičky (z polystyrénu, korku apod.). Do nádoby nalijeme koncentrovaný vodný roztok soli, vložíme elektrody (stačí protilehlé stěny obalit alobalem) a na ně připojíme zdroj napětí. Zapneme zdroj a postupně zvyšujeme napětí (vhodné napětí je dobré si předem vyzkoušet pomocí jedné diody položené na hladinu v propustném směru). Když pak do elektrolytu pod napětím vložíme LED, rozsvítí se podle toho, jak jsou orientované jejich vývody vzhledem ke směru intenzity elektrického pole. Z toho je patrné, že roztok zde slouží jako vodivý můstek mezi diodami a elektrodami, tedy, že roztok vede elektrický proud. U elektrod můžeme dále pozorovat vznikající bublinky (a slyšet slabé šumění) jako produkt chemických procesů, které s vedením proudu v roztoku souvisí. Diody můžeme otáčet a zkoumat, jak souvisí jejich svit s orientací vývodů.

Indukční nabíječka na mobilní telefon

Indukční nabíječka je na trhu poměrně nová a zatím poměrně málo rozšířená. Kromě ní je k nabíjení telefonu potřeba zakoupit ještě „receiver“ – plochou cívku, která se připojí k baterii mobilního telefonu.

Nabíječku připojíme do zásuvky a položíme na ni cívku s cca 20ti závity s připojenou LED. Pozorujeme, že se LED rozsvítí (v případě některých nabíječek bliká).

Experiment je vhodný jako motivační, hodí se i na různé show, předvánoční hodiny apod. Pokud chceme experiment použít jako motivační, lze nabíječku přilepit např. pod stůl – cívka tak bliká na prázdném stole zdánlivě bez přítomnosti zdroje.

Krystalka pomocí stavebnice Voltík

Krystalka je základní a nejjednodušší zapojení, které slouží k příjmu elektromagnetických vln, přesněji radiového signálu. Základem je LC oscilátor, který naladíme na přijímanou frekvenci (stanici), a to buď změnou kapacity (tzv. ladicího) kondenzátoru nebo (jako je tomu v tomto pokusu) změnou indukčnosti cívky vysouváním/zasouváním feritového jádra.

Pokus sestavíme podle uvedeného obrázku pomocí soupravy Voltík, kde najdeme i podrobný návod ([5], str. 36, pokus 23). Vzhledem k tomu, že konstruovaná krystalka neobsahuje žádný zesilovač (který se pochopitelně používá v lepších typech přijímačů) a vstupní laděný obvod je příliš jednoduchý, je nutno maximálně využít energii okolních radiových vln. Proto je nutné, aby anténa, na kterou vlny dopadají, byla tvořena minimálně 10 m drátem, jehož jeden konec necháme volně viset z okna podél budovy (délka antény je v tomto případě vlastně omezena výškou budov). Dále je nutné uzemnění, a to připojením krystalky (zdířky 51) ke kovové části ústředního topení nebo k uzemňovacímu kolíku zásuvky.

Po sestavení obvodu přiložíme ucho co nejblíže k reproduktoru a pozvolným posouváním jádra v cívce se snažíme naladit frekvenci některé stanice. Vzhledem k jednoduchosti zařízení je zvuk opravdu slabý. Zlepšit poslech je možno připojením vysokoohmového sluchátka (už

z pohledu lepšího komfortu a odstínění okolních ruchů) nebo změnou připojených kondenzátorů. Pomocí krystalky podle obrázku s paralelní kombinací 220 pF a 100 pF a sluchátkem 2 kΩ je možno relativně slušně u nás na katedře naladit stanici Impuls, a to při jádru zasunutém jen několik mm do cívky.

Několik slov závěrem

Zde jsme uvedli pro ilustraci jen několik pokusů, se kterými se naši posluchači v PŠP II v letošním akademickém roce setkali. S dalšími se můžete seznámit na stránkách praktik [3]. Vzhledem k tomu, že základním důvodem inovace praktik bylo, aby jejich obsah byl pokud možno pestrý a modifikovatelný v duchu nových trendů a technologií, texty nejsou definitivní a jednou pro vždy dané. Dále jsme si také vědomi, že i přes veškerou snahu se do textu mohla vloudit chyba. Proto prosíme laskavé čtenáře, ať napíší na email autorů jakýkoli podnětný komentář, upozornění či námět. Jenom tak mohou být texty praktik živé a inspirativní pro naše studenty i širší pedagogickou veřejnost.

Literatura

[1] E. Svoboda a kol.: Pokusy z Fyziky na střední škole 3. Prometheus, Praha 1999.
[2] E. Svoboda a kol.: Pokusy z Fyziky na střední škole 4. Prometheus, Praha 2001.
[3] Stránky předmětu: http://kdf.mff.cuni.cz/vyuka/psp2/
[4] Sbírka fyzikálních pokusů: http://fyzikalnipokusy.cz
[5] Voltík II. Průvodce stavebnicí. Návody na stavbu… Dostupné na: http://voltik.cz/fotky/voltik/v2/prirucka_v2.pdf

Aktivní učení v pokročilém vysokoškolském kurzu – Termodynamika a statistická fyzika

ZDEŇKA KOUPILOVÁ, PETR KÁCOVSKÝ
Katedra didaktiky fyziky, MFF UK, Praha

Abstrakt

Příspěvek se zabývá kurzem termodynamiky a statistické fyziky ve třetím ročníku VŠ, který jsme v uplynulém akademickém roce vyučovali metodami aktivního učení, zejména s využitím metody Peer Instruction [1]. Podle uvedených principů byla pozměněna nejenom vlastní výuka, ale i zápočtové testy a zkouška. Dle výsledků a vlastních vyjádření studentů vedla tato změna k tomu, že studenty výuka více bavila a jejich pochopení problematiky bylo hlubší a dlouhodobější. V příspěvku je uveden stručný popis celého kurzu, zkušenosti z výuky a pohled studentů na výuku touto metodou.

Úvod

Metody aktivního učení stále více pronikají do výuky (nejenom) fyziky na všech typech škol. Z tohoto důvodu považujeme za poněkud nešťastné, že fyzikální předměty budoucích učitelů fyziky jsou na naší fakultě většinou vyučovány formou tradičních přednášek. K samotné restrukturalizaci kurzu termodynamiky a statistické fyziky nás vedla předchozí dobrá zkušenost s metodami aktivního učení, které jsme v předchozím roce využívali jako doplněk tradičně vedené výuky. Přirozenou motivací byla také výzkumy prokázaná větší efektivita aktivního učení v porovnání s tradiční výukou [2, 3] a dokázaný dlouhodobější efekt aktivního učení na porozumění studentů [4].

Kromě snahy docílit u studentů hlubšího pochopení a déletrvajících znalostí bylo naším cílem dosáhnout aktivní práce studentů v hodinách a průběžné pravidelné práce během celého semestru – tedy navázat na zvyklosti, které studenti měli na středních školách, ale v průběhu vysokoškolského studia jim poněkud odvykli.

Dalším cílem, a to nikoli druhořadým, bylo také umožnit studentům, budoucím učitelům, přímou zkušenost s výukou vedenou metodami aktivního učení a vyzkoušet uvedenou formu výuky v podmínkách naší fakulty.

Popis výuky

Jak již bylo uvedeno výše, jedná se o pokročilý kurz termodynamiky a statistické fyziky určený studentům třetího ročníku bakalářského studia fyziky zaměřené na vzdělávání (tj. budoucích učitelů fyziky na SŠ). Tento předmět se skládá z tříhodinové přednášky (135 minut) a dvouhodinového cvičení (90 minut) týdně, ale již v předchozích letech došlo k integraci přednášky a cvičení (tj. obojí se prolíná a není striktně odlišeno). I když má semestr obvykle 13 týdnů, ale v uvedeném roce

z různých důvodů proběhla výuka jen v 11 týdnech. Přednášku navštěvovalo 7 posluchačů (5 studentů a 2 studentky), z nichž si ji 6 studentů zapsalo a absolvovalo.

I když jsme se při plánování přednášky a volbě metody výuky inspirovali různými směry, jednoznačně hlavní inspirací byla metoda Peer Instruction Erica Mazura [1] a jeho další postupy popsané v jeho přednáškách [5]. Velmi užitečné také byly články popisující využití těchto metod u nás, jak na ZŠ a SŠ [6], tak na VŠ [7].

Velmi stručně by se dalo říci, že jsme se snažili celou výuku postavit na dvou základních myšlenkách:

- Studenti mají být co možná nejvíc aktivní přímo během vyučovacích hodin, protože jsou to jednak oni, kdo se mají něco naučit, jednak přímo při výuce mohou využít přítomnost spolužáků a vyučujícího. Pokud mají studenti výuku „prospat“, tak se by ani nemusela konat.
- Velmi dobře je schopen s pochopením nového konceptu (zákonu, principu) pomoci studentovi někdo, kdo ho pochopil poměrně nedávno, např. jeho spolužák. Takový člověk si totiž ještě pamatuje, jaké to bylo dané věci nerozumět, a umí volit formulace blízké a srozumitelné pro spolužáky.

Přímá výuka

Přímá výuka se skládala z několika součástí. Odhad množství času, který byl věnován jednotlivým činnostem, je uveden na obr. 1.

I když výuka byla vedena hlavně metodami aktivního učení, záměrně jsme ponechali i krátké frontálně vedené bloky – „přednášení“ (zabíralo asi čtvrtinu času celé přímé výuky) a počítání standardních výpočtových úloh (15 % přímé výuky, obvykle ve skupinách).

Obr. 1. Rozdělení času mezi jednotlivé prvky přímé výuky

Obr. 2. Karty použité pro hlasování při práci metodou Peer Instruction (rozměr jedné kartičky cca 9×9 cm)

Těžiště výuky leželo v řešení speciálně navržených úloh, tzv. ConcepTestů, metodou Peer Instruction (asi čtvrtina času, detailně o metodě v [1, 5]). Pro získání odpovědí studentů jsme nepoužívali elektronický hlasovací systém, ale papírové kartičky (viz obr. 2). Vhodné úlohy jsme jednak vymýšleli sami na základě známých prekoncepcí v termodynamice [8] a na základě otázek a podnětů přímo od studentů, jednak jsme je přebírali z různých zdrojů (ve větším množství např. z [9, 10]). Další rozsáhlou složkou aktivního učení byly diskuze celé skupiny, kterým jsme věnovaly asi 20 % času přímé výuky. Studenti diskutovali jak nad problémy, které do hodiny přinášeli vyučující, tak nad otázkami, které kladli sami.

Dále byl čas v hodinách věnován zadání a diskuzím výsledků domácích úkolů (5 %) a zhruba 7 % času představovaly dva zápočtové testy. Organizační a technické záležitosti zabraly asi 3 % celkového času a je do nich zařazena i 40 minut trvající motivace a vysvětlení cílů takto pojaté výuky na začátku první přednášky. Vysvětlení motivace pro změnu vyučovací metody a jejích základních principů, včetně výhod a nevýhod, považujeme za klíčové pro celkový úspěch celého kurzu.

Domácí příprava studentů

Přípravě na tuto výuku museli studenti, dle jejich vlastního vyjádření, věnovat během semestru nadstandardně mnoho času. Domácí příprava se skládala ze dvou částí. Zaprvé měli studenti za úkol si pročíst (nikoli detailně prostudovat) vybrané části skript [11]. Jednalo se o šest vybraných kapitol či jejich částí, každá o délce 10-20 stran (na přečtení měli typicky dva týdny), a napsat k nim vždy alespoň tři otázky či komentáře. K tomuto účelu jsme používali systém NB (viz obr. 3) [12], umožňující online komentování PDF dokumentů větší skupinou lidí.

Obr. 3. Obrazovka komentovacího systému NB [12]

Druhou složku domácí přípravy představovalo pět rozsáhlých domácích úkolů s těmito tématy: Záludné otázky o teplotě a jejím měření, Práce s grafy, Řešení středoškolských úloh, Harmonický oscilátor ve statistické fyzice a úvaha Jak rozumět entropii. Zadáním posledního úkolu nebylo, jak by se mohlo mylně zdát, sepsat „učební“ text o entropii, ale zamyslet se nad tím, jak tento obtížný a pro uvedený kurz v jistém smyslu ústřední pojem chápe či k němu přistupuje samotný student, i s vědomím, že to může být chybné. Jednalo se tedy o způsob, jak studenty donutit se zamyslet nad vlastním učením (význam zařazení metakognitivní roviny do výuky je popsán např. v [13]). S odevzdanými texty jsme dále společně pracovali.

Zápočtové písemky a zkouška

Změna stylu výuky se promítla i do hodnocení. Pro absolvování předmětu studenti museli získat zápočet a složit zkoušku.

Kromě vypracování domácích úkolů a splnění domácího čtení (přečtení a okomentování předložených textů v systému NB) museli studenti úspěšně (tj. se ziskem alespoň 70 % bodů) napsat dva zápočtové testy – v polovině a na konci semestru. Testy byly složeny z úloh analogických ke ConcepTestům diskutovaných v hodinách nebo se jednalo o početní úlohy s krátkým výpočtem (nikoli jednoduché, ale časově nenáročné). Podle vzoru [5] měly oba testy dvě části – individuální, ve které studenti řešili předložené úlohy samostatně, a skupinovou, která na tuto navazovala, ve které řešili stejné úlohy ve trojicích. Ve skupinové části si mohli chybné odpovědi opravit a tím získat polovinu bodů za úlohu (resp. čtvrtinu bodů při druhé opravě). Za obě části – individuální i skupinovou – mohli získat stejný maximální počet bodů.

Ústní zkoušku studenti skládali během zkouškového období a měla charakter diskuze. Předem znali 15 široce formulovaných otázek průřezového charakteru. Na zkoušce si každý student dvě z otázek vylosoval a po půlhodinové přípravě, ve které bylo povoleno používat vlastnoručně psané poznámky, otevíral diskuzi o vylosovaném tématu. Kromě vylosovaných otázek měl každý student ještě přiděleny dvě otázky svých spolužáků, jejichž odpovědi doplňoval, opravoval či kladl otázky. Poté proběhla ještě diskuze všech studentů a řešení doplňujících otázek od vyučujících. Uvedený způsob zkoušení neprověřoval, zda se studenti naučili veškeré detaily probírané látky, ale

velmi jasně ukázal, zda rozumí ústředním pojmům, chápou souvislosti, získali nad tématem i jistý nadhled a jsou schopni řešit problémové úlohy.

Reakce studentů na výuku

Protože jedním z cílů při koncipování výuky touto metodou bylo, aby studenti měli možnost si tuto výuku vyzkoušet „na vlastní kůži“, zajímalo nás, jak studenti výuku vnímají. Na jejich pohled na výuku jsme se studentů ptali celkem třikrát: nejprve na poslední přednášce (písemnou formou, 6 otevřených otázek), asi týden po složení zkoušky (formou skupinové diskuze v rámci katedrálního semináře) a nakonec 5 měsíců po složení zkoušky, těsně po úspěšném složení státní závěrečné zkoušky, na kterou si byli nuceni zopakovat mj. i látku z termodynamiky a statistické fyziky (4 otevřené otázky).

Z názorů studentů vyplynulo, že s výukou byli velmi spokojeni, oproti jiným předmětům je mnohem více bavila, měli pocit, že problematice porozuměli lépe a více znalostí si udrželi i dlouhodobě. Jejich pohled budeme dále ilustrovat vybranými doslovnými citacemi jejich vyjádření…

… o celkovém průběhu kurzu:

- *„Líbila se mi rozmanitost ve výuce (příklady, kartičky, diskuze, ale i výklad).“*
- *„Byl jsem nucen makat a přemýšlet, což se mi líbí.“*
- *„… přednáška mě bavila, a já o tento předmět tak neztratila zájem.“*
- *„Dobré bylo to, že jsme si ty otázky/problémy vyjasňovali mezi sebou a nebyli jsme v případě „špatného směru uvažování“ zaraženi vyšší autoritou (vámi), ale našimi spolužáky.“*
- *„Velmi přínosné pro mě byly diskuze se spolužáky, kdy každý obhajoval nebo vyvracel názory. Právě to, že jsem musel vymýšlet argumenty, proč je můj názor správný nebo proč je jiný nesprávný, mě často o problematice mnohé naučilo.“*

… o domácí přípravě

- *„Bylo to náročné časově v průběhu semestru, ale tím, že už jsme neměli praktika, tak se to dalo. I tím, že na úkol i čtení byl vždy minimálně jeden víkend.“*
- *„Úkolů bylo na můj vkus nezdravě mnoho a zároveň přiměřeně dost. Každý člověk je tak trochu lenivý a nechce se mu tolik pracovat… Úkoly ano, klidně i víc… Abych odstavec tři shrnul do jediné věty. Čím víc od lidí požadujete, tím víc Vám mohou dát!“*
- *„Líbila se mi rozmanitost domácích úkolů. Nejen že se lišily obsahem, ale právě i formou.“*
- *Největší plus vidím v úkolu entropie! Projít se po břehu tak rozlehlého pojmu nejprve sám a poté přizvat na plážovou seanci ostatní bezradné trosečníky k společné diskuzi…*

o zápočtových testech

- *„Zápočtový test měl i osvětový charakter, při druhé fázi jsem se vždy něco naučil a utřídil si myšlenky.“*
- *„Mnohé jsem se naučil i ze svých testových chyb, a to se dvakrát často nepoštěstí.“*

o přípravě a průběhu zkoušky

- *„Ty otázky nejsou takové, že bych si mohla říci, jasně, tohle bylo přednášeno třináctého a hotovo, ale muselo se to propojovat z kousků během celého semestru.“*
- *„Stačilo procházet si poznámky a zařazovat jednotlivé kousky k jednotlivým otázkám. Vlastně všemu jsem rozuměla už z výuky, takže šlo o to si to utřídit, najít, co s čím a jak souvisí. Vyzobat si věci k jednotlivým otázkám.“*
- „[Připravit se na zkoušku] *bylo úplně jiné. Tím, že jsem věděl, že budu moci mít sebou svoje poznámky, tak jsem se například nemusel zabývat tím, zda si komplikovanější odvození pamatuji, protože jsem věděl, že kouknu na papír, ale zaměřil jsem se na to, zda rozumím každému kroku a jsem schopen o něm smysluplně hovořit.“*
- *„Závěrečná zkouška podle mě prokázala, zda se člověk učil zpaměti nebo zda problematiku pochopil. Byla to dlouhá zkouška, ale z žádné jiné jsem si neodnesla tolik, jako z této.“*
- *„Vůbec jsem si jako na zkoušce nepřipadal. Spíše jako v diskuzním kroužku. To bylo super. Líbilo se mi, že byl během zkoušky kladen důraz (alespoň mně to tak přišlo) na pochopení témat jako součástí celku.“*

odpověď na otázku Jak vnímáte výuku termodynamiky s odstupem několika měsíců?

- *„Velkým přínosem bylo, že jsem si našla další metodu učení, kterou jsem využívala i při pozdějším učením na státnice. Navíc jsem se zbavila strachu „být za blbce“, když špatně odpovím na položené otázky, a následně diskutovat a sdělovat svoje myšlenky a názory k těmto otázkám.“*
- *„Nejlépe to lze vyjádřit beze slov následujícím grafem.“*

Ve zpětných vazbách studenti uvedli i několik slabých míst či přímo negativ. Velmi často si stěžovali na těžko uchopitelné texty k domácímu čtení, zejména na to, že šlo o fragmenty ucelenějšího textu (příslušná skripta bohužel nestihla vyjít během semestru, jak bylo přislíbeno). Další slabinu spatřovali v tom, že je forma výuky nevedla k systematickému a ucelenému vedení poznámek. Také poukázali na místy některá témata zejména ze statistické fyziky, která nebyla uchopena nejvhodněji, resp. by uvítali, aby se jim věnovalo více času, protože jsou v požadavcích ke státní zkoušce.

Zkušenosti z výuky z pohledu vyučujícího

Studenti byli do výuky velmi angažováni, což dokládají i některé citace výše. Díky tomu, že se studenti setkávali s jednotlivými tématy a úlohami z různých perspektiv, měli možnost si uvědomit více souvislostí a díky tomu látku lépe pochopit. Navíc se mnoho poznatků v rámci diskuzí mnohokrát zopakovalo, a tím došlo k jejich fixování i v dlouhodobé paměti.

Během semestru bylo znát, jak studenti postupně měnili svůj postoj k výuce. Na začátku semestru patrný typický postoj absolvovat předmět (ideálně s minimálním úsilím) se postupně posouval ke snaze pořádně porozumět probírané látce. Tuto změnu postoje lze doložit i výrokem jednoho ze studentů, který zazněl během diskuze při zkoušce: „*Moment, zůstaňme ještě u tohoto problému, já jsem to ještě pořádně nepochopil, může mi to někdo z vás ještě jednou vysvětlit.*“

Další zkušenost, kterou jsme během výuky získali, bylo, že metoda aktivního učení vyžaduje po vyučujícím hlubší znalosti nejenom probírané problematiky a souvislostí mezí jejími jednotlivými partiemi i ostatními tématy, ale i dobrou obeznámenost s typickými problémy, na které studenti při snaze o pochopení základních myšlenek narážejí. To učiteli umožňuje jednak volit ConcepTesty a další úlohy vhodného zaměření i obtížnosti a vhodnými otázkami směrovat diskuze celé třídy. Kromě odborné stránky musí učitel aktivně usměrňovat atmosféru ve třídě a v případě potřeby moderovat diskuze. Je třeba zajistit takové prostředí, ve kterém se studenti nebojí klást otázky, přiznat neznalost a udělat chybu.

Dále jsme ověřili, že je velmi vhodné, aby i hodnocení studentů vycházelo ze stejných principů jako výuka.

Závěr

Výuka uvedenou metodou se v daných podmínkách osvědčila a naplnila vytčené cíle. Plánujeme i v dalším akademickém roce tento předmět vyučovat uvedenou formou pouze s drobnými úpravami a získat tak více zkušeností. Za jednu z větších úprav považujeme nahrazení domácího čtení domácí přípravou podle metody Just-in-Time-Teaching [14], která metodu Peer Instruction velmi vhodně doplňuje.

Literatura

[1] Mazur, E. (1997). *Peer Instruction: A User's Manual.* Upper Saddle River, Prentice Hall, N.J.

[2] Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *Am. J. Phys.* 66.
[3] Prince, M. J. (2004). Does Active Learning Work? A Review of the Research. *Journal of Engineering Education*, 93, 223-231.
[4] Specht, L and Sandlin, P. (1991). The differential effects of experiential learning activities and traditional lecture classes in accounting. *Simulation and Gaming*, 22, 196-210
[5] Videa přednášek prof. E. Mazura na kanálu YouTube: *The scientific approach to teaching...* (https://www.youtube.com/watch?v=aYiI2Hvg5LE); *Turning Lectures Into Learning* (https://www.youtube.com/watch?v=2JEUsTTQG0M), *Assessment: The Silent Killer of Learning* (https://www.youtube.com/watch?v=CBzn9RAJG6Q), a další. [cit. 2. 9. 2015]
[6] Šestáková J.: Peer Instruction: Informace přímo z Harvardu. In Vochozka V. a kol. (editoři): *Veletrh nápadů učitelů fyziky 19.* Sborník konference. Plzeň 2015.
[7] Bochníček Z.: Metoda aktivního učení Peer Instruction ve výuce fyziky na Přírodovědecké fakultě MU. In Vochozka V. a kol. (editoři): *Veletrh nápadů učitelů fyziky 19.* Sborník konference. Plzeň 2015.
[8] Mandíková D., Trna J. (2011): *Žákovské prekoncepce ve výuce fyziky*. Paido. Brno.
[9] Halliday D., Resnick R., Walker J. (2013) *Fyzika*. VUTIUM, Brno.
[10] Concept Tests and Course Materials from CU Boulder. Online [cit. 8. 6. 2015] http://www.colorado.edu/physics/EducationIssues/cts/
[11] Obdržálek, J. (2015) *Termodynamika, molekulová fyzika a úvod to statistické fyziky*. MatfyzPress, Praha.
[12] Haystack Group at MIT. Annotation taking tool NB. Online [cit. 8. 6. 2015] http://nb.mit.edu/welcome
[13] Camp M. E., Middendorf J., Sullivan C.S. (2009): Using Just-in-Time Teaching to Motivate Student Learning. In *Just in Time Teaching Across the Disciplines*, Ed. Scott Simkins and Mark Maier, pp. 39-62 (Stylus Publishing, Sterling, VA).
[14] Jessica Watkins J., Mazur E. (2009): Using JiTT with Peer Instruction. In *Just in Time Teaching Across the Disciplines*, Ed. Scott Simkins and Mark Maier, pp. 39-62 (Stylus Publishing, Sterling, VA).

Sbírka řešených úloh – nové rozhraní

ZDEŇKA KOUPILOVÁ, DANA MANDÍKOVÁ, MARIE SNĚTINOVÁ
Katedra didaktiky fyziky, MFF UK, Praha

Abstrakt

Sbírka řešených úloh (dále jen Sbírka) je na KDF MFF UK rozvíjena už více než devět let. V současné době Sbírka obsahuje přes 800 zveřejněných úloh z fyziky od úrovně základní školy až po vysokoškolskou a přes 350 úloh z vysokoškolské matematiky. Více než 130 úloh z fyziky je přeloženo do angličtiny a necelých 100 úloh do polštiny. Všechny úlohy ve Sbírce obsahují podrobná komentovaná řešení, komentáře a strukturované nápovědy, které mají čtenářům pomoci při samostudiu a vést je k aktivnímu přístupu a plnému pochopení dané úlohy. Příspěvek představí nové rozhraní Sbírky, jeho vylepšené funkce a plány na budoucí rozvoj.

Sbírka je dostupná na adrese http://reseneulohy.cz.

Úvod

Tento příspěvek navazuje na prezentace Elektronické sbírky řešených úloh z předchozích let [1], krátce ji představuje a zaměřuje se zejména pak na změny a novinky z posledního roku.

Sbírka vzniká od roku 2005 na KDF MFF UK a je určena především vysokoškolským studentům úvodních kurzů fyziky k prohlubování a opakování učiva a studentům středních škol se zájmem o fyziku k rozšiřování či procvičování učební látky či k přípravě na přijímací zkoušky na VŠ. Ve Sbírce lze ale nalézt také jednodušší středoškolské úlohy a úlohy vhodné pro žáky základních škol. Sbírku využívají i pedagogové a zájemci z řad neodborné veřejnosti.

Sbírka obsahuje podrobně komentovaná řešení úloh, komentáře a strukturované nápovědy, které čtenářům pomáhají při samostudiu a vedou je k aktivnímu přístupu a plnému pochopení dané úlohy.

Jak sbírka vypadá

Při otevření sbírky na webových stránkách [2] si uživatel z horní lišty nejprve zvolí, zda chce úlohy z matematiky či fyziky. Poté si vybere jeden z nabízených oborů (viz obrázek 1). Po vybrání požadovaného oboru se v levé části stránky zobrazí rozbalovací menu se seznamem úloh (tvoří obsah a zároveň rozcestník Sbírky). Úlohy v jednotlivých oborech jsou řazeny do kapitol a podkapitol.

Obr. 1. Vzhled stránky s úlohou

Samotná úloha se zobrazuje v pravé části stránky. Pod zadáním úlohy jsou pod sebou umístěny „rozklikávací“ lišty s názvy jednotlivých oddílů, ze kterých se skládá řešení úlohy. Požadovaný oddíl se zobrazí vždy přímo pod příslušnou lištu a poklepáním na lištu jej lze opět zavřít. Zobrazené oddíly mohou obsahovat lišty dalších, na první pohled skrytých, oddílů.

Úlohy jsou rozděleny podle obtížnosti do čtyř kategorií: ZŠ, SŠ, SŠ+ a VŠ. Obtížnost úlohy je vyznačena nad zadáním, v pravém horním rohu stránky, kde je také zobrazeno, pokud je úloha zařazena do některé speciální kategorie. Vybrané úlohy jsou navíc propojeny s Multimediální encyklopedií fyziky [3].

Novinky ve Sbírce

Protože velká část Sbírky byla naprogramována před devíti lety při jejím vzniku, ukázalo se jako nezbytné přistoupit k jejímu upgradu. V první polovině roku 2015 byla celá Sbírka přeprogramována tak, aby byla zaručena kompatibilita s novými verzemi operačního systému serveru a databází MySQL. Při této příležitosti byly také využity nové možnosti webového programování, které se projevily zejména výrazně komfortnějším zadáváním úloh v rámci administrátorského rozhraní a celkovým zjednodušením správy celé Sbírky. Také došlo ke zpřísnění kontrol validity kódu jednotlivých úloh, což jak věříme, přispěje k dlouhodobému dobrému vzhledu všech úloh ve Sbírce.

V rámci restrukturalizace došlo k oddělení úloh z fyziky a matematiky a k přechodu na novou doménu [2], jejíž název lépe reflektuje obsah celé Sbírky. Došlo ke změně zobrazování kategorií, do kterých mohou být úlohy zařazeny, což souvisí s chystanou

změnou kategorizace úloh ve Sbírce. Nově je také možné ve Sbírce fulltextově vyhledávat.

Za další novinku posledního roku lze také považovat vznik samostatné Sbírky fyzikálních pokusů [5, 6], která navazuje na skutečnost, že v letech 2011-2012 byly v rozhraní Sbírky vytvořeny popisy asi dvaceti pokusů z elektřiny a magnetismu.

Současný stav Sbírky

Na konci léta roku 2015 obsahovala Sbírka přibližně 1200 zveřejněných úloh. Jejich počty v jednotlivých tématech a jazykových verzích ukazuje tabulka 1.

Téma			Počet úloh
Úlohy v češtině	Fyzika	Mechanika	208
		Elektřina a magnetismus	247
		Termodynamika a molekulová fyzika	136
		Optika	40
		Fyzika mikrosvěta	62
		Teoretická mechanika	35
		Matematické metody	80
	Matematika	Matematická analýza	162
		Lineární algebra	149
		Aritmetika a algebra	14
Úlohy v angličtině		Mechanika	50
		Termodynamika	23
		Elektřina a magnetismus	52
		Optika	4
Úlohy v polštině		Mechanika	30
		Termodynamika	25
		Elektřina a magnetismus	22
		Fyzika mikrosvěta	12

Tab. 1. Počty zveřejněných úloh v jednotlivých tématech na konci léta 2015

Sbírka má v současné době tři jazykové verze. Kromě české verze, která je hlavní součástí Sbírky, obsahuje Sbírka také úlohy v angličtině a polštině [4]. Anglické úlohy jsou překládány z české verze převážně studenty KDF MFF UK, polské úlohy jsou překládány polskými kolegy z Uniwersytet Mikołaja Kopernika v Toruni.

Průběžně monitorujeme názory uživatelů na Sbírku a využití Sbírky. Od roku 2013 používáme k monitorování přístupů a využití Sbírky i nástrojů GoogleAnalytics. Ze zatím získaných výsledků vyplývá, že na Sbírku je 200 až 1000 unikátních přístupů denně (viz obr. 2). Zajímavé je také demografické rozložení uživatelů. Přístupy z jednotlivých států ve světě a přístupy z jednotlivých krajů ČR ukazuje obr. 3. Tato data, ale i detailnější pohledy na rozložení přístupů podle jednotlivých měst, chceme využít k cílené propagaci Sbírky v oblastech, kde zřejmě není tak známá.

Obr. 2. Počet unikátních přístupů za den v období leden 2014 až červen 2015

Obr. 3. Podíl jednotlivých států světa (vlevo) a krajů ČR (vpravo) v celkovém počtu přístupů do Sbírky v období leden 2014 až červen 2015

Plány do budoucna

Kromě tvorby dalších úloh chceme v následujícím roce spustit již ohlášenou funkci tvorby pracovních listů či zadání písemných prací sestavených z úloh ze Sbírky. Bude určena zejména učitelům, kteří si budou moci při tvorbě pracovního listu vybrat některé jeho parametry, např. zda vůbec a na kterém místě budou uvedeny výsledky úloh, zda u úloh budou napsány i potřebné tabulkové hodnoty či zda budou na pracovním listu i vybrané nápovědy.

Zveřejnit chceme také přehledy úloh podle probírané látky. Ty by měly usnadnit učitelům orientaci ve značném množství úloh, které Sbírka obsahuje. Zpracováváme je tématicky podle současných učebnic pro gymnázia vydaných nakladatelstvím Prometheus.

Již se pracuje na zařazení úloh do kategorií podle metody řešení (např. úloha řešená úvahou, úloha řešená graficky apod.) a podle kognitivních dovedností, které úloha rozvíjí (např. úlohy na porovnávání, syntézu poznatků, zobecňování, verifikaci apod.).

Dalším směrem rozvoje Sbírky, který má za sebou zkušební verzi, je užší propojení a vzájemné provázání odkazy mezi úlohami ve Sbírce řešených úloh [2] a pokusy ve Sbírce fyzikálních pokusů [5].

Závěr

Elektronická sbírka řešených úloh z fyziky se vyvíjí již devět let. Za tu dobu se značně rozrostla a nyní čítá více než 1200 úloh v sedmi fyzikálních a třech matematických tématech. Věříme, že je a i dále zůstane dobrým pomocníkem jak studentům, tak jejich učitelům. Náměty na další úlohy a připomínky k současnému stavu Sbírky je možné zasílat na emailovou adresu: sbirka@kdf.mff.cuni.cz.

V roce 2015 je rozvoj Sbírky finančně podpořen IRP MŠMT pro UK.

Literatura

[1] Koupilová Z., Mandíková D., Snětinová M.: Elektronická sbírka řešených úloh (nejenom) z fyziky. In Křížová M. (editor): *Veletrh nápadů učitelů fyziky 18, Sborník z konference*. Gaudeamus, Univerzita Hradec Králové. 2013
[2] http://reseneulohy.cz/
[3] http://fyzika.jreichl.com/
[4] http://physicstasks.eu/
[5] http://fyzikalnipokusy.cz/
[6] Kácovský P.: O elektronické Sbírce fyzikálních pokusů. *Veletrh nápadů učitelů fyziky 20*. Praha 2015

Scientix – Evropské společenství učitelů přírodovědných předmětů

VĚRA KRAJČOVÁ
Smíchovská střední průmyslová škola, Praha 5

Že matematika, přírodovědné a zejména technické obory studenty netáhnou, víme. A není to problém jen český. Učitelé těchto předmětů shrnovaných do zkratky STEM (anglicky Science, TEchnics, Mathematics) vymýšlí různé metody zpestření výuky a způsoby motivace studentů i sebe sama, aby se vyhnuli nejhoršímu: znuděný učitel přichází do třídy, kde se válí banda už předem znuděných studentů, a na konci hodiny si oba tábory oddychnou, že už to mají za sebou.

A tak se v posledních letech roztrhl pytel s různými národními i mezinárodními projekty a granty, jejichž výsledkem jsou výukové materiály, testy, metodické postupy a neobvyklé experimenty. Problémem však je, že spousta těchto materiálů je po ukončení zapomenuta. V lepším případě je využívá škola, na níž vznikly, ale učitelé z jiných škol se k nim těžko dostávají a vymýšlejí a dělají stejné věci znova a znova, místo toho, aby se zabývali využitím už hotového a soustředili se na samotnou výuku. Co kdyby ale byla k dispozici databáze zajímavých projektů, z níž by mohli čerpat?

Taková databáze opravdu existuje! Na stránkách www.scientix.eu se nachází nepřeberné množství zajímavých pokusů, pracovních listů, a školních projektů, které se zabývají výukou STEM, vzniklých v zemích EU. Je to takový „inspiromat“ pro učitele.

A co je to vůbec SCIENTIX? Projekt Scientix je aktivita iniciovaná Evropskou komisí a administrovaná sdružením European Schoolnet, což je síť zahrnující ministerstva školství či jimi nominované národní agentury. V České republice je národním kontaktním místem Dům zahraniční spolupráce (www.dzs.cz).

Projekt Scientix podporuje spolupráci mezi učiteli, odborníky a vědeckými pracovníky v oblasti matematiky, přírodovědných a technických předmětů. Přínos tohoto projektu lze vidět nejen v množství výukových materiálů, které zdarma nabízí pro učitele, ale také v možnosti zveřejnit zajímavé národní projekty z oblasti STEM na portálu Scientix a tím zvýšit jejich propagaci i okruh možných uživatelů. Velkým plusem navíc je, že pokud si učitel z kterékoli země EU najde v databázi nějaký výukový materiál, který by rád využil do svých hodin, může požádat o bezplatný překlad do svého národního jazyka (překládá se tedy do 24 oficiálních jazyků Evropské unie).

Dalším zajímavou aktivitou projektu je on-line vzdělávání a to jak formou webinářů, diskusních fór nebo online kurzů. Nabídku bezplatných kurzů pro učitele STEM naleznete na stránkách: http://www.europeanschoolnetacademy.eu/

Národní ambasadorkou projektu pro ČR je mimo jiné Mgr. Věra Krajčová (vera.krajcova@ssps.cz).

Moderní technologie v jiném světle

RADIM KUSÁK
MFF UK, Scientica s. r. o.

V rámci příspěvku se podíváme na pár námětů do výuky, k nimž se dají použít tablety a další moderní technologie. Taktéž se podíváme i na faktory, na které je potřeba myslet, případně změnit, aby začala výuka s moderními technologiemi v hodinách fungovat.

Různé úrovně zapojení

Úroveň zapojení moderních technologií do výuky se může velmi lišit. Dá se začít jen s náměty, které naleznete níže, až po výuku s plně integrovanými moderními technologiemi. Reálně jsme ale spíše před branami využití možností moderních technologií.

To můžeme vidět např. na integraci programu Wolfram Mathematica do výuky z pohledu učitele. Pro jednoduchost můžeme definovat 5 úrovní využívání programu ve výuce (viz obr. 1). Tyto úrovně ukazují postupný růst učitele při práci s programem. Obvykle je na začátku při seznamování s programem Wolfram Mathematica nejjednodušší využít již něčí hotové materiály, které je možné získat např. na školení o programu, případně na internetu. Učitel může zkusit vytvořit i vlastní materiály (úroveň 3), ale většina učitelů se zastaví na úrovni naučených příkladů (úroveň 1), nebo maximálně najdou další dostupné zdroje (úroveň 2). Poslední dva stupně pak obsazují nadšenci, které tento program oslovil, a rádi poznávají jeho možnosti. To ale vyžaduje velkou časovou náročnost, na kterou už většině učitelů nezbývá čas.

Obr. 1. Úrovně zapojení programu Wolfram Mathematica ve výuce (fyziky). Tento model se dá zobecnit na další programy a aplikace pro tablety – Algodoo, GeoGebra, Maple, Qucs atd.

Zapojení moderních technologií na úrovni předmětu a školy

Nízká úroveň zapojení taktéž souvisí i s úrovní školy. Pokud učitel „experimentuje“ s moderními technologiemi v rámci svého předmětu a neovlivňuje tím koncepci práce v předmětech svých kolegů, je zavádění technologií relativně snadné. Pokud ale je potřeba pro vyšší úroveň zapojení pracovat s filozofií školy, mohou se objevit komplikace, jelikož většina učitelů se brání změně.

Ukázkou takových technologií, které je potřeba řešit na úrovni „vize školy“ je např. zavádění tabletů do výuky, případně sdílení dokumentů s žáky pomocí služeb Google Disk, Dropbox, nebo One Drive.

Jak moc jsme pokročili aneb křivka zavádění moderních technologií

Se zaváděním moderních technologií souvisí taktéž i křivka zavádění inovací (viz obr. 2). Tato křivka popisuje zavádění nových technologických prvků na trh, ale může v prvním přiblížení dobře popisovat taktéž i zavádění moderních technologií do výuky (fyziky). Aplikaci této teorie na rozvoj internetu a jeho využití ve vzdělávání ukazuje např. Brdička v [1]. Bohužel se většina učitelů nachází na konci, případně středu této křivky ať už kvůli svému časovému vytížení, případně nezájmu cíleně růst v této oblasti.

Významným faktorem může být taktéž i nutnost posunu paradigmatu – pro plnou integraci např. tabletů je potřeba se dívat na tablety (novou věc) i novým způsobem (např. na koncepci práce a sdílení dat).

Obr. 2. Křivka zavádění inovací R. Rogerse [2].

Testy a způsob zkoušení – zabiják moderních trendů a technologií

Jak už tato část napovídá, nestačí jen nasadit metody případně technologie do výuky, ale je potřeba také mít povolené používání moderních technologií při testech, písemkách a zkoušení. Z hlediska metod na toto téma prezentuje velmi zajímavě Eric Mazur ve své přednášce [3].

Také je potřeba si ujasnit, co se daným druhem zkoušení vlastně testuje – zdali kompetence k řešení problémů, kompetence k řešení problémů všemi dostupnými prostředky nebo fyzikální vhled do problému.

Faktor učitele a jeho přístup

Dalším faktorem ovlivňujícím zavádění moderních technologií je i faktor učitele. S nadsázkou by se dalo říct, že usmívající učitel, který tím vytvoří ve třídě dobrou

atmosféru, je mnohem větší faktor, než to, že donese do třídy nejnovější tablety. Tento faktor se nejvíce projeví, pokud většina pedagogického sboru je proti použití technologií ve výuce. Bohužel se žáci automaticky nastaví na to, že technologie nemají ve výuce co dělat.

Koncepty práce

Přestože se některé moderní technologie využívají v jiných odvětvích už delší dobu, někteří učitelé je objevili teprve až nyní. Pokud je ale budou chtít využít, je nutné si uvědomit, že moderní technologie se stále vyvíjejí, takže postupy a trendy, které se používaly před 3, 5, nebo 8 lety, zastaraly a používají se novější.

Takovým příkladem může být např. odevzdávání úkolů elektronicky. Je samozřejmě pokrok, pokud vyučující vyžaduje odeslání např. seminárních nebo laboratorních prací na školní e-mail. Dnes už je ale výhodnější použít např. sdílené prostředí jako je Google Classroom nebo Moodle. Důvodem může být např. rychlá zpětná vazba, jelikož žák i učitel vidí, kdo daný úkol odevzdal. V obou případech je také možnost porovnat jednotlivé práce, jestli je někdo ze žáků neopsal.

Náměty do výuky

Tabletárium

Jednou z cest, jak vytvořit zajímavé aplikace, je vytvořit vlastní. Touto cestou se vydalo Tabletárium a vytvořilo přes 20 aplikací na výuku chemie, biologie a fyziky. Ve fyzice se aplikace zaměřují na pohyb, síly v mechanice, optiku a elektrické obvody. To, co může být pro učitelé zajímavé je, že jsou zdarma ke stažení na Obchodu Play.

Obr. 3. Screenshoty aplikací Tabletárium: Pohyb a Tabletárium: Optika.

Rozšířená realita

Jedním z moderních námětů je rozšířená realita. Ta pomocí kamery zobrazuje obraz a přidává do něj vlastní objekty (viz obr. 4). Jedná se o technologii, která má velký potenciál do budoucna, zatím je ale v počátcích.

Obr. 4. Rozšířená realita v aplikaci Tabletárium: Elektrické obvody. Při pohledu tabletem se zobrazí žákům zadání úlohy, kterou musí vyřešit.

Tablet a USB mikroskop

Do výuky fyziky ale i biologie případně chemie se hodí USB mikroskop. Běžně se USB mikroskopy připojují k PC nebo notebookům, žáci jsou ale více méně vázáni na místo, kde mikroskopují. Mikroskop lze ale v některých případech připojit i k tabletu pomocí redukce z micro USB na USB samice (viz obr. 5). Nutnou podmínkou je, aby tablet podporoval OTG (On-The-GO, více na [4]), ale i tak se může stát, že mikroskop nebude fungovat. Je proto nejlepší si předem danou dvojici mikroskop-tablet vyzkoušet.

Obr. 5. Připojení USB mikroskopu k tabletu pomocí redukce mikroUSB na USB.

Různý pohled na stejnou věc – šikmý vrh

Důležité je si uvědomit, že dnes i díky moderních technologiím máme řadu dalších možností, jak žákům přiblížit konkrétní téma z fyziky. Rozhodně bych tím nechtěl říct, že se nemají provádět klasické experimenty, právě naopak. Smyslem moderních technologií by mělo být lepší přiblížení problému, případně dát žákům možnost řešit problém ve větší obecnosti, která dříve nebyla na střední, příp. základní škole možná.

Algodoo

Simulační prostředí umožňující simulovat mechanické a optické jevy. Zajímavá je v tomto rozhraní možnost měnit parametry objektů – hmotnost, součinitel smykového tření, ale taktéž i měnit vlastnosti prostředí – např. odporovou sílu prostředí.

Obr. 6. Simulace šikmého vrhu v prostředí Algodoo. V rozhraní je možnost zapnout sledování trajektorie objektu a taktéž kreslit grafy běžných fyzikálních veličin.

Tracker

Tracker je jeden z programů umožňující videoanalýzu (viz obr. 7). Umožňuje nejen sledovat trajektorii zadaného bodu, ale taktéž i následně prokládat naměřená data zvoleným funkčním předpisem. Pro detailnější práci s programem a náměty do výuky lze využít např. [5].

Obr. 7. Videoanalýza v programu Tracker.

Wolfram Mathematica

Jazykem fyziky je práce s výrazy a rovnicemi. Ty nám umožňují popisovat nejrůznější fyzikální problémy. Dokud se tento typ „popisu pomocí rovnic“ a algebraických postupů nezmění, má význam naučit žáky s programy jako je Wolfram Mathematica, který umožňuje tyto problémy popsané rovnicemi řešit a zobrazit jejich řešení pro zvolené parametry (viz obr. 8). Taktéž je možné daný problém i interaktivně zkoumat pro zvolené parametry.

Obr. 8. Zobecněný popis šikmého vrhu a jeho zobrazení trajektorie v programu Wolfram Mathematica.

Další možnosti

Pro šikmý vrh samozřejmě existuje řada dalších možností, jak jej přiblížit. Pokud je naším cílem numerické řešení, je možné využít např. ModellusX, nebo Octave. Chceme-li žákům přiblížit simulace, je možné využít např. MapleSim, nebo DYNAST.

Je ale důležité myslet na to, že kromě fyziky je nutné žáky naučit základní ovládání a práci v jednotlivých programech, pokud po nich chceme, aby je v hodinách aktivně využívali. To může znamenat „ztrátu“ pár hodin fyziky, případně informatiky na seznámení s programy. Jednou z cest je i samostatný seminář, ale ten osloví obvykle jen (opravdové) zájemce a ne celou třídu.

Pár slov na závěr

Jednou z nevýhod moderních technologií a obecně pokroku je, že ačkoliv se snažíme držet krok, stále nám bude řada věcí unikat. To může řadu učitelů odradit, protože když už si osvojí nějakou formu práce, za chvíli se objeví nový koncept jak s danou věcí pracovat – např. odevzdávání seminárních prací zmíněné výše.

Taktéž není v možnostech jednoho učitele si osvojit všechny technologie, programy a aplikace dostupné pro výuku. Jak je ukázáno výše je možné daný jev ukázat pomocí několika ne-li desítkami různých způsobů. Obecně se nedá říct, který ze způsobů je nejlepší, jelikož každý postup naučí žáky trochu něco jiného. Ideálně by si proto učitel měl spíše „držet přehled o možnostech“ a provázet žáky na cestě fyzikou a moderními technologiemi. Přišla totiž doba, kdy už učitel může být jen průvodcem, než studnicí vědomostí.

V jiném světle

Moderní technologie mají určitě ve výuce fyziky své místo a měly by ho tam i mít. Témata jako videoměření, práce s dataloggery, nebo práce s interními sondami tabletů by neměly ve výuce fyziky chybět.

Přesto by se ale nemělo zapomínat na jednoduché leč názorné pokusy, které přimějí žáky nad fyzikálními problémy myslet. Proto patří velký dík všem fyzikářům jako je Irena Dvořáková, Zdeněk Polák, Václav Piskač a další, kteří nám to na konferencích a hlavně pak ve svých třídách ukazují.

Dík patří i těm, kteří nás na tuto cestu přivedli, ale už nejsou mezi námi. Díky nim jsme se totiž naučili dívat na svět v jiném světle (viz obr. 9).

Obr. 9. V jiném světle. Obraz na památku Milana Rojka, pod normálním světlem (vlevo) a pod UV světlem (vpravo).

Literatura

[1] Brdička B.: Kam spěje vývoj vzdělávacích technologií, dostupné online na http://it.pedf.cuni.cz/~bobr/role/ka94.htm [cit. 2015-11-17]

[2] Wikipedie - Diffusion of innovations, dostupné online na https://en.wikipedia.org/wiki/Diffusion_of_innovations [cit. 2015-10-09]

[3] Eric Mazur – Assessment: The Silent Killer of Learning, dostupné online na https://www.youtube.com/watch?v=CBzn9RAJG6Q [cit. 2015-10-09]

[4] Wikipedie - USB On-The-Go (v angličtině), dostupné on-line na https://en.wikipedia.org/wiki/USB_On-The-Go [cit. 2015-10-09]

[5] Kusák R.: Videoanalýza, v Dílny Heuréky 2014, ed. V. Koudelková, L. Dvořák, Matfyzpress, Praha, 2015, s. 124-134, dostupné online na http://kdf.mff.cuni.cz/heureka/sborniky/DilnyHeureky_2014.pdf [cit. 2015-11-17]

Pár námětů z ESERO ČR

RADIM KUSÁK
ESERO ČR

Od června tohoto roku začala v naší zemi působit European Space Education Resource Office ČR, která je oficiální vzdělávací kanceláří Evropské vesmírné agentury (ESA) pro Česko. Hlavním cílem ESERO je zvyšovat zájem o přírodovědné a technické obory prostřednictvím tematiky vesmíru. V rámci příspěvku se podíváme na zajímavé aktivity, které se připravují pro tento školní rok pro žáky základních a středních škol a hlavně pro učitele. Nebude chybět i pár praktických ukázek.

Úvod

Aktivit a soutěží připravilo ESERO ČR celou řadu, ať už vlastních, nebo převzatých z ostatních kanceláří ESERO. Z vlastních aktivit stojí za zmínku tvorba aplikací pro tablety s OS Android nebo rakety na bezdušový ventilek. Z mezinárodních pak např. CanSat (satelit v plechovce) či Mission X: Train Like an Astronaut. Jednotlivé aktivity se budou časem dále rozšiřovat, takže učitelé zajímající se o vesmír budou mít možnost růst společně s aktivitami ESERO.

Rakety na bezdušový ventilek

Novodobý výzkum vesmíru byl vždy spojen s raketami, které umožnily dostat první satelity a později i člověka do vesmíru (viz obr. 1). Obvykle se na škole můžeme setkat s různými fyzikálními modely, které se snaží princip raket přiblížit. Hlavně se jedná o princip akce a reakce, který lze demonstrovat pomocí lihové rakety, šlapací rakety, nebo jen balónkem, ze kterého uniká vzduch.

Obr. 1. Start rakety Ariane 5. Hořící palivo se pohybuje směrem dolů, proto se zbytek rakety pohybuje nahoru.

Pokud chce ale učitel zkoumat rakety trochu blíže, hodí se na to vodní raketa (obr. 2). Ta má oproti předchozím raketám výhodu, že se dá zkoumat řada parametrů, které ovlivňují dolet rakety. Můžou jimi být např.

- objem rakety
- tvar rakety
- množství vody
- úhel odpalu
- tlak v láhvi

Obr. 2. Sekvence snímků odpalu rakety. Na obrázcích můžeme vidět stejný princip vzletu, jako při startu rakety na obr. 1.

Nejjednodušší způsob, jak si takovou raketu vyrobit, je pomocí PET-láhve a bezdušového ventilku TR415 (viz obr. 3), připojeného k obyčejné ruční pumpičce. Tento ventilek má tu výhodu, že přesně pasuje do hrdla rakety. Není proto potřeba vymýšlet složité mechanizmy odpalu a zbývá více času na zkoumání různých parametrů raket.

Obr. 3. Bezdušový ventilek TR415 v hrdle PET-lahve. Ventilek přesně pasuje do hrdla, proto je ideální pro odpaly vodních raket.

Výuková videa

Zajímavým námětem do výuky jsou videa související s aktivitami ESA. Těch lze na stránkách ESA najít celou řadu (viz [1]). Pro fyzikáře mohou být nejzajímavější videa, kdy klasické experimenty ze třídy provádějí kosmonauti na Mezinárodní vesmírné stanici (ISS) ve stavu beztíže (viz obr. 4). Jedním z takových videí je např. Barycentric Balls – Orbits and the Centre of Mass, které se zabývá těžištěm a problémem dvou těles (viz [2]).

Obr. 4. Samantha Cristoforetti ukazuje experiment s těžištěm na ISS.

Robotika: CanSat, Zero Robotics

Jednou z hlavních oblastí ESA je robotika. Význam robotiky v kosmických aktivitách spočívá primárně v ovládání zařízení (např. družic) a jejich autonomním fungování. Učitelé a žáci mají možnost se s robotikou seznámit v úvodních kurzech robotiky, nebo v pokročilých seminářích na tvorbu CanSatu.

CanSat

CanSat by se dal do češtiny přeložit jako „satelit z plechovky“. Jedná se o simulaci reálného satelitu, který se musí vejít do plechovky od nápojů (viz obr. 5). Úkolem týmu žáků je vyrobit zařízení s vlastním zdrojem energie schopné měřit zadaná data a posílat je pomocí rádiových vln zpět k soutěžnímu týmu. Mezi kritéria hodnocení soutěže CanSat patří nejen technické provedení, ale také i analýza získaných dat (více na [3]).

Obr. 5. Jedno z možných provedení CanSatu a přijímací antény. Pro srovnání je vedle satelitu plechovka od nápoje.

ESERO ČR připravilo seminář pro učitele, kde si CanSat sami vyrobí a vyzkouší v praxi. Následně jej pak mohou zkusit postavit se svými žáky.

Zero Robotics

Soutěž Zero Robotics pořádá Evropská kosmická agentura ve spolupráci s NASA a MIT. Jedná se o programování robotických koulí, které probíhá v simulovaných webových prostředích a následně pro nejlepší týmy i přímo na ISS (více na [4]).

Konference a semináře

Hlavním cílem ESERO ČR je pracovat s učiteli a dávat jim konkrétní náměty do výuky, které mohou v hodinách aktivně využít. Proto během roku proběhne řada seminářů a několik konferencí, které posunou učitele zase o kousek dále. Pro bližší informace sledujte prosím [5].

Literatura

[1] Stránky ESA - Space in Videos, dostupné on-line na http://www.esa.int/spaceinvideos/Videos [cit. 2015-10-05]

[2] Barycentric Balls – Orbits and the Centre of Mass (anglicky), dostupné on-line na http://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Barycentric_balls_-_orbits_and_the_centre_of_mass_Teach_with_space_P07 [cit. 2015-09-14]

[3] What is a CanSat (anglicky), dostupné on-line na http://www.esa.int/Education/CanSat/What_is_a_CanSat [cit. 2015-09-14]

[4] Zero Robotics Secondary School Tournament 2015 to Launch (anglicky), dostupné on-line na http://www.esa.int/Education/Zero_Robotics_Secondary_School_Tournament_2015_to_launch [cit. 2015-09-14]

[5] Stránky ESERO ČR, dostupné on-line na http://esero.scientica.cz/ [cit. 2015-09-14]

Jak si jednoduše postavit svůj vlastní vzdálený experiment na mobilních a dotykových zařízeních

FRANTIŠEK LUSTIG
Karlova Univerzita v Praze, Matematicko fyzikální fakulta, KVOF

Příspěvek zrekapituluje nové i již hotové vzdálené fyzikální experimenty, které běží „24/7/365“. Během příspěvku sestavíme jednoduché vzdálené experimenty pomocí softwarové stavebnice „**iSES Remote Lab SDK**“. Stavebnice „iSES Remote Lab SDK“ má knihovnu cca 10 jednoduchých aplikací, ze které může poskládat téměř libovolný vzdálený experiment i začátečník, neprogramátor. Příklady jsou napsány nejjednodušším způsobem, bez jakéhokoliv formátování, aby byl zřejmý kód programu. Tyto vzdálené jednoduché úlohy lze libovolně slučovat, kombinovat a dávají úžasné uspokojení všem začátečníkům, kteří ihned mobilem, tabletem ovládají své vlastní, jednoduché i poměrně složité vzdálené úlohy. Měřicí aparatura, na které běží vzdálený experiment, může být jak známý **měřicí systém ISES**, tak i standardní přístroje **bez systému ISES**, jenom se standardním rozhraním **USB**, resp. **COM** (např. zdroje, multimetry aj.), ve stavebnici jsou implementovány též krokové rotační i lineární pohony, digitální vstupně/výstupní zařízení (např. relé), aj. Vzdálené experimenty vytvořené s naší stavebnicí „iSES Remote Lab SDK“ může používat kdokoliv, kdekoliv, kdykoliv a nově doplňujeme na libovolných platformách PC, tabletů i mobilních telefonů.

Úvod

Naše skupina (Lustig, F., Dvořák, J., Brom P. a Kuriščák, P.) na Univerzitě Karlově na Matematicko-fyzikální fakultě se vzdálenými laboratořemi zabývá již od roku 2002. První laboratoře byly vystavěny ještě na Java apletech. Od roku 2013 již máme vzdálené experimenty vybudovány na JavaSciptu a HTML5. Samozřejmě je možné tyto vzdálené experimenty spouštět pomocí standardních prohlížečů jak na PC, tabletech i SmartPhonech, na operačních systémech Windows, Android, iOS.

Softwarová stavebnice „iSES Remote Lab SDK“

Vzdálené experimenty tvoříme s novou softwareovou stavebnicí **„iSES Remote Lab SDK“** [1]. Stavebnice obsahuje Sbírku jednoduchých příkladů a potřebné serverové programy. Vše kompletně na jednom CD „iSES Remote Lab SDK“.

Připomeňme, jak vlastně vzdálený experiment funguje. Vzdálený experiment je aplikace typu server-klient. Na serverové straně je počítač s experimentem, na klientské straně (to jste vy uživatelé) je pouze počítač s prohlížečem typu Internet Explorer, Mozilla Firefox, Gogole Chrome aj., musí to být novější verze prohlížečů, které podporují scriptovací jazyky. Scriptování musí být v nastavení prohlížečů povoleno! To platí samozřejmě i pro mobilní zařízení. Serverovou stranu se vzdáleným experiment tvoří počítač zapojený do sítě Internet. K tomuto počítači je připojena měřicí aparatu-

ra (např. náš systém ISES [2], resp. jiné měřicí systémy (např. LabVIEW), resp. pouze tradiční přístroje a zařízení s rozhraním RS-232, či nově USB bez měřicích počítačových systémů. Např. to mohou být krokové motory, řiditelné zdroje, multimetry aj. Na serverové straně je samozřejmě reálný fyzikální experiment. Pozn.: pokud chceme vytvářet vzdálené experimenty, které mají mít nějaké řízení, ovládání, nejsou pro tyto vzdálené experimenty obecně vhodné měřicí systémy, které nemají výstupní řídicí kanál, např. systémy jako je Pasco, Vernier, IP Coach aj. Tyto systémy mají pouze vstupní kanály a umožňují jenom vzdálené experimenty typu „sensing“, kdy se pouze snímají nějaké hodnoty. Vzdálené experimenty typu „control“ umožňují např. systémy ISES, LabVIEW aj., které mají několik analogových řídicích kanálů a mnoho digitálních řídicích kanálů. Na serveru musí samozřejmě běžet speciální programy – servery: MaesureServer – speciální server, který komunikuje s hardware měřicí aparatury. Je to speciální vytvořený program, který komunikuje s čidly např. soupravy ISES. Další nezbytný server je nějaký WEB server. My používáme volně šiřitelný Nginx. Zde jsou samozřejmě uloženy i vlastní WWW stránky k experimentu napsané v HTML kódu s vloženými JavaScriptovými widgety z nové stavebnice „iSES Remote Lab SDK“. A pokud chceme mít podporu on-line kamery, je ještě třeba spustit ImageServer (také je součástí stavebnice „iSES Remote Lab SDK“), který přenáší obraz metodou streamu, resp. jednotlivými obrázky, které se rychle snímají.

Hardwareová stavebnice pro „iSES Remote Lab SDK“

Softwarová stavebnice „iSES Remote Lab SDK“ je v současné době implementována pro měřicí aparatury ISES (ISES-PCI, ISES-USB, ISES-link) pro universální měřicí přístroje s COM, resp. USB komunikací (např. multimetry UT-61E, napájecí zdroj s řízeným výstupem PSP 12010, enviromentální multimetr DT-223 aj.), implementovány jsou i lineární a rotační pohyby s velkým polohovacím rozsahem XYZ (10 cm až 1 m, posuv po 0,1 mm), je připojena i komerční aparatura „Franck-Hertz experiment“ od firmy Phywe. Implementace dalších přístrojů a aparatur je jenom otázkou vytvoření nových pluginů. Jsme schopni vytvořit pluginy pro libovolnou aparaturu na zakázku.

Sbírka ukázkových jednoduchých vzdálených úloh

Pro začátečníky, kteří si chtějí vyzkoušet svoje vlastní vzdálené úlohy, jsme připravili „Sbírku jednoduchých vzdálených úloh“ jako např. vzdálený analogový záznam jedné veličiny (např. teplota) na čase, vzdálené analogové řízení jednoho kanálu (např. zapni relé), vzdálené ovládání digitálních vstupů, digitálních výstupů, časová závislost 2 a více veličin, XY závislost dvou vstupních, či výstupních veličin, vzdálené řízení krokových lineárních a otočných pohonů, vzdálený přenos dat z multimetrů s COM komunikací, záznam dat, export dat, přenos WEB kamery, aj. Příklady jsou napsány nejjednodušším způsobem, bez jakéhokoliv formátování, aby byl zřejmý kód programu.

„iSES Remote Lab SDK“ obsahuje JavaScript knihovnu, která poskytuje komponenty (widgety), z kterých se „skládá“ uživatelské rozhraní vzdáleného experimentu.

Hotové widgety umožňují jak rychlé použití, tak uživatelskou rozšiřitelnost. Jsou volně šiřitelné pod licencí Creative Commons**,** tj. nekomerční užití, s možností úprav, s uvedením původních autorů.

HTHL stránky vzdálených experimentů jsou samozřejmě viditelné ve zdrojovém tvaru a na již hotových vzdálených experimentech se lze inspirovat při tvorbě vlastních vzdálených experimentů.

Obr. 1. Příklady jednoduchých vzdálených pokusů ze stavebnice „iSES Remote Lab SDK“ (kamera, vstup teplota, výstup relé, XY zobrazení, záznam dat, export dat aj.)

Ukázky vzdálených experimentů

Ukázky vzdálených experimentů postavených s „iSES Remote Lab SDK“ jsou k vidění „7/24/365“ na http://www.ises.info/index.php/cs/laboratory resp. na http://www.eedu.eu , kde jsou též i natočené videosekvence, jak se s experimenty pracuje. Mnohé experimenty mají i textové návody a pokyny pro měření i ukázková zpracování.

V současné době máme 18 vzdálených experimentů na středoškolské a vysokoškolské úrovni, které volně nabízíme k využití ve vašich projektech, ve výuce, ale i ve volnočasových aktivitách.

Příklady vzdálených experimentů (vyzkoušejte si, stačí poťukat na uvedených odkazech):

Obr. 2. Vzdálené experimenty:
Elektromagnetická indukce (vlevo) a Sériový RLC obvod (vpravo)

Konkrétní adresy dalších vzdálených experimentů:

přístup přes rozcestník: http://www.ises.info/index.php/cs/laboratory

resp. přímé adresy:

Elektromagnetická indukce http://kdt-20.karlov.mff.cuni.cz/ovladani_2.html

Sériový RLC obvod http://kdt-30.karlov.mff.cuni.cz)

Studium radioaktivity (5 experimentů)
http://kdt-38.karlov.mff.cuni.cz/choice_cz.html

VA char. LED, Planckova konstanta http://kdt-33.karlov.mff.cuni.cz/

Usměrňovač http://kdt-19.karlov.mff.cuni.cz

Mapa stanic monitorujících přirozené radiační pozadí
http://kdt-1.karlov.mff.cuni.cz

Ohyb na štěrbině, Heisenbergův princip
http://kdt-13.karlov.mff.cuni.cz/sterbina_js.html

Vlastní a vynucené kmity na pružině http://kdt-17.karlov.mff.cuni.cz

Vnější fotoefekt http://kdt-29.karlov.mff.cuni.cz

Řízení výšky vodní hladiny http://kdt-34.karlov.mff.cuni.cz/en/mereni.html

Některé vzdálené experimenty postavené na stavebnici „iSES Remote Lab SDK“ nám běží i na jiných školách a fakultách např.:

Kmity na pružině

http://remote-lab.fyzika.net/experiment/05/experiment-5.php?lng=cs.
na Gymnáziu J. Vrchlického, Klatovy

Franckův-Hertzův experiment (Phywe aparatura)
http://147.251.193.82/index.html
na Pedagogické fakultě MU Brno.

Další vzdálené experimenty vytvořené na widgetech a serverech naší stavebnice „iS-ES Remote Lab SDK“ jsou na Pedagogické fakultě v Trnavě, na Přírodovědecké fakultě UKF v Nitře.

Práce se vzdálenými experimenty

Reálný, lokální, hand-made, či PC podporovaný experiment, má jistě vyšší badatelskou úroveň než vzdálený experiment. Vzdálenými experimenty nechceme nahradit klasické experimenty. Ale žijeme v nových technologiích, které běžně v životě používáme a tak by se měly tyto nové technologie odrážet i ve výuce. Mají samozřejmě možnost ovládat experiment, volit požadované vstupní podmínky, provádět experiment opakovaně aj. Nejdůležitější vlastností vzdálených experimentů je získávání experimentálních dat. A samozřejmě jejich přenos do klientského počítače a následné zpracování. Data ze vzdálených i klasických lokálních experimentů jsou v obou případech reálná. A není důvod jeden typ dat upřednostňovat. Je pravda, že při vzdálených experimentech přicházíme o posílení experimentální zručnosti, ale zase má možnost přistupovat k experimentu kdokoliv, kdykoliv a odkudkoliv. Přidejme ještě možnost pracovat s virtuálními experimenty (simulace, modelování) a s multimediálním obsahem (texty, obrázky, videa, zvuky) a jsme u nové strategie vyučování – *Integrovaný e-learning* popsaný např. v [3].

Závěr

Očekáváme, že nové technologie vzdálených experimentů s JavaScriptem, které fungují i na mobilních zařízeních, vzbudí zájem u mladé generace. Mobilní telefony jsou ve škole kontroverzní téma. Zakázat osobní, vlastní mobilní zařízení nebo je aktivně využívat? Trend používat vlastní mobilní zařízení se anglicky označuje jako BYOT/BYOD (Bring Your Own Technology/Device).Sociální sítě se s prudkým nástupem chytrých telefonů stávají všudypřítomné. Již nejsme vázáni pouze na počítač a na třídu. Jsme ve “škole beze zdí”.

Literatura

[1] DVOŘÁK, J., KURIŠČÁK, P., LUSTIG, F. *iSES Remote Lab SDK – internet School Experimental Studio for Remote Laboratory Software Development Kit*. http://www.ises.info/index.php/en/systemises/sdkisesstudio. 2013. e-mail: JiriDvorak@centrum.cz, Pavel.Kuriscak@gmail.com, Frantisek.Lustig@mff.cuni.cz, Business and License Agreement: SME RNDr. František Lustig. U Druhé Baterie 29, 162 00 Praha 6, phone +420 602 858 056.

[2] SCHAUER, F., LUSTIG, F., DVOŘÁK, J., OŽVOLDOVÁ, M. *Easy to build remote laboratory with data transfer using ISES – Internet School Experimental System ISES*. Eur. J. Phys. 29. 753-765.

[3] SCHAUER, F., OŽVOLDOVÁ, M., LUSTIG, F. *Integrated e-Learning – new strategy of the cognition of real word in teaching physics*. In: Innovations 2009 (USA). World Innovations in Engineering Education and Research. iNEER Special Volume 2009. chapter 10. pages 119-135. ISBN 978-0-9741252-9-9.

Prezentace projektu „Vím proč!“

DANIELA MARTINCOVÁ
Gymnázium, Praha

Abstrakt

V příspěvku stručně představím projekt „Vím proč!“ jako další možnost jak pracovat s nadanými žáky ve fyzice a technických oborech sekundárního vzdělávání, výsledky projektu „Vím proč!“ (za 2 roky jeho trvání), jeho cíle, možnosti a vybraná fyzikální videa vytvořené žáky ZŠ a studenty SŠ.

Projekt „Vím proč!“

Cílem projektu se před 2 lety stala snaha vytvořit prostředí pro využití potenciálu, kdy žáci a studenti prezentují své fyzikální a technické dovednosti a vysvětlují učivo svým vrstevníkům jejich vlastním jazykem [1]. Vytvořit příležitost pro prezentaci a seberealizaci těmto žákům a studentům [2] a tím podpořit technické vzdělávání a zájem dětí o studium technických oborů a v neposlední míře přispět tak ke zvýšení kvality výuky technických oborů a nabídnout učitelům a žákům interaktivní učební pomůcku.

Pedagogickým základem tohoto projektu je využití efektivity učení podle pyramidy učení ve fyzice (v jakémkoliv předmětu platí také), kdy největší efektivity učení se dosahuje, když žák nebo student sám učí ostatní své spolužáky (obr. 1). Tato myšlenka a její naplnění je současně poděkováním pro všechny nadšené a aktivní učitele, kteří předali informaci o tomto projektu a i jeho soutěžní části, věnovali svůj čas a pomáhali svým žákům a studentům vytvářet tato videa z fyziky a techniky.

Obr. 1. Pyramida efektivity učení

Od 1. 10. 2014, kdy byla spuštěna webová stránka www.vimproc.cz [3] s fyzikálními videi žáků ZŠ a studentů SŠ celková návštěvnost webu 1. a 2. ročníku soutěže dosáhla 227 235 návštěv**.**

Do projektu v soutěžní i nesoutěžní části se po dobu 1. a 2. ročníku projektu zařadilo 264 ZŠ a 358 SŠ.

Celkový počet vložených videí za toto období dosáhl čísla 1137.

Vítězové 1. ročníku

ZŠ

1. **První táborová elektrárna**, ZŠ Otická18, Opava
2. **Let modelu nažky**, ZŠ Mládí 135, Praha 5 – Stodůlky
3. **Tepelná vodivost**, Gymnázium J. V. Jirsíka, České Budějovice

SŠ

1. **Fluorescence**, Gymnázium Petra Bezruče, Frýdek- Místek,
2. **Výroba meteorologického balónu**, Církevní gymnázium, Plzeň
3. **Water Matrix – stroboskopický efekt,** Církevní gymnázium, Plzeň

Vítězové 2. ročníku

ZŠ

1. **Kreslení elektrickým proudem**, ZŠ Litvínovská 600, Praha 9
2. **Bimetal**, Cyrilometodějské gymnázium, Brno
3. **Vlastnosti plynů,** ZŠ Havířov – Šumbark, Jarošova 33/851, Karviná

SŠ

1. **Teslův transformátor**, Gymnázium Christiana Dopplera, Praha 5
2. **Princip raketového motoru**, Gymnázium Vincence Makovského se sportovními třídami, Nové Město na Moravě
3. **Krokové napětí**, Střední průmyslová škola, Jáchymovská 1, Karlovy Vary - Ostrov

Vítězové na první příčce kromě tabletů získali každý pro svou školu i příspěvek 200 tisíc korun na zařízení moderní učebny. Tato odměna je zajištěna Nadací ČEZ i pro nadcházející ročník soutěžní části projektu. **Autoři** a jejich spoluautoři videí na druhém a třetím místě získali tablet.

Kromě odborníků hodnotili videa i návštěvníci webu.

Cenu veřejnosti 2. ročníku soutěže získalo video:

„Lihová raketa“, *ZŠ Náměšť nad Oslavou* a pokus **„Umělé plíce“**, *SOŠ ochrany osob a majetku Malé Svatoňovice*.

Oba kluci vyhráli pro celou svou třídu vstupenky do centra světa techniky a sami pro sebe exkurzi do vybraného provozu Skupiny ČEZ.

Výhry a celý projekt „Vím proč!“zaštiťují partneři projektu *NADACE ČEZ, SKUPINA ČEZ, JOBS CZ a JČMF.*

Ve školním roce 2015/2016 začíná 1. 10. 2015 již 3. ročník projektu „Vím proč!“ v natáčení fyzikálních videí žáky ZŠ a studenty SŠ svou soutěžní částí. Vize projektu je z nejlepších videí žáků ZŠ a studentů SŠ vytvořit novou video-učebnici fyziky pro ZŠ a SŠ.

Seznam nejlepších videí "Vím proč!" v kategorii ZŠ

Kategorie ZŠ	NÁZEV	ODKAZ na video
1. místo 1. ročníku	**První táborová elektrárna**	http://www.youtube.com/watch?v=S71aK_3yC94
1. místo 2. ročníku	**Kreslení elektrickým proudem**	https://www.youtube.com/watch?v=loGoGnnZ9Go
2. místo 1. ročníku	**Let modelu nažky**	http://www.youtube.com/watch?v=WY_-bM3hW6c
2. místo 2. ročníku	**Bimetal**	http://www.youtube.com/watch?v=F5IVGVc53fQ
3. místo 1. ročníku	**Tepelná vodivost**	http://www.youtube.com/watch?v=8RuDji5FLOE
3. místo 2. ročníku	**Vlastnosti plynů**	http://www.youtube.com/watch?v=Pj35w0iaVSU
	Seznámení s pákou	http://www.youtube.com/watch?v=rYuT7oM92WY
	Zákon setrvačnosti	http://www.youtube.com/watch?v=7t0LL_jd-pM
	AM vysílačka	http://www.youtube.com/watch?v=HIl8GLrbwzI
	Rovnoměrný a nerovnoměrný pohyb	http://www.youtube.com/watch?v=UnvWURc_pjU
	Citronový Proud	http://www.youtube.com/watch?v=33UOucTrrhY
	Přeříznutí ledu	http://www.youtube.com/watch?v=n3nGN4t16WE
	Hasící plyn	http://www.youtube.com/watch?v=GRzV5vsRDKw
	Kouzlo s mincemi	https://www.youtube.com/watch?v=wOJY_tPwuMI
	Pátrání s termokamerou	http://www.youtube.com/watch?v=ttwHsA3l9SY

Seznam nejlepších videí v soutěži "Vím proč!" v kategorii SŠ

Kategorie SŠ	NÁZEV	ODKAZ na video
1. místo 1. ročníku	**Fluorescence**	http://www.youtube.com/watch?v=SnxpWVB2CR4
1. místo 2. ročníku	**Teslův transformátor**	http://www.youtube.com/watch?v=y2apsZwE_4M
2. místo 1. ročníku	**Výroba meteorologického balónu**	http://www.youtube.com/watch?v=pf4S9m30cwg
2. místo 2. ročníku	**Princip raketového motoru**	http://www.youtube.com/watch?v=70H5zk8Oflk
3. místo 1. ročníku	**Water Matrix – Stroboskopický Efekt**	http://www.youtube.com/watch?v=zndprbEuO08
3. místo 2. ročníku	**Krokové napětí**	http://www.youtube.com/watch?v=n2K4jweMYhY
	Proč se voda štěpí na kapky aneb Plateau Rayleghova nestálost	http://www.youtube.com/watch?v=_uHazXbO4Zc
	Přenos zvuku pomocí světla	http://www.youtube.com/watch?v=sPnCWZqPDSg
	Sklon osy Země	http://www.youtube.com/watch?v=RcK7Qdrt_DM
	Dopplerův jev	http://www.youtube.com/watch?v=MIwnXyKl51I
	Pokus s Rubensovou trubicí a demonstrace stojatého vlnění	http://www.youtube.com/watch?v=YT8L7LtxS6I
	Nenewtonovské kapaliny	http://www.youtube.com/watch?v=y7CaSVKfOcE
	Senzor pohybu	http://www.youtube.com/watch?v=Gi276JdQoFI
	Gaussovo dělo	https://www.youtube.com/watch?v=gDm0wv1m56s
	Indukční Ohřev	http://www.youtube.com/watch?v=AAGbfdFMuxM

Ve výše uvedených odkazech jsou zajímavá videa, která lze použít jako pomůcky přímo do výuky fyziky ZŠ a SŠ.

Literatura

[1] Dočkal. V.: *Zaměřeno na talenty aneb Nadání má každý*, Nakladatelství lidové noviny, 2005
[2] Mönks F. J.,Ypenburg I. H.: *Nadané dítě*, Praha, GRADA, 2002
[3] http://www.vimproc.cz

Testování slunečních vařičů

TOMÁŠ MILÉŘ A LUKÁŠ PAWERA
KFCHO PdF MU

Abstrakt

Představujeme laboratorní úlohu založenou na standardním testu ASAE S580. Úloha spočívá ve stanovení výkonu slunečního vařiče na základě měření teploty vody v hrnci, teploty vzduchu a intenzity slunečního záření.

Úvod

Sluneční vařič je jednoduché zařízení, které slouží k přípravě pokrmů s využitím slunečního záření. Typy slunečních vařičů se nejčastěji dělí na *panelové*, *krabicové* a *parabolické* (paraboloid nebo parabolický žlab). Jinak je lze dělit na vařiče *přímé*, které koncentrují sluneční paprsky přímo na černý hrnec s potravinami, a *nepřímé*, které dopravují teplo k plotýnce prostřednictvím média (oleje). *Akumulační* sluneční vařiče umí vařit i po setmění nebo v době, kdy se obloha zatáhne oblačností. Existují i *hybridní* vařiče, které kombinují solární vaření s elektrickým dohřevem. Je třeba zdůraznit, že neexistuje ideální typ slunečního vařiče. Vždy záleží na uživateli, jaké má požadavky (druh a množství potravin, přenosnost a skladnost, vzhled…), možnosti (především finanční) a jaké jsou v dané oblasti klimatické podmínky.

Obr. 1. Kresba panelového (typ CooKit), krabicového a parabolického slunečního vařiče. Převzato z [1].

Sluneční vaření má dlouhou a bohatou historii. Soustředěním slunečních paprsků pomocí paraboloidu se zabýval již ve 2. polovině 17. století německý matematik Ehrenfried Walther von Tschirnhau. Prokazatelně bylo však slunce použito k vaření až o sto let později, a to švýcarským vědcem Horace-Bénédict de Saussure. Roku 1837 John Frederick William Herschel (syn slavného astronoma) zkonstruoval sluneční vařič, ve kterém připravoval maso, zeleninu a vejce pro svou družinu na expedici v jižní Africe. Šlo o načerněnou bednu z mahagonu, kterou zakopal v písku a překryl dvojitým sklem. Uvnitř bedny Herschel naměřil teplotu až 116 °C. V 19. století francouzský vynálezce Augustin Bernard Mouchot navrhl sluneční vařič pro francouz-

skou armádu v severní Africe. V 1. polovině 20 století na hoře Mt. Wilson experimentoval s nepřímým vařičem známý odborník na sluneční záření Charles Greeley Abbot. I v dnešní době jsou sluneční vařiče předmětem vědeckého výzkumu, dokonce zájem vědců o tuto problematiku rok od roku vzrůstá.

V současnosti jsou sluneční vařiče vnímány především jako technologie vhodná pro rozvojový svět. To je škoda, protože i ve střední Evropě bývají v létě skvělé podmínky pro sluneční vaření. Jednoduché panelové nebo krabicové vařiče si lidé mohou brát s sebou k rybníku, do kempů, na chaty, zahrady apod. Vaření je sice zdlouhavé (obvykle 2−3 hodiny), ale nespotřebovává se žádné palivo, nehrozí připálení (teploty nepřesahují 140 °C) a připravené pokrmy mohou být chutné a zdravé. V horkém a suchém létě, jako bylo to letošní (2015), bývá zvýšené riziko vzniku lesních požárů. Na rozdíl od táboráků a grilů sluneční vařiče nemohou založit požár, jsou proto bezpečné. Sluneční vařiče lze velmi dobře uplatnit i na letních táborech nebo jiných akcích pro děti. Nejlepší podmínky v rámci školního roku jsou v měsíci červnu, kdy slunce je již vysoko nad obzorem a vzduch je dostatečně teplý. V červnu také může být ve škole po uzavření klasifikace prostor pro poměrně časově náročné experimentování se slunečními vařiči. Zkoumání slunečních vařičů je zvláště vhodné téma pro individuální žákovské projekty.

Výroba slunečního vařiče a příslušenství

Výroba slunečního vařiče není předmětem tohoto článku, ale uveďme zde alespoň několik dobrých rad a zdrojů informací. V první řadě lze doporučit publikaci „Solar cookers − How to make, use and enjoy“ [1]. Obsahuje popis výroby krabicového vařiče a populárního panelového vařiče CooKit, podmínky vaření, recepty i návody na doplňkové vzdělávací aktivity. Archiv návodů a plánů jednoduchých konstrukcí vařičů je k dispozici online zde: [2]. Jeden z nejjednodušších vařičů, který snadno zvládnou vyrobit i malé děti, je typ EZ-3 [3]. Výroba panelových vařičů je ve srovnání s krabicovými a parabolickými mnohem jednodušší a rychlejší. Potřebujete jen lepenku, alobal, lepidlo na tapety (na velké plochy) a lepidlo na papír (např. Herkules na pevné spoje). Kromě vlastního vařiče je nezbytností černý hrnec, který by měl být pokud možno tenkostěnný, aby nezpomaloval vaření. Vhodné jsou smaltované hrnce (ne litinové), které se však neshánějí snadno. V současnosti jsou na trhu k dostání snad jen smaltované hrnce a kastroly české firmy ORION, které lze doporučit. Můžeme použít i hliníkový ešus natřený černou barvou nebo eloxovaný. Hliníkové nádobí má tenčí stěny, ale ve srovnání s ocelí má hliník skoro dvakrát větší tepelnou kapacitu (hliník 896 $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$ a ocel cca 469 $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$ dle obsahu příměsí). Při pečení buchet v hrnci se může stát, že se těsto nepropeče v celém objemu. Pro pečení buchet jsou vhodnější různé plechy a formy, přičemž místo poklice lze použít druhý plech. Panelové vařiče jsou pomalé, ale jejich účinnost lze hodně zlepšit tak, že hrnec zabalíme do průhledného pytle z pečicí fólie. Tím zabráníme ochlazováním hrnce prouděním vzduchu. Pytel požadovaných rozměrů slepíme izolepou z fólie, kterou lze pořídit jako tzv. „rukáv na pečení“ a která odolává teplotám do 220 °C.

Měření

Aby bylo možné vlastnosti různých vařičů objektivně porovnávat, je třeba je podrobit měření. Existuje několik standardizovaných postupů. Ve vědecké literatuře je nejpoužívanější indický standard [4], který je však vhodný jen pro krabicové vařiče, a je natolik komplikovaný, že jej nelze uplatnit pro vzdělávací účely. Naopak americký standard [5] vychází z jednoduché fyziky a je využitelný pro jednoduchá měření v rámci výuky termiky na ZŠ, SŠ a gymnáziích. Pro potřeby školního měření si lze podmínky standardizovaného testu zjednodušit (např. do hrnce vždy nalijeme 1 litr vody).

Obr. 2. Testování slunečních vařičů na PdF MU. Data byla snímána automaticky po 1 minutě a ukládána do laptopu.

Podmínky měření:

- v hrnci 7 000 g vody na 1 m^2 apertury (průmět vařiče do plochy kolmé na sluneční paprsky)
- měřit mezi 10:00 a 14:00 astronom. času
- pootáčet za sluncem po 15–30 minutách
- rychlost větru < 2,5 m/s
- teplota vzduchu mezi 20 a 30 °C
- teplota vody 5 °C nad teplotou okolního vzduchu a 5 °C pod místním bodem varu
- oslunění mezi 450 a 1100 W/m^2 (nemá kolísat o více než 100 W/m^2 za 10 min)

Minimální vybavení:

- 1 sluneční vařič + černý hrnec
- 1 teploměr (teplota vzduchu)
- 1 teploměr s externím čidlem (voda v hrnci)
- 1 měřič intenzity slunečního záření, tj. pyranometr nebo polovodičový slunoměr (např. CEM DT-1307), lze použít i luxmetr – přepočítáme faktorem 100 lx/(W/m^2). Více k měření slunečního záření viz [6].

Termočlánek umístíme do hrnce 10 mm nad povrchem dna pomocí kancelářské sponky a izolepy nebo stejně jako my pomocí dvou neodymových magnetů (viz obrázek 3).

Obr. 3. Umístění termočlánku na dno hrnce pomocí dvou neodymových magnetů.

Vodu odměříme na digitálních vahách (nikoliv odměrným válcem, protože ty mají malou přesnost). Osvědčilo se odměřenou vodu donést na stanoviště v uzavřené lahvi a do hrnce ji nalít až těsně před zahájením měření.

Čidlo teploty vzduchu umístíme do stínu poblíž vařiče. Může být schováno přímo za slunečním vařičem, ale nesmí se dotýkat jeho stěny.

Měřič intenzity slunečního záření má měřit globální záření, což je součet záření přímého a rozptýleného oblohou. Čidlo je třeba průběžně nastavovat tak, aby jeho osa směřovala ke slunci.

Dle požadavků standardu bychom měli získat alespoň 30 měření rozložených do tří dnů. Pro vzdělávací účely však postačí, když v jednom dni provedeme jen několik málo měření (cca 5) v desetiminutových intervalech. Z takových dat již lze získat regresní přímku a spočítat standardizovaný výkon. Hodnota sice nebude dostatečně reprezentativní, ale pro žáky je důležitější, aby si vyzkoušeli postup měření a zpracování dat.

Pokud k měření nepoužíváme univerzální měřící stanici (Vernier, Pasco apod.) nebo jiný typ dataloggeru s automatickým ukládáním dat, budeme v desetiminutových intervalech číst údaje přímo z měřících přístrojů a zapisovat. Data posléze zpracujeme v tabulkovém procesoru.

Výkon vařiče za desetiminutové intervaly spočítáme podle vztahu:

$$P = \frac{mc_{\mathrm{v}}\Delta T}{600}$$

kde m je hmotnost vody, c_{v} je měrná tepelná kapacita vody, ΔT je změna teploty vody za 10 minut a číslo 600 je počet sekund.

Výkon převedeme na standardní oslunění 700 W/m^2 podle vztahu:

$$P_s = P \cdot \frac{700}{G}$$

kde G je změřená hodnota globálního záření.

Potom sestavíme graf závislosti výkonu P_s na rozdílu teploty vody T_v a teploty vzduchu T_a. Na grafu (viz obrázek 4) jsou znázorněna data měření výkonu vařiče CooKit v minutových intervalech, přičemž každý bod představuje průměrnou hodnotu za posledních 10 minut. Červené body byly vyřazeny, protože nějakou dobu trvá, než se ohřátá voda dostane k teplotnímu čidlu. Nelze použít ani data z konce měření, když se teplota vody blíží k bodu varu.

Obr. 4. Graf závislosti výkonu vařiče CooKit (přepočteného na standardní intenzitu 700 W/m2) na rozdílu teploty vody a teploty vzduchu.

Standardizovaný výkon slunečního vařiče získáme z rovnice regresní přímky dosazením za x hodnotu 50 °C. Pro CooKit jsme takto pomocí grafu na obr. 4 získali hodnotu standardizovaného výkonu 28 W.

Recept na banánovou buchtu

Zatímco na jednom slunečním vařiči budete provádět měření, ve druhém si navaříte oběd, čaj nebo upečete buchtu. Procedura solárního vaření se od běžného postupu liší tím, že všechny ingredience je třeba vložit do hrnce najednou. Každé otevření víka krabicového vařiče nebo rozbalení fólie u panelového vařiče totiž vaření výrazně zpomaluje.

Pro banánovou buchtu si připravíme tyto suroviny:

- 3 rozmačkané zralé banány
- 3 vajíčka
- 1/3 másla
- 1/2 hrnku cukru
- 1/2 hrnku mléka
- 2 hrnky mouky (polohrubá pšeničná nebo kukuřičná)
- 1 lžička skořice
- 1 kypřící prášek

Smícháme rozetřené banány, vajíčka, máslo, cukr a mléko, čímž vznikne krém. Do něj postupně vmícháme mouku, skořici a kypřící prášek. Těsto vlijeme na plech potřený máslem. Dáme péct do slunečního vařiče na 2 až 3 hodiny. Nemusíte se bát, že buchtu připálíte, ani když ji necháte na slunci po celý den! Při pečení buchet je třeba počítat s tím, že na rozdíl od pečení v troubě vlhkost nemá kam odejít. Po rozvázání pytle je proto vhodné nechat buchtu na plechu vychladnout a vysušit cca 1 hodinu. Tímto způsobem můžeme péct buchty typu „babetka“, třešňový táč apod. Nebojte se experimentovat!

Obr. 5. Pečení buchty v „rohovém“panelovém vařiči (vlevo) a výsledek (vpravo).

Literatura

[1] SOLAR COOKERS INTERNATIONAL. *Solar cookers – How to make, use and enjoy* [online]. 2004. Dostupné z: http://solarcooking.org/plans/plans.pdf

[2] SOLAR COOKERS INTERNATIONAL. Plans for Solar Cookers – The Solar Cooking Archive. *SCInet* [online]. [vid. 10. září 2015]. Dostupné z: http://solarcooking.org/plans/

[3] SOLAR COOKERS INTERNATIONAL. EZ-3 Solar Cooker. *Solar Cooking* [online]. [vid. 14. září 2015]. Dostupné z: http://solarcooking.wikia.com/wiki/EZ-3_Solar_Cooker

[4] *IS 13429-3 (2000): Solar Cooker - Box Type, Part 3: Test Method* [online]. B.m.: Bureau of Indian Standards. 2000. Dostupné z: https://law.resource.org/pub/in/bis/S08/is.13429.3.2000.pdf

[5] *ASAE S580.1:2013 Testing And Reporting Solar Cooker Performance* [online]. B.m.: American Society of Agricultural Engineers. 2003 [vid. 14. září 2015]. Dostupné z: http://solarcooking.org/asae_test_std.pdf

[6] MILÉŘ, Tomáš a Jan HOLLAN. *Klima a koloběhy látek – Jak funguje klimatický systém Země, proč a jak se klima mění* [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2014. ISBN 978-80-210-7109-4. Dostupné z: http://amper.ped.muni.cz/gw/aktivity/klima.pdf

Spektroskopie na střední škole

TOMÁŠ NEČAS
Gymnázium Brno, třída Kapitána Jaroše 14

V příspěvku bude představeno několik experimentů do třídy i pro domácí pokusy k tématu spektroskopie. Konkrétně: pozorování spekter, určování prvků podle jejich spektra, RGB mixer.

Pozorování spekter

K rozkladu světla na spektrum lze obecně použít hranol nebo mřížku. V příspěvku se podíváme na možnosti využití mřížky k pozorování spekter. Mřížka je levná a dostupná. Buď ve formě difrakčních brýlí (k dostání například na brněnské hvězdárně za 20 Kč) nebo celého pásu (cena 120 Kč za délkový metr, viz [1]). Pás je pak možné snadno nastříhat třeba do diarámečků – viz obrázek 1.

Obr. 1. Difrakční brýle a difrakční mřížka v dia rámečku

Díky tomu můžeme zvolit optimální uspořádání – zdroj – štěrbina – mřížka (těsně před okem) – oko (viz obrázek 2). Toto uspořádání je výborné pro demonstrační pokusy, kdy každý žák má svou mřížku. Spektra lze takto krásně pozorovat i v nedokonale zatemněné místnosti.

V případě lineárního zdroje (výbojová trubice) štěrbinu vynecháme.

Obr. 2. Vznik spektra na difrakční mřížce

Pro tento účel se jeví optimální mřížka s 500 vrypy na mm. Pak $b = 2 \cdot 10^{-6}$ m a ze vztahu pro polohu difrakčního maxima

$$\sin \alpha = \frac{k\lambda}{b}$$

dostáváme

$\alpha_1 = 12°$ pro modrý okraj spektra a $\alpha_2 = 20°$ pro červený okraj spektra.

Pozorovatel pak vidí situaci tak, jak ukazuje obrázek 3 (spektrum CO_2).

Obr. 3. Takto vidí spektrum pozorovatel přes mřížku

Sluneční spektrum

Další možností je vytvořit jednoduchý a přitom přesný spektroskop pomocí papírové trubice. Na jednom konci je umístěna štěrbina (pro větší přesnost velmi tenká) a na druhém konci mřížka (viz obrázek 4).

Obr. 4. Jednoduchý spektroskop

Přiložením objektivu digitálního foťáku můžeme pořídit pěkné snímky slunečního spektra a pozorovat v něm Fraunhoferovy absorpční čáry (viz obrázek 5).

Obr. 5. Sluneční spektrum a Fraunhoferovy čáry

Určování plynů podle spektra

Výbojové trubice naplněné plyny je možné koupit řádově za 1500 Kč jednu u mnoha prodejců školních pomůcek. Jako zdroj vysokého napětí pro jejich rozsvícení poslouží Ruhmkorffův induktor nebo speciální zdroj a stojan v jednom. Spektra je možné pozorovat i fotografovat. V případě použití ve výuce je možné žákům rozdat tabulku spekter (ke stažení na stránce autora [2]) a nechat je určovat druh plynu. Například v případě vodíku uvidíme krásně tři čáry z Balmerovy série. Zajímavé je, že spektrum vodíku je možné díky ionizaci pozorovat jak v trubici s obsahem H_2, tak s H_2O. Další zajímavé plyny k pozorování jsou např. He, Ne, Ar, Hg, N_2, CO_2.

RGB mixer

Další využití našeho spektroskopu je při studiu skládání barev. K tomuto účelu můžeme snadno vyrobit RGB mixer pomocí těchto součástek:

1 x RGB LED,

3 x potenciometr 500 Ω,

1 x vypínač,

9V baterie,

rezistory (cca 200 Ω).

Podstatnou součástí je průsvitná matnice, která zajistí dokonalé smíchání barev z LEDky. Pomocí potenciometrů nastavujeme napětí na jednotlivých kanálech LEDky. Výsledná podoba je na obrázku 6.

Obr. 6. RGB mixer

Pomocí mixeru můžeme namíchat libovolnou barvu a pomocí mřížky ji opět rozložit na jednotlivé kanály (viz obrázek 7). Na obrázku vidíme namíchánu bílou barvu a poté barvy CMY.

Obr. 7. Skládání a rozkládání barev pomocí RGB mixeru

Literatura

[1] www.udif.cz/objednavka/distribuce-pomucek/
[2] http://sites.google.com/site/jaroska14
[3] https://en.wikipedia.org/wiki/Fraunhofer_lines

Plazmatická úprava povrchu materiálů ve školní laboratoři

LUKÁŠ PAWERA, PETR SLÁDEK
PDF MU Brno

Nové technologie jsou mnohdy obtížně dostupné pro studenty ve školních podmínkách. Často nákladné doprovodné zařízení vyžaduje vysokou čistotu, vysoké vakuum a přísné bezpečnostní podmínky. Chladné plazma je vcelku rozšířené v mnoha průmyslových odvětvích. Zařízení pro plazmatickou úpravu povrchů materiálů je však vcelku jednoduché na sestavení i provoz i ve školní laboratoři. Jednoduchý způsob, jak pozorovat změny struktury na povrchu je určení povrchové energie metodou měření kontaktních úhlů pomocí různých kapalin. Příspěvek představuje možnosti využití chladného plazmatu ve školské praxi.

Nízkoteplotní plazma

Plazma je částečně nebo úplně ionizovaný plyn, obsahující ionty, elektrony a neutrální částice, které vykazují kolektivní chování a kvazineutralitu. V nízkoteplotním plazmatu jsou excitovány na vysokou energii pouze elektrony a ionty zůstávají na teplotě blízké okolí, zatímco u horkého plazmatu dosahuje teplota 10000 až 20000 K. V důsledku toho má nízkoteplotní plazma velké využití při úpravě povrchů materiálů. Investice jsou relativně nízké a technologie nepředstavují zátěž škodlivými látkami pro prostředí. Navíc je možnost opracovávat velké plochy, protože plazma hoří za atmosférického tlaku a opracovávané materiály se nemusejí uzavírat do speciálních reakčních komor.

Vzhledem k širokému využití nízkoteplotního plazmatu v průmyslu, je vhodné, aby měli žáci ve školách představu a bližší kontakt s dnešními technologiemi a nezůstali pouze v představách, že fyzika je jen otázkou obsahu učebnic.

Bariérové výboje

Vložíme-li mezi kovové elektrody dielektrickou bariéru, dojde k omezení průchodu nabitých částic mezi elektrodami a zároveň se sníží intenzita elektrického pole mezi elektrodami. Dochází k interakci elektronů s molekulami přítomného plynu mezi elektrodami. Po připojení elektrod ke zdroji vysokého napětí elektrony putují k anodě, na které ovšem kvůli bariéře nevyráží další elektrony z anody, tudíž dochází k ulpívání elektronů na povrchu bariéry do té doby, než se elektrický potenciál na obou elektrodách vyrovná a dojde k vyhasnutí výboje. Kdybychom použili jako zdroj stejnosměrné napětí, nedošlo by k opětovnému zapálení elektrického výboje. Bariéru můžeme umístit na jednu elektrodu nebo na obě, nebo také mezi elektrody. Jako dielektrikum se nejčastěji používá keramika (např. korund Al_2O_3) z důvodu svých vhodných dielektrických vlastností. Dielektrická pevnost je pro korund udávána v rozmezí $(10\text{-}35)\cdot 10^6$ $V\cdot m^{-1}$ a relativní permitivita 9,0 až 10,1. Další důležitou vlastností pro

výběr dielektrika je vysoká homogenita materiálu a nízká tepelná vodivost. Dané požadavky splňuje korund, křemičité sklo (to se dá snadno sehnat) nebo polymerní materiály. Napětí mezi elektrodami může být v rozsahu jednotek až desítek kilovoltů a frekvence řádu kHz. Podle uspořádání elektrod rozlišujeme základní druhy bariérových výbojů – povrchový (surface discharge), objemový (volume discharge) a koplanární (coplanar discharge) výboj.

Obr. 1. a,b,c. Bariérové výboje (plošný, objemový, koplanární)

Vytvoření bariérového výboje ve školní laboratoři

Konstrukce zařízení pro generování nízkoteplotního plazmatu využívá objemový bariérový výboj. Aby tento druh výboje vznikl, je zapotřebí zdroj napětí řádu desítek kilovoltů sinusového nebo pulzního průběhu s měnitelnou frekvencí pro dosažení optimálních podmínek výboje. Blokové schéma zařízení je na obr. 2.

Obr. 2. Blokové schéma zařízení pro generování chladného plazmatu

Sinusový signál potřebný k buzení koncového stupně je vytvořen v generátoru s možností volby frekvence. Rozsah frekvencí potřebných pro generování bariérového výboje leží v akustickém pásmu, lze tedy s výhodou použít jako koncový stupeň pro výkonové zesílení signálu hudební nízkofrekvenční výkonový zesilovač bez jakýchkoli úprav. Doporučený výkon je 200 až 400 W v závislosti na ploše elektrod. Nejdůležitější je volba transformátoru zvyšujícího napětí z výstupu zesilovače řádově

desítek voltů na hodnotu desítek kilovoltů. Na tento prvek jsou kladeny podmínky jednak z hlediska vhodné impedance primárního vinutí – při pracovní frekvenci by neměla být impedance nižší, než pro jakou je konstruován použitý výkonový zesilovač (4, resp. 8 ohm). Dalším parametrem je převod transformátoru, který by měl být minimálně 200 (v experimentu je 400) a v neposlední řadě dostatečná izolační pevnost – na sekundární straně můžeme dosahovat napětí naprázdno až 100 kV! Ze školního vybavení kladeným požadavkům vyhovuje Ruhmkorffův generátor s možností odpojení Wagnerova kladívka a přímým zapojení do primárního obvodu vinutí. Pro výboje o nižším výkonu lze také použít některých starších typů zapalovacích cívek z automobilu. Elektrody lze vyrobit z hliníku nebo jiného kovu a mohou mít libovolný tvar, nejčastěji čtvercový nebo kruhový. Elektrody je vhodné upevnit na izolační podstavy pro lepší manipulaci a rovnoběžnou polohu vůči sobě.

Nejdostupnější materiál pro vytvoření dielektrické bariéry je kvalitní sklo, které musí být velice homogenní, mít dostatečnou elektrickou pevnost, musí odolat velké intenzitě elektrického pole a vyšším teplotám. Nejvhodnějším materiálem, ne však tolik dostupným jsou destičky z korundové keramiky tloušťky přibližně do 1 mm. Bariéra se připevní mezi elektrody jednoduše přilepením oboustrannou lepicí páskou na kovovou elektrodu. Plocha bariéry by měla být větší než je plocha elektrod, aby nedocházelo k přeskokům jisker z okrajů elektrod. Konstrukce je vidět na obr. 3.

Obr. 3. Hliníkové elektrody s dielektrickou bariérou.

Objemový bariérový výboj vniká mezi dvěma rovinnými elektrodami napájenými střídavým napětím, mezi kterými je plyn a vhodná dielektrická přepážka, která zabraňuje průchodu nabitých částic. Výboj se udržuje pouze indukčně. Ukázka bariérového výboje je na obr. 4.

Obr. 4. Objemový bariérový výboj

Vzhledem k nízké teplotě plazmatu, můžeme použít tento výboj k opracovávání organických nebo i polymerních materiálu s nízkou teplotou tavení. Charakter modifikace závisí od použitého prekurzoru, který musí být buď v plynném skupenství, nebo se aplikuje formou výparů do plazmatu.

Budíme-li bariérový výboj ve vzduchu, jako prekurzor tam působí kyslík, který se používá pro vznik hydrofilních povrchů.

Možnosti využití ve škole

Sestavit zařízení na bariérový výboj není tak obtížné, přímé pozorování vlivu působení chladného plazmatu na povrchovou strukturu materiálu není však ve školním prostředí dostupné z důvodu potřeby speciálních spektroskopických metod. Změny, které na povrchu proběhnou, nejsou pozorovatelné okem, ani školním optickým mikroskopem. Existuje však metoda, kterou lze určité změny na povrchu pozorovat i bez drahých přístrojů. Je to metoda měření kontaktního úhlu kapky na povrchu materiálu. Změny v kontaktním úhlu lze pozorovat i okem bez dalších nutných zařízení (obr. 5 a,b). Kontaktní úhel kapky lze měřit také ze snímku, který se zachytí pomocí mikroskopu.

Obr. 5. a, b. Dřevo a sklo opracované v plazmatu (vždy levá část oddělena červenou čarou byla opracována v plazmatu) a kapky vody

Metoda měření kontaktního úhlu kapky kapaliny sedící na pevném podkladu je velice přesná, rychlá a levná metoda charakterizace pevných materiálů. Na základě zjištěného kontaktního úhlu lze vypočítat povrchovou energii daného materiálu a tyto informace použít pro lepší porozumění interakcím mezi daným materiálem a kapalinou.

Obr. 6. Situace na rozhraní tří prostředí

Kontaktní úhel měříme mezi povrchem a tečnou sestrojenou na povrch kapky příslušné kapaliny (obr. 6). Hodnoty kontaktního úhlu nám pak dávají informaci o smáčivosti povrchu materiálu. Nejhrubší stupnicí kvality smáčivosti je kategorizace na hydrofilnost (snadná smáčivost) a hydrofobnost (obtížná smáčivost) povrchu. V tomto případě je dělícím úhlem 90°. Změny hodnot kontaktní úhlu nám tak mohou dát informaci o tom, jak plazmatické opracování změnilo povrchové vlastnosti materiálu.

Obr. 7a, b. Kapka vody na povrchu dřeva před (vlevo) a po (vpravo) ošetření plazmatem 10 s.

Obr. 8a, b. Kapka vody na povrchu skla před (vlevo) a po (vpravo) ošetření plazmatem 10 s.

Tab. 1. Hodnoty kontakního úhlu po vystavení povrchů materiálů chladnému plazmatu po dobu 10 s

materiál	Kontaktní úhel před ošetřením	Kontaktní úhel po ošetření
dřevo	81°	35°
sklo	56°	12°

Ukázky hodnot kontaktního úhlu kapky vody na skle a dřevě před a po expozici povrchu chladnému plazmatu po dobu 10 s jsou na obr. 7a,b a 8a,b. Je zřejmé, že v obou případech se povrch stal hydrofilním.

Pro kontaktní úhel platí Youngův vztah: $\cos\theta = \frac{\gamma_{SG} - \gamma_{SL}}{\gamma_{LG}}$, kde γ_{LS} γ_{SG} γ_{LG} představují složky příslušných mezifázových energií. Pro další výpočty je potřeba provést měření s kapalinami jiných kapalin.

Pro školní účely je pozorovatelná změna kontaktního úhlu dostatečná. Při použití různých prekurzorů můžeme vytvářet materiály savé (hydrofilní) např. pro pleny, obvazy nebo nesavé (hydrofobní) pro automobilová skla či pro nezašpinitelnou úpravu oblečení.

Závěr

Pro přiblížení výhod, které nám moderní technologické postupy ve fyzice nabízejí, představuje jednoduché zařízení pro generování chladného plazmatu jednu z možností, se kterou můžeme experimentovat i ve školní laboratoři. Použité komponenty jsou dostupné ve sbírkách škol, a další materiál je finančně nenáročný. Pomocí úprav povrchů materiálů můžeme žákům přiblížit svět výzkumných chemických a fyzikálních laboratoří. Mnohdy si žáci neuvědomují, že výsledky vědy nám přinášejí výhody v běžném životě.

Literatura

[1] BURŠÍKOVÁ, Vilma, 2004. Surface energy evaluation of plasma treated materials by con-tact angle measurement. 1st ed. Brno: Masaryk University, 70 s. ISBN 80-210-3563-3.

[2] KŘÍŽ, Martin, 2009. Hydrofilita a hydrofobicita jako klíč k řízení vlastností povrchů [online]. Brno [cit. 2015-06-15]. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/150674/prif_m/Diplomova_prace_Kriz.pdf. Diplomová práce. MU.

[3] TUNOVÁ, Martina, 2015. Elektrické výboje v plynech [online]. Brno [cit. 2015-06-15]. Do-stupné z: http://is.muni.cz/th/392265/pedf_b/Bakalarska_prace.pdf. Bakalářská práce. MU.

Pár zajímavých nápadů VI

VÁCLAV PAZDERA
Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9

Abstrakt

Příspěvek předkládá několik námětů na koupi a výrobu jednoduchých pomůcek. Dále jsou v příspěvku uvedeny i jednoduché náměty na pokusy s těmito pomůckami.

Fluoreskující skleněná koule

Při výuce kapitoly *Atomy a záření* používám detektory záření a různé zdroje záření. Nedávno jsem při koupi skleněných kuliček u jednoho prodejce [1] objevil fluoreskující skleněnou kouli.

Obr. 1. Fluoreskující skleněná koule [1] – uranové sklo

Prodejce uvádí, že je koule vyrobena z uranového skla a je fluoreskující v UV světle. Je vyrobena ze skla s obsahem **uranu** (v neradioaktivní formě), které při osvícení UV světlem magicky fluoreskuje.

Obr. 2. Fluoreskující skleněná koule [1] při osvětlení zeleným a fialovým laserem

Na obr. 2 je možné pozorovat, že zelený laser koulí prochází bez fluorescence. Ale fialový laser způsobuje v uranové kouli fluorescenci.

Obr. 3. Měření záření koule z uranového skla (6. sloupeček) po dobu 10×100 s

Na obr 3. je měření záření pozadí (1. až 5. sloupeček, 6., 7. a 9. sloupeček), záření koule z uranového skla (6. sloupeček) a záření vázy z uranového skla (9. sloupeček). Měření bylo prováděno měřícím systémem Verner pomocí senzoru radioaktivního záření. Uranová koule je samozřejmě zdrojem radioaktivního záření. Při porovnání se zářením pozadí a aktivitou školních zdrojů ze soupravy GamaBeta toto záření není silné. Tato koule může sloužit jako velmi pěkná pomůcka.

Univerzální digitální termostat s LED displejem

Při výuce kapitoly *Elektrický proud v polovodičích* používám polovodičovou součástku *termistor*. Termistor se využívá ke konstrukci teploměru a *termostatu*. Dnes je k dostání velmi levný (250 Kč) digitální termostat (zároveň funguje jako digitální teploměr). Pomocí tohoto levného zařízení lze studentům názorně předvést funkci termostatu.

Obr. 4. Univerzální digitální termostat

Obr. 5. Zapojení digitálního termostatu

Na obr. 5 je schematické zapojení tohoto termostatu. Na termostatu nastavíme teplotu START 33 °C a teplotu STOP 40 °C. K relé připojíme žárovku (např. 24 V, 40 W). Termistor přiložíme k baňce žárovky (viz obr. 6). Celé zapojení bude fungovat tak, že žárovka ohřeje termistor a termostat při teplotě 40 °C žárovku vypne. Po následném ochlazení termistoru na 33 °C termostat zapne žárovku a proces se bude automaticky opakovat. Žárovka nám představuje tepelný spotřebič.

Obr. 6. Ukázka ovládání žárovky termostatem s termistorem

Termostat s tepelným spotřebičem tak udržuje teplotu v určitém nastaveném rozmezí.

Vystřelovač projektilů

U firmy Vernier je možné zakoupit velmi pěknou pomůcku *vystřelovač projektilů* [2]. Tato pomůcka je vynikající, ale je velmi drahá. Josef Hubeňák ve svém příspěvku [3] uvádí návod na výrobu pomůcky – *pneumatického děla*. Zkusil jsem si tuto pomůcku vyrobit.

Obr. 7. Pneumatické dělo

Toto pneumatické dělo (viz obr. 7) je vyrobeno z tlakové nádoby (bombička CO_2), elektromagnetického ventilu, hlavně (trubka PPR s průměrem 32 mm) a k natlakování tlakové nádoby vzduchem je použit automobilový ventilek s pumpou a s tlakoměrem. Tato pomůcka se studentům velmi líbila. Mám ale obavu, že do její výroby se podle návodu Josefa Hubeňáka [3] nikdo nepustí.

Podařilo se mi tuto pomůcku vyrobit ještě levněji a mnohem jednodušeji!!!

Na trhu je možno zakoupit tlakový čistič trubek (cena přibližně 300 Kč).

Obr. 8. Tlakový čistič trubek

Když k tomuto čističi připojíme (upevníme stahovacím kroužkem) PPR trubku s průměrem 32 mm, tak máme za pár korun *vystřelovač projektilů*. Jako projektil můžeme použít korkový špunt nebo lehkou gumovou kuličku.

Obr. 9. Tlakový čistič trubek a PPR trubky s průměrem 32 mm

Na obr. 9 je možné vidět tento tlakový čistič a trubky PPR 32 mm. Na trubkách je upevněná pomocí stahovacího kroužku gumová koncovka (je součástí příslušenství), kterou se trubka nasazuje (upevňuje) na čistič.

Zařízení je vhodné pro experimenty z kinematiky, zejména na studium šikmého vrhu, vrhu svisle vzhůru a vodorovného vrhu.

Na trubku (hlaveň) vpravo na obr. 9 jsem zabudoval dvě optické závory, jimiž mohu snímat (pomocí měřícího systému) dobu průletu projektilu hlavní. Při známé délce hlavně (od závory k závoře – 25 cm) mohu pak určit počáteční rychlost projektilu.

Obr. 10. Ukázka měření doby průletu projektilu hlavní se systémem Vernier

Na trubku (hlaveň) vlevo na obr. 9 jsem zabudoval jednu optickou závoru. Touto optickou závorou přes elektronický přepínač ovládám elektromagnet na kterém je upevněn terč.

Obr. 11. Ukázka „výstřelu“ na terč (šikmo vzhůru) – hlaveň pomocí laseru míří na terč

Při výstřelu projektilu optická (IR) závora „vypne“ elektromagnet. Terč začne padat volným pádem svisle dolů. Projektil ve svislém směru padá také svisle dolů. Projektil se pohybuje po balistické křivce a zasáhne terč [4].

Vrhací / padací zařízení

Vyrobil jsem si také velmi pěknou pomůcku *vrhací /padací zařízení* [5]. Pomocí tohoto jednoduchého vrhacího a padacího zařízení lze působivě demonstrovat nezávislost horizontální a vertikální složky pohybu. Dvě kuličky opustí současně zařízení stiskem tlačítka. Jedna padá kolmo dolů, druhá je vymrštěna horizontálním směrem. Obě kuličky dopadnou současně na podlahu. Zvuk dopadu obou kuliček je slyšet ve stejném okamžiku.

Obr. 12. Vyrobené vrhací/padací zařízení (video [6])

Toto zařízení jsem ještě vylepšil tím, že jsem pružinu připevnil na háček, s kterým lze pomocí matice natahovat pružinu a tím regulovat počáteční rychlost vodorovného vrhu. Dále jsem na zařízení připevnil háček (na obr. 12 vlevo), který je ovládán elektromagnetem. Tím je umožněno akci ovládat na dálku a například celý děj snímat rychloběžnou kamerou. Pomůcku lze vyrobit s nákladem okolo 100 Kč.

Pro ty, kterým se tato konstrukce zdá být složitá, nabízím jednodušší konstrukci, kterou zvládne vyrobit každý domácí kutil (náklady okolo 50 Kč).

Obr. 13. Výroba jednoduššího vrhacího/padacího zařízení

Na obr. 13 lze vidět potřebný materiál na výrobu zařízení.

Obr. 14. Vyrobené jednodušší vrhací/padací zařízení

Použití je velmi snadné. Zařízení držíme v levé ruce, do důlků na koncích volně otočných ramen vložíme kuličky. Úderem do konce ramena pravou rukou je jedna kulička vržena vodorovným směrem a druhá kulička padá volně dolů (jako u předchozího zařízení, které pohání pružina). Aby se otáčení ramena zastavilo, musíme mu dát do cesty vztyčený palec levé ruky.

Závěr

Přeji všem hodně zajímavých námětů (nápadů) na výrobu jednoduchých pomůcek a radost z objevování (potvrzování) fyzikálních zákonitostí.

Literatura

[1] http://www.glass-sphere.com/eshop/fluoreskujici-sklo-uranove-sklo.html
[2] http://www.vernier.cz/produkty/podrobne-informace/kod/vpl/
[3] http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/16-11-Hubenak.html
[4] http://youtu.be/94jzHnZcwMI
[5] https://www.conatex.cz/catalog/fyzika/mechanika/statika_sily_dynamika/product-vrhaci_padaci_zarizeni/sku-1042281#.Vd9dDLQVh2E
[6] Video: http://youtu.be/iN7cNSumcso

Pokusy přes hranici

VĚRA PEJČOCHOVÁ
ZŠ Brno, Novolíšeňská, ČR

KRYSTYNA RACZKOWSKA-TOMCZAK
Zespół Szkół Ogólnokształcących Nr I, Centrum Nauk Przyrodniczych w PG6, Opole, Polsko

ALEKSANDRA OPASKA
Zespół Szkół Ogólnokształcących Nr I, Centrum Nauk Przyrodniczych w PG6, Opole, Polsko

Veletrh nápadů učitelů fyziky přináší nápady a inspiraci, rozšiřuje znalosti a dobíjí „učitelské baterie“. Nám přineslo i pěkné přátelství. Známe se od roku 2000 a naše spolupráce se rozvíjí, zvláště v posledních 5 letech. Zaměřujeme se zejména na vědeckotechnické volnočasové aktivity dětí a mládeže. Před dvěma lety vznikl dokonce společný projekt Pokusy přes hranici (bez jakékoli vnější finanční podpory).

Naši spolupráci můžeme rozdělit do **následujících oblastí:**

a) **účast na akcích pro děti v partnerské organizaci**
b) **doplňování knihovničky a sbírky vědeckých hraček a pomůcek**
c) **výměna nápadů a práce na společných problémech**
d) **realizace těchto námětů s dětmi**

Účast na akcích partnerské organizace

Tvořivá dílna „Papírová fyzika“ v Opole

„Noc fyziky s fyzikálními hračkami“ v Opole

„Věda pro třicítku“ v Brně (netradiční oslava 30. výročí vzniku ZŠ)

Akce ukázaly, že při tvořivých dílnách nebo prezentacích na stáncích není potřeba tlumočení. Pouze při tematických prezentacích se tlumočení osvědčilo.

Doplňování vědecké herny

Hračky používáme jako problémo-

vé úlohy při prezentacích na vědecko-populárních akcích i při výuce (motivace, výklad, procvičování i prověřování znalostí). Následující ukázky byly doplněny do sbírek hraček v posledních dvou letech.

Držák na kabelku (mechanika, těžiště)

Držák na kabelku používáme v kavárně nebo restauraci, abychom ji měli stále pod kontrolou. Rozkládá se na kruh nebo jiný geometrický útvar a háček. Kruh dáme na desku stolku a na háček zavěsíme kabelku, která je těžší než kruh. Těžiště celé soustavy háček + kabelka se posune dolů pod desku stolu a celá soustava je ve stabilní poloze.

Dvoustěnná sklenice (termika, tepelný izolant)

Dvoustěnné sklenice jsou ručně foukané z borosilikátového (varného) skla. Sklenice uchovávají teplé i studené nápoje. Mezi stěnami je vakuum. Nápoj zůstává dlouho studený a sklenice se neorosí. V případě teplého nápoje se sklenice zahřeje, ale nepopálíme se.

Šidlák =šálivý džbánek (mechanika kapalin a plynů, proudění kapalin, atmosférický tlak)

Keramický džbánek na víno je ukázkou zajímavé lidové keramiky. Po jeho obvodu je spousta děr, takže se z něho nemůžeme normálním způsobem napít. Keramické kuličky s dírkou nám napoví, že budeme víno nasávat. Ale to se nám nepodaří. Ve spodní části ucha, kterým víno nasáváme, je totiž ještě jedna dírka. Atmosférický tlak tak působí na hladinu vína i na víno za dírkou. Stačí však dírku uzavřít prstem a víno dutým uchem proudí do našich úst.

Světlo na kolo (optika, setrvačnost oka)

Světlo na kolo se skládá z různobarevných LED diod. Jsou naprogramovány tak, že různě problikávají. Kolo se pohybuje rychle a my díky setrvačnosti oka vnímáme zajímavé barevné vzory.

Láhve vodky = válcové čočky (optika, lom světla)

V Polsku se dostanou koupit dvě zajímavé láhve vodky „Chopin“ a Pan Tadeusz“. Obrázky se pomocí naplněné láhve díky lomu světla dají zvětšovat. Láhev s vodkou je vlastně válcová čočka. Podle těchto vzorů si můžeme vyrobit dva druhy válcových čoček. Stačí použít skleničky od marmelád a oboustranný nalepovací barevný papír. Na fotografiích je vždy originální láhev vodky a zhotovená válcová vodní čočka.

Degustační sklenice
(akustika, zdroj zvuku)

Tyto zajímavé degustační sklenice vyrábí sklárna ve Vizovicích – http://www.glass-czech.cz – a liší se především tím, že mají uprostřed křišťálový trn. Tento trn podle vinařů zlepšuje degustační vlastnosti vína (chuť a barvu), ale je příčinou i toho, že se tyto sklenice stávají zajímavým zdrojem zvuku. Vydávají zvuk podobný různým zvonům.

Netradiční zdroje zvuku z orientu:

Žába:

Žába se skládá z dřevěné figurky žáby a paličky. Paličkou třeme pravidelně po „zubech“ na hřbetu žáby. Dřevěná žába vydává zvuk jako skutečná žába. Zuby brzdí pohyb paličky a žába se rozkmitá. Na charakter zvuku mají vliv i různě vyříznuté otvory v těle žáby. Můžeme si to vyzkoušet tak, že si zhotovíme jen tyčku se zářezy, třeme ji paličkou a sledujeme rozdíl vydávaného zvuku.

Soví píšťalka:

Soví píšťalka je také vyrobena ze dřeva. Foukáme-li do ní, rozkmitá se uvnitř vzduch, a pak i celá sova jako rezonanční skříňka. Uslyšíme zvuk připomínající soví houkání.

Keramický váleček z Thajska

Keramický váleček je připevněn režnou nití k tyčce. V místě připevnění je tyčka natřena kalafunou. Pomocí tyčky váleček roztočíme. Niť zadrhává na kalafuně. Tyčka se rozkmitá. Kmity se šíří do válečku. Uslyšíme zajímavý zvuk.

Káča z bambusu

Káču roztočíme pomocí šňůrky a tyče s dírkou. Při namotávání šňůrky na tyčku káči musíme dodržet naznačený směr šipkou, protože otvor do těla káči (válce) je skosený. Káča se točí velmi rychle a přitom se vydává charakteristický zvuk. Vzduch při otáčení káči vniká dovnitř válce a prudce se rozkmitá. Tělo káči je rezonanční krabice.

Magnetické přesýpací hodiny

V těchto hodinách po dobu 60 sekund padají místo písku feromagnetické částice.

Ve spolupráci s neodymovým magnetem v podstavci předvádějí jedinečnou show pokaždé, když je otočíte.

Na vlastní oči vidíte prostorový model magnetického pole zobrazený pomocí řetězců pilin.

Leonardův mechanický pták

Tato hračka je inspirována ornitoptérou Leonarda Da Vinciho, která má létat jako pták – máváním křídly. Celá mechanika pohybu křídel je ukryta v těle ptáka a je poháněna kvalitní trvanlivou gumou.

A jak to funguje? Natočíme gumu pomocí kličky pod ocasem ptáka (asi 50×). Nastavíme ocasní část pro správný směr letu. Zmáčkneme páčku pod křídlem a hodíme.

Změnou nastavení ocasní části můžeme měnit směr letu i prudkost stoupání.

Dráty s tvarovou pamětí (memory wire)

Jsou to dráty s pamětí, které mají určitou mechanickou schopnost zapamatovat si svůj tvar. Jsou vyrobeny ze slitiny niklu s titanem – nitinol.

Z fyziky víme, že kovové předměty se roztahují. Paměťové dráty provádějí opak, teplem u nich dochází ke zkrácení délky

Jejich vlastnost zapamatovat si tvar vyzkoušíme tak, že z nich vytvarujeme nějaký tvar třeba spirálu, a pak je dáme do vody o určité teplotě:

Tenký drát	45°C
Silnější drát	75°C

1. sklenice: 45 °C
2. sklenice: 75 °C

Dráty s tvarovou pamětí se používají hlavně v medicíně (např. rovnátka), robotice, v leteckém průmyslu a v modelářství.

Dráty s tvarovou pamětí lze zakoupit – http://smartwires.eu/

Netradiční tepelný stroj

Tento motor je praktickou ukázkou užití drátu s pamětí, který je stočen do spirály. Do červené nádoby dáme horkou vodu, do modré dáme studenou vodu, případně přidáme led. V jedné nádobce spirálu zahříváme, ve druhé ochlazujeme. Tím se její délka na jednom konci střídavě zvětšuje, na druhém zmenšuje.

Výměna nápadů a práce na společných námětech – Projekt Pokusy přes hranici

Projekt Pokusy přes hranici vznikl na semináři ve Vlachovicích při předávání dárku – hračky mechanické chobotnice.

Proto se maskotem projektu se stala chobotnice. Děti vymýšlely další chobotnice fungující na různých fyzikálních principech.

Uvádíme 2 ukázky:

Chobotnice na reaktivní pohon

Potřeby:

- *vysoký skleněný válec*
- *gumová barevná rukavice*
- *plastová krabička od šumivých tablet s víčkem*
- *šumivé tablety*
- *zátěž (matička, kaménky)*
- *nůžky*
- *vrtačka*
- *sklenice od kompotu*
- *2 nalepovací očka*

Provedení:

Do víčka tuby uděláme malými nůžkami nebo vrtačkou 3 otvory. Do tuby dáme vodu a zátěž, a pak ji uzavřeme. Celá tuba musí klesnout ke dnu. Toto vyzkoušíme ve sklenici od kompotu. Pak z tuby vyrobíme chobotnici. Ustřihneme jeden prst z rukavice, dole nastřiháme jako chapadla a prst natáhneme na tubu. Můžeme nalepit očka. Pak přidáme šumivou tabletu, tubu rychle uzavřeme víčkem a dáme ji do vysokého skleněného válce s vodou. Chobotnice se za chvíli začne vynořovat.

Vysvětlení:

Šumivá tableta reaguje s vodou. Vzniká oxid uhličitý, který vytlačí vodu. Protože je hustota oxidu menší než voda, zmenší se tíhová síla. Vztlaková síla je stejná. Výslednice těchto dvou sil pak směřuje nahoru, a proto se chobotnice vynořuje.

Chobotnice potápěč

Potřeby:

- *PET láhev 1,5–2 l*
- *chirurgická rukavice*
- *plastové víčko (např. od rtěnky)*
- *zátěž (plastelína, matička)*
- *2 nalepovací očka*
- *provázek*
- *sklenice od kompotu*

Provedení:

Do okraje víčka vyvrtáme naproti sobě 2 otvory. Do nich dáme provázek, na který zavěsíme zátěž – matičku. Hmotnost zátěže můžeme zvětšovat kouskem plastelíny. Pak ustřihneme prst z rukavice, spodní konec nastříháme jako chapadla a natáhneme na tubu. Můžeme nalepit oči.

Pak chobotnici vyzkoušíme ve sklenici od kompotu s vodou. Chobotnice musí plavat těsně pod hladinou.

Pokud chobotnice splňuje tuto podmínku, dáme ji do PET láhve s vodou a uzavřeme víčko. PET láhev vezmeme do obou rukou a zmáčkneme, chobotnice klesá ke dnu. Povolíme-li stisk, chobotnice stoupá nahoru.

Vysvětlení:

Příčina pohybu chobotnice spočívá ve stlačitelnosti vzduchu a nestlačitelnosti vody. Zmáčknutím na bok sklenice zvětšujeme tlak, který se přenáší kapalinou. Voda vniká do těla chobotnice. Tím se zvětšuje tíhová síla a výslednice tíhové a vztlakové síly směřuje dolů. Povolíme-li, voda vytéká z těla chobotnice, tíhová síla se zmenšuje a výslednice tíhové a vztlakové síly směřuje nahoru.

O realizaci projektu se můžete více dozvědět na webových stránkách:

http://www.zsnovolisenska.cz/projekty/pokusy-pres-hranici/realizace-projektu

http://cnp.opole.pl/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=33&Itemid=42

V rámci projektu jsme dělali zajímavé pokusy i s káčou vyrobenou z CD a skleněné kuličky. Zkoumali jsme ji nejen jako setrvačník, ale používali jsme ji i pro pokusy z optiky – „co se stane, budeme–li dávat na otáčející se káču různé kruhy, barevné i černobílé“. Zde uvádíme jeden jiný zajímavý pokus:

Káča z CD – verze s tajnou zprávou

Potřeby:

- *1 průhledné CD*
- *1 CD*
- *skleněná kulička*
- *tavná pistole*
- *černý permanentní fix*

Provedení:

Na jedno CD napíšeme tajnou zprávu. Na druhé transparentní CD napíšeme různá písmena. Dovnitř tohoto CD vlepíme pomocí tavné pistole skleněnou kuličku. Toto druhé CD položíme na první CD. Tajnou zprávu nevidíme. Horní CD roztočíme. Tajnou zprávu si můžeme přečíst.

Příčinou tohoto zajímavého optického jevu je setrvačnost oka.

Společná tvořivá dílna

Rotující kolečko

Potřeby:

- *papírová šablona*
- *nůžky*
- *řezák*
- *velký napínáček*

Provedení:

Kruhovou šablonu vystřihneme a prořízneme rovnoběžníková křidélka vyznačená plnou čarou. Křidélka ohneme nahoru. Zespodu do středu kruhové šablony zapíchneme velký napínáček.

Kolečko položíme na desku stolu a foukáme do jeho středu. Kolečko se točí.

Vysvětlení:

Kolečko roztáčí tlaková síla proudu vzduchu, který působí na ohnutá křidélka. Kolečko se točí rychle, protože je pod ním tenká vrstva vzduchu (květ leží na hlavičce napínáčku). Na dobu točení má vliv nejen způsob roztočení, ale i velikost napínáčku.

Použijeme-li velký napínáček, točí se déle (setrvačník).

Vírníček z obdélníku

Potřeby:

- *obdélníková šablona (obdélník 12,5 cm×3 cm)*
- *1 kancelářská sponka*
- *nůžky*

Provedení:

Obdélník vystřihneme a podle plných čar rozstřihneme. Pak obdélník vezmeme za pravý a levý roh, dáme je k sobě a spojíme je kancelářskou sponkou. Vznikne vírníček (kancelářská sponka je dole), který pustíme z větší výšky. Bude padat dolů a přitom se bude rychle otáčet.

Vysvětlení:

Vírníček padá k Zemi, protože na něj působí tíhová síla. Proti tomuto pohybu působí odpor vzduchu. Tato odporová síla tlačí na šikmé části vírníčku (jakési vrtule) a vírníček roztáčí

Sloní mechanika (zákon akce a reakce jednoduše)

Potřeby: *2 brčka, korálek, gumička, nůžky*

Provedení:

Konec jednoho brčka několikrát nastřihneme. Tento konec zmačkneme a zasuneme ho do rovného konce druhého brčka.

Konce s ohyby ohneme. Jeden konec zastrčíme do korálku s takovým otvorem, aby se brčko v něm otáčelo. Nad korálek navineme gumičku, aby korálek nevypadával.

Pak tento konec dáme do úst a foukáme…

Větrný míč

Potřeby:
karton do kopírky 160 g na šablony, nůžky, řezák

Hlavolam: Spoj daná 3 kolečka tak, aby vznikl kulovitý míč

Řešení:

Větrný míč může být jednobarevný. Pro lepší pochopení vysvětlení postupu skládání hlavolamu byly zvoleny 3 barvy. Vystřihneme kruhové šablony a prostřihneme nebo nařízneme naznačené čáry. Půlku kolečka 2 (žluté) ohneme a zasuneme do otvoru kolečka 1 (modré). Pak kolečko 2 (žluté) rozložíme a pomocí zářezů spojíme s kolečkem 1 (modrým). U kolečka 3 (zelené) ohneme růžky, které vznikly rozstřižením do kříže. Vytvoří se čtvercový otvor. Do něho zasuneme spojená kolečka 1 a 2 (modré a žluté) v polovině, a pak je opatrně rozložíme a pomocí zářezů spojíme s kolečkem 3 (zeleným).

Vznikne papírový míček, který se velmi dobře pohybuje v jakémkoli proudu vzduchu. Pohyb větrného míče ovlivňují různě skloněné papírové plošky propojených koleček.

Na závěr: Nápoj BMW fyzikálně

Do vysoké sklenice nalijeme vychlazený tonic. Pak přes lžičku naléváme opatrně Fernet Stock. Fernet zůstane ve vrstvě nad tonikem, protože obsahuje ethanol, který je lehčí než tonic. (Ten navíc obsahuje cukr). Okraj sklenice můžeme ozdobit plátkem citronu.

Literatura

[1] Výstřižky ze starých časopisů ABC
[2] http://www.arvindguptatoys.com.

Z Fyzikálního šuplíku 005

VÁCLAV PISKAČ
Gymnázium tř. Kpt. Jaroše, Brno

Abstrakt

Příspěvek je zaměřen na dva nové soubory demonstračních pomůcek - pomalé elektrické vozíky pro výuku kinematiky a zdroje pro demonstraci usměrnění střídavého napětí.

1. Pomalé vozíky

Pro demonstraci rovnoměrného pohybu a zavedení pojmu rychlost jsem vyrobil dva „pomalé vozíky“. Podrobný popis viz [1]. S těmito vozíky lze snadno demonstrovat skládání pohybů, vzájemné pohyby dvou těles, s použitím sonaru vykreslovat grafy pohybů, vytvářet početní úlohy. Podrobněji viz [2].

2. Usměrněné zdroje

Při probírání usměrnění střídavého proudu jsem zjistil, že by se mi hodil zdroj, u kterého by bylo možno přepínat mezi střídavým, jednocestně usměrněným, dvoucestně usměrněným a vyhlazeným výstupem. Podrobnosti viz [3].

První zdroj má střídavý výstup 9 V efektivního napětí. Mezi typy napětí se přepíná přepojováním konektoru.

Na tomto zdroji lze názorně demonstrovat vliv usměrnění na svit žárovky, na otáčky komutátorového elektromotorku, případně demonstrovat průběhy napětí pomocí PC měřícího systému nebo osciloskopu.

Druhý zdroj usměrňuje přímo napětí ze zásuvky. Vynechal jsem vyhlazené napětí, protože by dosahovalo hodnoty kolem 320 V. Pomocí tohoto zdroje lze demonstrovat vliv usměrnění na svit žárovky, zářivky a LED svítilny, případně na chování elektromotorů.

Literatura

[1] Piskač V.: *Pomalé vozíky*, dostupné online
http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/mechanika/pomale_voziky.pdf
[2] Piskač V.: *Pokusy s pomalými vozíky*, dostupné online
http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/mechanika/pokusy_s_pomalymi_voziky.pdf
[3] Piskač V.: *Volitelný zdroj*, dostupné online
http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/elektro/volitelny_zdroj.pdf

Peer Instruction na gymnáziu

JITKA PISKAČOVÁ
Biskupské gymnázium Brno a mateřská škola

JANA ŠESTÁKOVÁ
Katedra didaktiky fyziky, MFF UK, Praha

Abstrakt

Článek je sepsán ve formě rozhovoru mezi propagátorkou metody (Jana Šestáková) a vyučující fyziky na gymnáziu (Jitka Piskačová), která začíná používat ve své výuce metodu Peer Instruction. Z rozhovoru se dozvíte například o prvních zkušenostech a názorech vyučující i studentů, nebo o doporučeních, jak metodu používat ve výuce. Podrobné informace o metodě Peer Instruction naleznete například na internetových stránkách [1].

Rozhovor

Jak a kde jste se o metodě Peer Instruction dozvěděla?

Poprvé jsem o metodě hlasování v rámci různých způsobů skupinové práce slyšela v roce 2009 na semináři JČMF „Jak učím fyziku?“ ve Vlachovicích od paní učitelky Ivany Hotové. Vyrobila jsem si tedy hlasovací karty a jednou jsem je zkusila použít při probírání termiky.

Podruhé se ke mně metoda hlasování dostala o 2 roky později na Veletrhu nápadů učitelů fyziky 16 v Olomouci, kdy o ní a o metodě Peer Instruction referovala Jana Končelová, dnes Šestáková.

Poté jsem v letech 2012 a 2014 absolvovala na konferencích Heuréky v Náchodě dílny na téma Peer Instruction.

Co Vás vedlo k rozhodnutí zkusit metodu použít ve své výuce?

V Náchodě v říjnu 2012 jsem si metodu Peer Instruction vyzkoušela z pozice žáka, a protože jsem hledala způsoby, jak zaktivizovat studenty, rozhodla jsem se ji zařadit do své výuky. Domluvila jsem si zapůjčení hlasovacích zařízení, abych vyzkoušela, jaká je výhoda elektronických hlasovacích zařízení oproti papírovým kartám. Trochu mne zdržela technická stránka věci, jako instalace potřebného softwaru, seznámení se s prostředím, ve kterém se tvoří otázky a s ovládáním hlasovadel. Hlasovadla jsem vyzkoušela v terciích při probírání termiky, použila jsem dvě otázky ze zveřejněného testování PISA jako opakování před písemkou. Protože žáci s hlasovacími zařízeními ještě nikdy nepracovali, celou hodinu nám zabralo seznámení a nacvičení práce na dvou příkladech. Časová náročnost a moje nejistota při vedení diskuze mě odrazovala, ale aktivita studentů i jejich argumentace a zapojení v hodině mne nadchla.

Až při dílně v Náchodě v roce 2014, kdy jsem si metodu vyzkoušela znovu, už s jistými zkušenostmi, jsem si více všímala, jak má vypadat metodika práce, aby byla efektivní. Konečně jsem snad pochopila pravidla vedení hodiny při metodě Peer Instruction.

V jakých ročnících a kolikrát jste metodu použila?

Metodu Peer Instruction jsem použila bez elektronických hlasovacích zařízení, pouze s kartami, v průběhu loňského školního roku ve 3. ročníku čtyřletého gymnázia (v celé třídě) a v 7. ročníku osmiletého gymnázia (v půlených hodinách) během probírání učiva elektrický proud v látkách. V minulém školním roce jsem tuto metodu zařadila celkem do 6 vyučovacích hodin v tématech elektrický proud v kovech, sériové a paralelní zapojení vodičů, elektrický proud v nekovech.

Co pro Vás bylo obtížné a co jednoduché?

Docela snadné bylo vybrat otázky, které jsou k dispozici na www.PeerInstruction.cz [1], hledala jsem i ve sbírkách příkladů [2], [3]. Dělalo mi problémy hlídat se, abych studentům nenapovídala, abych jim dala prostor pro vlastní hledání odpovědí. Zpočátku nebylo úplně jednoduché reagovat na názory, které byly zcela neočekávané. Myslím, že jsem docela zvládala vytvářet skupinky pro diskuzi.

Jak jste se z použití metody poučila? Co byste příště udělala jinak?

Při prvním použití jsem si připravila asi 6 otázek jako opakování po probrání látky. Předpokládala jsem, že studenti nebudou mít s odpovídáním problém, že všech 6 otázek projedeme během čtvrthodinky. Opak byl pravdou. Hodně mě překvapilo, že studenti tápou, zjistila jsem, že paralelní zapojení spotřebičů nepochopili. Příště tedy budu zařazovat otázky už při výkladu. Podle mého názoru stačí jedna otázka v hodině.

Jak na tuto práci reagovali studenti?

Studenti byli překvapivě mnohem aktivnější než v běžných hodinách. Pro získání zpětné vazby jsem studenty požádala o odpovědi na následující otázky:

Při práci „s kartičkami“ (odpovím sám, diskutuji řešení se spolužáky, znovu odpovím)

látce rozumím

a) více než jindy

b) méně než jindy

c) stejně jako jindy

a hodina mě baví

a) více než jindy

b) méně než jindy

c) stejně jako jindy.

Od respondentů jsem získala následující odpovědi:

Dále měli studenti možnost připojit k odpovědím libovolné komentáře týkající se vyučovacích hodin s metodou Peer Instruction.

Komentáře studentů:

- Víc rozumím látce, líbí se mi, že poznám, jak přemýšlí spolužáci.
- Látka se mi dostane víc pod kůži tím, že problém neřeší jen učitel u tabule.
- Míň rozumím látce, jsem spíš zmatená z názorů ostatních spolužáků, ale je to zábava.
- Málo se toho stihne.
- Je fajn, že na konkrétní dotazy dáváme konkrétní odpovědi, oproti běžným hodinám, kdy je to teorie, kterou si moc neumím představit.
- Já látce obecně moc nerozumím, ale líbí se mi, když ostatní v těch věcech vidí

nějaký smysl a pak mám pocit, že bych tomu možná mohla rozumět.
- Musí přijít ještě pořádné vysvětlení, ne jenom diskuze.
- Je to dobrá metoda na ověření, kdo to chápe, ale neměly by se tím dle mého názoru testovat znalosti.

Co metoda může studentům přinášet?

Metoda Peer Instruction zvyšuje zapojení studentů do hodiny. Studenti si díky metodě uvědomí, co o látce ví, a bez stresu z hodnocení si ověří, jestli látce rozumí. Přímo v hodině studenti dostanou příležitost promluvit si o látce se spolužáky, a pokud se ke správné odpovědi nedoberou ve skupině, mohou se zeptat učitele. Studenti mají prostor o látce přemýšlet.

Je podle Vás vhodné metodu používat? Jak často? Pro jak staré studenty?

Myslím, že metodu Peer Instruction je možné začít používat už na druhém stupni ZŠ, starší studenti pak mají menší problém s vyjadřováním argumentů. Nejlépe je metodu používat při probírání nového učiva nebo v rámci opakování. Podle mého názoru stačí použít metodu jednou až dvakrát během tematického celku.

Literatura

[1] PeerInstruction.cz [online]. Dostupné z: <http://www.PeerInstruction.cz>
[2] *500 testových úloh z fyziky: pro studenty středních škol*. 2. vyd. Praha: Prometheus, 2003, 102 s. ISBN 80-7196-248-1.
[3] LEPIL, Oldřich a Miroslava ŠIROKÁ. *Sbírka testových úloh k maturitě z fyziky*. 1. vyd. Praha: Prometheus, 2001, 128 s. ISBN 80-7196-222-8.

Několik postřehů ze SonS festivalu 2015 v Londýně

ZDENĚK POLÁK
Jiráskovo gymnázium v Náchodě

Abstrakt

Konference SonS přinášejí stále mnoho zajímavého. Příspěvek obsahuje pozvání k účasti na příštím ročníku Science on Stage a tři nápady od tří různých delegací SonS v Londýně 2015: skládací modely těles z brček a vlasce, kroužek rotující nad magnetem a malý generátor vysokého napětí z pěti součástek.

Úvod

Science on Stage je mezinárodní projekt zaměřený především na učitele přírodních věd a matematiky a jehož hlavním cílem je navazování kontaktů mezi učiteli z různých evropských zemí a sdílení zkušeností. Vyvrcholením každého cyklu Science on Stage je mezinárodní festival, na kterém se setkávají vybraní reprezentanti ze všech zúčastněných zemí. Festival je vlastně několikadenní obrovský mezinárodní „veletrh nápadů“ doplněný dílnami, přednáškami, pódiovými vystoupeními i kulturním a společenským programem. Česká republika měla své zástupce na všech festivalech, které se dosud konaly.

Přihlašte se na Science on Stage 2017

V současné době začíná další cyklus Science on Stage. Učitelé přírodovědných předmětů a matematiky ze všech typů škol a lektoři přírodovědně zaměřených kroužků se mohou hlásit do národního kola. Finále národního kola se uskuteční na podzim 2016 a jeho vítězové pojedou reprezentovat Českou republiku na mezinárodní festival, který se uskuteční 29. 6. – 2. 7. 2017 v Debrecínu v Maďarsku. Informace naleznete na webových stránkách [1].

Tři pokusy ze SonS 2015 v Londýně

Co bylo letos na SonS zajímavé? Bylo toho opravdu hodně. Zmíním tři pokusy, které jsou jednoduché, užitečné a hlavně splňují předpoklady stabilního pokusu. Stabilní pokus to je takový soubor pomůcek, který je stále připravený kdykoliv k použití, tedy stálý z hlediska trvání. Je také spolehlivý, málo citlivý na podmínky, za kterých probíhá. Stálý z hlediska výsledného efektu. Takový, který nezklame a nemusí se dlouho připravovat.

Kroužek nad i pod magnetem

První experiment pochází z dílny Davida Keenehana z irské delegace. Jde o jeden z experimentů se základním zaměřením na rotaci tělesa. Ve vysoké průhledné válcové krabici od tenisových míčků je na dně silný neodymový válcový magnet. Ve svislé orientaci pólů, tak že osa magnetu je shodná s osou průhledného obalu. Dno krabice je vypouklé vzhůru. Zespoda tři železné podložky o průměru asi 15 mm, které magnet silně přitahuje a sám tak drží na dně. Lze použít i české korunové mince. U hořejšího okraje krabice jsou protilehle přes průměr dva otvory, do kterých je těsně vetknuta dřevěná tyčka (týble) o průměru 10 mm a délce asi 13 cm. Tyčkou lze ztuha otáčet. Na ni je navinuta nit o délce větší, než je hloubka krabice. Na volném konci nitě je uvázán železný kroužek o průměru 25 mm. Lze použít kroužek na klíče. Otáčením tyčky přibližujeme a vzdalujeme kroužek od magnetu. Při přiblížení k magnetu se kroužek roztočí na jednu stranu a při oddálení na opačnou. Příčinou je zkroucení vláken při vytváření provázku – nitě. Známe jev, když na konec volně visící nitě zavěsíme závaží, a to se nám roztočí. Vzdalováním a přibližováním kroužku od magnetu se mění přitažlivá síla a tím i napětí nitě. Nit se při rostoucím napětí rozkrucuje a při klesajícím zpětně svinuje. Samozřejmě při roztočení kroužek překoná setrvačností rovnovážnou polohu a po rychlém posunu k magnetu vykonává kroužek tlumené torzní kmity s mnoha otáčkami. Stejně tak po oddálení. Tyto děje nejsou úplně vratné. Při opakovaném roztáčení a stáčení niti se posouvají vlákna, ze kterých je spředena vůči sobě a mění se velikost torzního momentu v závislosti na jejím zatížení. Obecně takto velikost torzního momentu vzniklého napětím nitě klesá. Tedy čerstvá nit se roztáčí „ochotněji“, než po mnohonásobném zopakování popsaného děje. Krabici můžeme obrátit dnem vzhůru a provést pokus i v jiné poloze. Viz obr. 1.

Mně se na daném experimentu líbí jeho vrstevnatost. V první řadě je to hezký stabilní pokus na skládání sil. Můžeme hovořit o síle napínající nit v různých polohách naklonění (převrácení krabice). Případně zda a jak se mění váha krabice při různých polohách kroužku. Proč se magnet drží mincí a proč se neposouvá při naklánění krabice. Pak se můžeme ptát, proč a jak se mění perioda kmitů kroužku na niti, jestliže jej považujeme za kyvadlo v silovém poli. No a nakonec proč se roztáčí při změně vzdálenosti od magnetu. Další informace najde zájemce na konferenčním posteru, viz [2].

Obr. 1. Železný kroužek pod magnetem. Otáčením dřevěné tyčky mění kroužek vzdálenost od magnetu.

Modely mřížek z brček

Všichni známe drátové modely těles a krystalických mřížek. János Marki-Zay z Maďarska vytváří velmi důmyslné modely z papíru, teleskopických trubiček a plastových brček. Základní vlastností jeho modelů je možnost jejich přeskládání z prostorového do téměř rovinného. Viz obr. 2 a 3. U papírových modelů lépe, u trubičkových se již výrazně uplatní vlastní rozměr průměru trubiček. Na konstrukci modelů se naše plastová brčka na pití moc nehodí. Mají velký průměr a jsou měkká. Je třeba nalézt jiný zdroj pevných tuhých trubiček s malým průměrem např. v modelářských prodejnách. Já použil hygienické vatové tyčinky s ustříhanými konci (nepoužité uchošťourky) a plastové trubičky k výrobě olověných krmítek pro rybáře. Ke spojování trubiček posloužil silný rybářský vlasec. Připravíme si vlasec o délce větší, než je dvojnásobek součtu délek všech hran konstrukce. Najdeme si (nejkratší) uzavřenou dráhu a uvážeme vlasec v uzavřené smyčce. Pak jen vlasec protahujeme a mírně dotahujeme v rozích. Aby konstrukce v rozích držela co nejlépe, každou trubičkou prochází vlasec právě dvakrát. Už provlékání vlasce trubičkami je hezkou úlohou z teorie grafů. Lze dokázat, že při tomto způsobu provlékání vždy existuje

aspoň jedna uzavřená cesta, kdy skončíme tam, kde jsme začali a v celé konstrukci bude vlastně na vlasci jen jeden uzel. Více námětů viz [3].

Obr. 2. Trubičkové modely krychlí

Obr. 3. Trubičkové modely krychlí, větší krychle složená

Generátor vysokého napětí do dlaně

Portugalci Luís Carreiró a José Rodrigues ve svém projektu „Fyzika komunikací“ měli mnoho zajímavých udělátek pro demonstraci fyzikálních jevů spojených s přenosem signálů. Každá věc byla na samostatném prkénku s obrázkem osobnosti s jevem nejvíce spojené. Kromě dalších zajímavých věcí předváděli malý vysokofrekvenční generátor vysokého napětí. Viz obr 5.

Obr. 4

Jde asi o nejjednodušší myslitelné zapojení. Schéma je na obr. 4. Konstrukci svede i člověk, který nemá s elektronickými obvody žádné velké zkušenosti. Studenti na Soustředění mladých matematiků a fyziků jich sestavili několik. Při provozu se tranzistor poměrně dost zahřívá. Je lepší umístit ho na chladič, případně nahradit výkonnějším typem např. BD135 nebo podobným. Dále proti originálu je dobré mezi bázi a emitor tranzistoru zařadit zelenou LED diodu. Pomocí tohoto generátoru lze rozsvítit doutnavky a zářivky. Viz obr. 6. Generátor pracuje i s baterií 4,5 V, ale úměrně tomu generuje nižší napětí. Při provozu není radno dotýkat se živých částí, aby nedošlo k popálení vysokofrekvenčním proudem. Konstrukce je velmi zajímavá a vděčná. Více v [4] a [5].

Obr. 5. Originál generátoru předváděného na SonS portugalskou delegací

Obr. 6. Česká varianta v činnosti

Poznámka

Obecné informace o SonS do tohoto článku doplnila *Jitka Houfková z KDF MFF UK*, která ráda odpoví i dotazy týkající se účasti na příštím ročníku SonS.

Literatura

[1] http://science-on-stage.cz/
[2] http://www.scienceonstage.org.uk/exhibition2015/Poster%20pdfs/157206.pdf
[3] http://www.scienceonstage.org.uk/exhibition2015/Poster%20pdfs/157206.pdf
[4] http://www.scienceonstage.org.uk/exhibition2015/Poster%20pdfs/157251.pdf
[5] https://www.youtube.com/watch?v=tNxFDgxV_jo

NOVEC 1230

JAROSLAV REICHL
Střední průmyslová škola sdělovací techniky Panská 3, Praha 1

V rámci hodin fyziky by se měli žáci seznamovat i s novými technologiemi a materiály, které v současné době řada firem nabízí k praktickému využití, a s jejich vlastnostmi. Mezi tyto novinky patří i hasicí kapalina NOVEC 1230 vyvinutá k hašení požárů elektronických přístrojů. V příspěvku budou popsány základní vlastnosti této kapaliny a několik experimentů, kterými lze demonstrovat její vybrané vlastnosti.

NOVEC 1230

NOVEC 1230 (chemicky označován jako fluoroketon) je požární hasivo nové generace, které je inertní, netoxické a ekologické. Vzhledem k tomu, že se jedná o nevodivou kapalinu, je toto hasivo určené pro hašení elektrotechnických zařízení. Jeho velká těkavost ho předurčuje také k hašení hořícího papíru (zejména cenných listin, historických knih, …). Tato kapalina je na první pohled velmi podobná vodě, což může způsobit snadnou záměnu a nechtěné požití hasiva. Tělo dokáže tuto kapalinu vyloučit, ale dotyčnému by bylo značně nevolno. Druhé nebezpečí, které souvisí se vzhledem paliva, se týká fyzikálních experimentů – na níže popsané experimenty je nutno použít skutečně NOVEC 1230, nikoliv vodu!

Základní vlastnosti tohoto hasiva na základě [3] jsou tyto:

chemický vzorec: $CF_3CF_2C(O)CF(CF_3)_2$;

relativní molární hmotnost: 316;

teplota varu (za normálního tlaku): 49,2 °C;

teplota tuhnutí (za normálního tlaku): -108,0 °C;

elektrická pevnost v kapalném stavu: 17,5 $kV \cdot mm^{-1}$;

elektrická pevnost v plynném stavu: 7,5 $kV \cdot mm^{-1}$;

hustota kapaliny (při teplotě 20 °C): 1600 $kg \cdot m^{-3}$;

měrná tepelná kapacita v kapalném stavu: 1103 $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$;

měrná tepelná kapacita v plynném stavu: 891 $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$;

měrné skupenské teplo vypařování: 88100 $J \cdot kg^{-1}$.

Hasivo NOVEC 1230 je na rozdíl od některých jiných běžně používaných hasiv ekologickým výrobkem a to ze tří důvodů: nepoškozuje ozonovou díru, nepřispívá ke globálnímu oteplování a v zemské atmosféře se rozkládá do pěti dnů. Za běžných podmínek se vyskytuje v kapalném stavu. Při hašení požárů je tato kapalina rozstřikována speciální tryskou (pod tlakem 2,5 MPa až 5 MPa), což způsobuje rozptyl paliva v podobě drobných kapiček. Takto vzniklá „mlha“ se během několika minut rozptýlí. Při hašení se přitom používá koncentrace od 4 % do 10 % objemu kapaliny

NOVEC 1230 v hasicím prostoru; oheň přitom spolehlivě zhasne. Princip hašení tímto hasivem vychází z hodnoty jeho měrného skupenského tepla vypařování. Tato hodnota je relativně malá, proto hasivo velmi účinně odebírá teplo hořícímu předmětu, a tím ho ochlazuje pod zápalnou teplotu.

Pouze při silném ohni by mohla kapalina NOVEC 1230 projít tzv. termální dekompozicí, během které by se rozložila na jednotlivé složky. A jednou z nich je i kyselina fluorovodíková, která má leptavé účinky. Při běžném použití, které je popsáno v článku dále, tento jev ale nastat nemůže.

Všechny výše uvedené vlastnosti hasiva NOVEC 1230 jej předurčují i pro řadu fyzikálních experimentů, resp. řadu z výše uvedených vlastností lze demonstrovat vhodným fyzikálním experimentem. Při experimentování je nutné dodržet základní pravidla bezpečnosti, kapalina sama ani její výpary nejsou toxické. Kapalina je ale velmi těkavá, proto je nutné jí skladovat v uzavřených nádobách.

POZOR PŘI EXPERIMENTOVÁNÍ S ELEKTRICKÝMI SPOTŘEBIČI!!! Je nutné žáky důrazně upozornit na to, že používáte speciální kapalinu, která POUZE VYPADÁ jako voda, ale voda to není!

Experimenty s kapalinou NOVEC 1230

V této části příspěvku je popsáno několik jednoduchých experimentů s hasicí kapalinou NOVEC 1230. Výběr experimentů není vyčerpávající, jedná se pouze o několik typických ukázek.

Noviny ve vodě a v NOVEC 1230

K prvnímu experimentu budeme potřebovat dva listy novin a nádobu na vodu resp. na hasivo NOVEC 1230. Experiment provedeme ve třech krocích.

V prvním kroku ukážeme, jaký zvuk vydávají suché noviny, když se trhají.

Ve druhém kroku experimentu noviny ponoříme do nádoby s vodou, vyndáme je zpět nad nádobu a pokusíme se je trhat. Upozorníme na to, že žádný zvuk neslyšíme.

Ve třetím kroku experimentu do nádoby místo vody nalijeme trochu hasiva NOVEC 1230, do kterého noviny také ponoříme. Pak vyndáme noviny ven a během několika sekund nejenže budou opět suché, ale při trhání budou vydávat i stejný zvuk, jako vydávaly noviny v prvním kroku experimentu.

Závěr experimentu vyplývá z faktu, že se kapalina NOVEC 1230 velmi rychle a snadno vypařuje.

Ochlazování ruky

Důkaz o relativně malé měrné tepelné kapacitě a měrném skupenském teple získáme jednoduchým experimentem. Na ruku si nalijeme trošku kapaliny NOVEC 1230. Kapalina se bude velmi rychle vypařovat (teplo dodané rukou tedy je dostatečné k vypařování dané kapaliny) a současně budeme vnímat pokles teploty ruky v místě pod vypařovanou kapalinou. Kapalina tedy ruce relativně rychle odebírá teplo a odpařuje

se. To je způsobeno tím, že kapalina má relativně malé měrné skupenské teplo vypařování.

Zhášení hořící zápalky (resp. hořící svíčky) v parách kapaliny

Tímto experimentem, provedeným ve dvou krocích, ukážeme, že hasivo NOVEC 1230 hasí hořící oheň svými parami. K experimentu budeme potřebovat zápalky a čajovou svíčku.

V prvním kroku experimentu vezmeme hořící zápalku a opatrně jí začneme přibližovat do nádoby, v níž je nalito hasivo. Jednoznačně zápalka zhasne už několik centimetrů nad hladinou hasiva v kapalném skupenství. Oheň zápalky byl tedy uhašen již v parách hasiva.

Ve druhém kroku experimentu zapálíme čajovou svíčku a vezmeme jí do ruky. Do druhé ruky vezmeme láhev s hasivem a budeme se snažit velmi opatrně lít hasivo na hořící svíčku. Svíčka zhasne zdánlivě sama, aniž by na ní dopadlo hasivo v kapalném skupenství (viz obr. 1). Opět tedy důkaz toho, že oheň byl uhašen parami hasiva.

Obr. 1. Hašení zapálené svíčky parami hasiva NOVEC 1230

Mobilní telefon v kapalině

Hasivo NOVEC 1230 je (kromě jiného) určeno i pro hašení požárů elektrotechnických zařízení. Na rozdíl od vody a dalších hasiv, kterými se běžně hasí, je NOVEC 1230 nevodivý, tj. jeho elektrická pevnost je relativně velká. Proto elektrotechnická zařízení v provozu, která jsou tímto hasivem polita, nejsou zničena zkratem součástek či tištěných spojů. Experimentální ověření vyžaduje pouze odvahu použít vlastní elektrotechnické zařízení. Nic jiného kromě vlastního mobilního telefonu nebude k experimentu potřeba. (Efektnějších experimentů lze dosáhnout při větším množství hasiva např. s fénem, notebookem a dalšími zařízeními.)

Zapnutý mobilní telefon vložíme do nádoby s kapalinou NOVEC 1230. Mobilní telefon je dále funkční, o čemž se lze přesvědčit tak, že si na něj necháme od spolupra-

covníka zavolat. Na displeji se objeví indikace příchozího hovoru, jako v běžném případě, kdy je mobilní telefon ve vzduchu (viz obr. 2). V některých případech může displej krátkodobě vykazovat mírně odlišné barvy nebo zkreslený zvuk oproti běžnému stavu. Jakmile hasivo vyschne, obnoví se původní barvy displeje a původní zvuk.

Obr. 2. Mobilní telefon v hasivu NOVEC 1230 v kapalném skupenství

Žárovka v kapalině

K dalšímu experimentu budeme potřebovat žárovku zašroubovanou v patici připojené ke zdroji elektrického proudu a nádobu, do které později k žárovce přilijeme hasivo. Pro větší efekt je vhodné použít žárovku se jmenovitým napětím 230 V. Při experimentu je důležité upozornit žáky, že se NEJEDNÁ O VODU, ale o speciální hasivo.

Žárovku v patici rozsvítíme a umístíme do prázdné nádoby. Potom začneme přilévat hasivo. Žárovka stále svítí, i když jsou již její kontakty ponořené v hasivu. Se žárovkou je možné potom manipulovat rukou (viz obr. 3), aniž by byl experimentátor zraněn elektrickým proudem.

Obr. 3. Žárovka v hasivu NOVEC 1230 v kapalném skupenství

Vysvětlení experimentu vyplývá z velké elektrické pevnosti hasiva NOVEC 1230. Jinými slovy: použité hasivo je pro elektrický proud nevodivé, a proto nemůže nastat zkrat při nalití hasiva na žárovku a nemůže být ani zraněn experimentátor při manipulaci se žárovkou ponořenou do hasiva.

V případě, že je k dispozici větší množství hasiva (a větší nádoba), lze podobné experimenty provádět s většími elektrospotřebiči (fén, notebook a další).

Poděkování

Tento příspěvek vznikl se souhlasem firmy 3M [1], která též poskytla vzorek hasiva NOVEC 1230. Firma 3M je ochotná poskytnout vzorek hasiva školám na vyžádání za sníženou cenu. Hasivo také distribuuje firma ESTO Cheb s. r. o. [2].

Literatura

[1] http://www.3m.com/
[2] http://www.esto.cz/
[3] informační materiály firmy 3M

Peltierův jev

MILOŠ ROTTER
Univerzita Karlova v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta

Abstrakt

Peltierovy články se staly běžně komerčně dostupnými. Lze je tradičně užít jako chladicích elementů, ale také jako zdrojů elektrického výkonu a demonstrovat na nich některé jevy termodynamiky.

Historický úvod

Francouzský fyzik Jean Charles Athanase Peltier (1785-1845), původním povoláním hodinář a obchodník s hodinami, se posléze zabýval řadou fyzikálních experimentů. V roce 1833 zjistil, že na spojení dvou materiálů, jimiž protéká proud, se objeví rozdíl teploty. Německý fyzik Thomas Johann Seebeck (1770-1831) pozoroval již v roce 1821 jev doplňkový k Peltierovu jevu. V obvodě vytvořeném sériovým spojením dvou materiálů začne protékat proud, jsou-li jejich spoje udržovány na různých teplotách. V roce 1851 lord Kelvin tyto jevy vysvětlil a doplnil je o situaci, v níž na vodičích existuje gradient teploty.

Seebeckův jev se záhy začal využívat k měření teploty pomocí kombinací různých kovových drátů. Elektromotorické napětí termočlánku U je úměrné rozdílu teplot spojů drátů ΔT,

$$U = \alpha \Delta T, \tag{1}$$

α je Seebeckův koeficient. Nejčastěji se užívají termočlánky ze spojení kovů s největší hodnotou Seebeckova koeficientu, odolné vůči korozi či stárnutí nebo vysokým teplotám. Standardně používané termočlánky jsou zejména: typ J Fe-konstantan (51 μV/K), typ T Cu-konstantan (40 μV/K), typ K chromel-alumel (40 μV/K) a typ S Pt(+10% Rh)-Pt (11 μV/K). Seebeckův koeficient obecně klesá s teplotou, pro měření v nízkých teplotách byly proto vyvinuty speciální termočlánky se zlatem nebo stříbrem.

Chladicí elementy využívají Peltierova jevu

$$\frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}T} = (\Pi_A - \Pi_B)I, \tag{2}$$

přičemž chladicí výkon dQ/dT je úměrný proudu I a rozdílu Peltierových koeficientů Π dvou polovodičových materiálů, které tvoří Peltierův článek [1]. Využívají se již po desetiletí v malých přenosných chladničkách či k přímému chlazení elektronických zařízení pro snížení úrovně termického šumu.

Termodynamika Peltierovy buňky

Peltierova buňka je tvořena dvěma sloupky z polovodiče střídavě typu n a typu p spojených do série spojkami z mědi a podobnými spojkami je propojena s dalšími buň-

kami. Měděné spojky jsou naneseny na vnitřní straně korundových destiček, které zajišťují tepelný kontakt Peltierových článků se zdrojem nebo absorbentem tepla.

Obr. 1. Schéma Peltierova článku [2]

Sloupky jsou běžně vyráběny ze směsného polovodiče Bi_2Te_3 dopovaného Se nebo Sb pro získání majoritní elektronové nebo děrové vodivosti. Tyto články jsou použitelné až do 250°C. Pro využití při vyšších teplotách se vyvíjejí a testují jiné polovodiče, např. Pb-Te (250–450 °C) nebo Si-Ge (500–1000 °C).

Seebeckovy koeficienty α polovodičů jsou asi o řád větší než u kovů. Platí jednoduchý vztah mezi Peltierovým a Seebeckovým koeficientem

$$\Pi = \alpha T. \tag{3}$$

Termoelektrické jevy vznikají v důsledku současného transportu elektrického náboje i tepla při průchodu proudu. Jejich velikost a vlastnosti lze odvodit, i když složitým způsobem, z energetické struktury materiálů. V reálné situaci je třeba do energetické bilance Peltierových článků započítat Jouleův ohřev materiálu při průchodu proudu a vedení tepla materiálem sloupků mezi teplou a studenou částí článků. Tyto procesy nutně snižují účinnost Peltierových článků. Zavádí se charakteristický parametr *Z*, případně bezrozměrný *ZT*

$$Z = \frac{\alpha^2}{\rho\kappa}, \tag{4}$$

který je snižován rostoucím měrným elektrickým odporem ρ a rostoucí měrnou tepelnou vodivostí κ. Maximální tepelná účinnost η_{max} Peltierova generátoru je potom přibližně daná vztahem

$$\eta_{max} = \frac{T_H - T_C}{T_H} \frac{\sqrt{1+ZT_S}-1}{\sqrt{1+ZT_S}+\frac{T_C}{T_H}}, \tag{5}$$

v němž T_H je teplota teplé strany článku, T_C studené části a T_s označuje střední teplotu. První zlomek odpovídá ideální termodynamické účinnosti Carnotova tepelného stroje. Dosahovaná účinnost je zpravidla na úrovni 10% ideální termodynamické účinnosti.

Použití Peltierových článků

Rozvoj produkce Peltierových článků souvisí zejména se snahou o nalezení dalších alternativních ekologických způsobů přímé přeměny tepelné energie v elektrickou. Technologický pokrok je stimulován také kosmickým výzkumem. Příkladem je zdroj elektrické energie RTG mise New Horizons, který využívá baterii Peltierových článků ohřívaných rozpadem α radioizotopu plutonia-238 ve formě PuO_2 v keramické formě z bezpečnostních důvodů uzavřeného v iridiových pouzdrech. Generátor RTG poskytuje sondě dlouhodobý zdroj elektrické energie (245 W) v oblasti kosmického prostoru, kde sluneční články již nejsou použitelné. Takovéto generátory byly již instalovány na řadě kosmických sond, např. Cassini.

Obr. 2. Radioizotopový termoelektrický generátor RTG sondy New Horizons (zdroj: NASA/APL)

Dosáhne-li se dalším technologickým vývojem zvýšení účinnosti (5) Peltierových generátorů, budou moci ve spojení s panely absorbujícími infračervenou složku slunečního záření konkurovat fotovoltaickým panelům. Pomocí Peltierových generátorů je možné přeměňovat na elektrickou energii odpadní teplo spalovacích motorů i palivových článků a využít ji k dobíjení akumulátorů motorových vozidel. Nabízejí se také zajímavé hračky, např. ventilátor k umístění nad krb, v němž Peltierův generátor využívá teplo stoupající z krbu a je zároveň ventilátorem ochlazován. Jinou hračkou je „domeček“, v němž se Peltierův generátor ohřívá plamenem čajové svíčky a získaný proud rozsvěcí bílé diody LED. Zvláště zajímavé využití umožňují miniaturní články Micropelt vytvořené přímo na tenkovrstvém polovodiči, v nichž na ploše 2,8×2,4 mm^2 vznikne epitaxí 288 termoelektrických párů s celkovým Seebeckovým koeficientem 80 mV/K [3].

Za cenu 150,- až 250,- Kč je možné zakoupit Peltierovy články (chladiče) typu TEC s různými rozměry a příkony. Článek TEC 1-01708 obsahuje 17 Peltierových párů, má rozměry 15×15×3,3 mm^3, maximální příkon 9,2 W a snese teplotu až 68 °C, stejně jako ostatní články této řady. Článek TEC 1-07103 obsahuje 71 Peltierových párů, má rozměry 30×30×4,7 mm^3 a maximální příkon 18 W, největší články typu TEC 1-12703 obsahují 127 Peltierových párů, mají rozměry 40×40×5,1 mm^3 a snesou příkon až 38 W [4].

Obr. 3. Řez typickým Peltierovým článkem [4]

Peltierovy články (generátory) typu TEG nejsou běžně nabízeny, pro výrobu elektrické energie jsou podstatně výhodnější, neboť snesou vyšší teploty (300 °C). Článek o ploše 40×40 mm^2 dává optimální výkon až 9,6 W, jeho cena se blíží 900,- Kč. Korundová destička teplé strany Peltierova generátoru je opatřena grafitovou vrstvou k dosažení dobrého tepelného kontaktu, neboť při vysokých teplotách nelze užít běžné pasty tepelně vodivé pasty ze silikonového tuku s přídavkem ZnO_2.

Pokusy s Peltierovými články

K demonstraci vlastností Peltierových článků je třeba je uvést do kontaktu s chladičem s dostatečnou výměnnou plochou. Standardní chladiče elektronických součástek jsou vyrobeny z hliníku a často na povrchu černěny. Pro dokonalý tepelný kontakt je třeba nanést tenkou vrstvu tepelně vodivé pasty a mírným tlakem článek na chladiči přidržovat. Snadno lze demonstrovat Peltierovo chlazení. Z teplé strany článku se teplo odvádí chladičem do malé lázně vody s pokojovou teplotou. Na studené ploše malého Peltierova článku TEC 1-01708 zamrzla kapka vody při proudu 3,0 A a napětí 1,0 V, na větším článku TEC 1-07103 při proudu 1,64 A a napětí 4,3 V.

Velký článek TEC 1-12703 byl kontaktován s chladičem pomocí tepelně vodivé pasty a na druhé straně byla podobně kontaktována měděná destička. Na destičce je připevněn výkonový rezistor a miniaturní platinový odporový teploměr. Studená strana článku byla prostřednictvím chladiče v kontaktu s lázní ledu a vody s teplotou přibližně 0 °C. Teplá strana Peltierova článku byla postupně ohřívána až na maximální povolenou teplotu 68 °C a bylo měřeno napětí Peltierova článku. Byl naměřen Seebeckův koeficient $\alpha = U/\Delta T =$ 23,2 mV/K Peltierova článku jako generátoru napětí naprázdno. Pro rozsvícení diody LED právě postačí ohřátí na nejvyšší povolenou teplotu. Výraznější výsledek dosáhneme se speciálními Peltierovými generátory typu TEG.

Obr. 4. Testované Peltierovy články typu TEC upevněné na chladičích

Peltierovy články představují tepelný stroj a je možné na nich demonstrovat činnost tepelného čerpadla, studovat jeho parametry, stanovit ideální účinnost tepelného stroje a změřit účinnost konkrétního Peltierova článku.

Literatura

[1] Kittel Ch.: *Úvod do fyziky pevných látek.* Academia Praha 1985.
[2] DiSalvo F.J.: *Thermoelectric Cooling and Power Generation.* In: Science, Vol.285, July 1999, p. 703-706
[3] http://www.micropelt.com/thermogenerator.php
[4] http://tecteg.com

Fyzika a trvale udržitelný počet obyvatel na Zemi

PETR SLÁDEK
Katedra fyziky, chemie a odborného vzdělávání, Pedagogická fakulta, Masarykova univerzita

Abstrakt

V příspěvku je uveden jednoduchý výpočet trvale udržitelného počtu obyvatel Země. Vychází z dostupných údajů zeměkouli, energetické spotřebě člověka, možnosti získání zdrojů energie z plodin a masa pro potřebu výživy lidstva. Současně článek ukazuje na možnost, k čemu je budoucí generaci a současným politikům dobrá fyzika.

Lidská populace a udržitelný rozvoj

Učitelé si stále lámou hlavu jak zaujmout žáky a ukázat jim užitečnost fyziky. To jde nejen experimentováním. Vypadá to, že je potřeba vybrat teoretické téma, mající schopnost odpovědět na otázky, které jsou společenskovědní povahy. Každé dítě někdy „filosofuje“ na téma *„Kdo jsme?“*, *„Kde jsme?“*, *„Jak to bude se světem?“*. A nastupující generaci jistě potká otázka: *„Kolik lidí se vejde na Zemi?“*. To by mimochodem měli zvažovat i politici, protože mnohá rozhodnutí mají dlouhodobý dopad (více než 20 let).

Podle dostupných údajů např. http://www.worldometers.info/world-population/ je na Zemi přes 7 miliard 367 milionů lidí (stav 15. září 2015).

Rychlost růstu ukazuje následující tabulka a graf.

Mezníky světové populace (odhady USCB)

Populace (v miliardách)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Rok	1804	1927	1960	1974	1987	1999	2012	2027	2046
Za období (let)	—	123	33	14	13	12	13	15?	19?

Tab. 1. Převzato z https://cs.wikipedia.org/wiki/Sv%C4%9Btov%C3%A1_populace

Obr. 1. Graf světové populace v milionech od roku 1800 do 2100. Je založen na projektech OSN 2004 (červeně – scénář vysokého růstu, oranžově – středního růstu, zeleně – scénář nízkého růstu) a pro historický vývoj na údajích amerického úřadu pro světovou populaci (černě)
Převzato z https://cs.wikipedia.org/wiki/Sv%C4%9Btov%C3%A1_populace

Z předchozího je zřejmé, že růst počtu lidí na světě je značný. Kolik se nás tedy na Zemi ještě vejde?

Základní údaje o Zemi

Z veřejně dostupných zdrojům se dá pro Zemi dohledat:

Poloměr	6378 km
Povrch	$S_z = 4\pi R^2 = 510 \cdot 10^6$ km^2
Moře a oceány	71%
Souše	29% $S_{sou} = 148 \cdot 10^6$ km^2 (zahrnuje i řeky a sladkovodní plochy)
Půda	$S_p = 130.10^6$ km^2; z toho:
	zemědělská 37,6 % = $49 \cdot 10^{12}$ m^2
	lesy 31%
	ostatní 31,7%

Ze zemědělské půdy je orná půda $14 \cdot 10^{12}$ m^2, zbytek jsou pastviny, louky, stepi,…

1. nápad

První možnost, se kterou mohou žáci přijít, je, že postavíme jednoho člověka vedle druhého a pokryjeme celou půdu. Člověk může mít v obvodu 100 cm, poloměr cca $R_č$ = 16 cm, pak $S_č = \pi R_č^2 = 0{,}08\ m^2$

Celá půda pokryta:

$S_p/S_č = 130 \cdot 10^{12}/0{,}08 = 1\ 625\ 000$ mld lidí

A navíc, co mrakodrapy? Máme si dělat starosti, nebo je něco v našich úvahách špatně?

2. nápad

Zadání je **udržitelný počet lidí** – ti musí jíst. To znamená, že musíme spočítat, kolik potravy jsme schopni získat v každém přírodním cyklu, na Zemi tedy každým rokem.

Klidový metabolismus člověka je 90 W, při lehčí práci pak 130 W. Na internetu se dají najít kalkulačky, nebo na to můžeme jít přes denní spotřebu cca 2000 kcal, kdy můžeme použít znalost převodu jednotek a vztah pro výpočet výkonu.

Hlavním zdrojem potravy lidí jsou plodiny (obilí, rýže,…), méně pak maso (zvířata, ryby, …). Ale i zvířata se potřebují živit – v potravinovém řetězci pak zase skončíme u plodin – jen s menší účinností. Pro lidi a zvířata budeme pěstovat plodiny.

A) Fotosyntéza

Pro pěstování plodin potřebujeme sluneční energii. Mohli bychom na to jít přes solární konstantu 1360 W/m^2, dále průměrný dopad je 342 W/m^2, absorbováno půdou a oceány 168 W/m^2. Pro život rostlin je nutná fotosyntéza. Účinnost vlastní fotosyntézy je 34,2%, ztráty při přenosu energie v rostlině sníží účinnost na 20 %. Pro vlastní život (dýchání, teplo…) potřebuje rostlina další energii, zbude asi 0,8 % ze vstupní energie tj. 168 W/m^2·0,8 % = 1,3 W/m^2. Další energie je potřebná pro růst, celá plocha není pokryta listy, k jídlu není celá rostlina. Celkem pak je k dispozici jen asi 0,1 W/m^2. Tento výpočet je již dost složitý a výklad již není tak přímočarý (viz [1,5,6]).

B) Výnosy potravin

Plodiny

Daleko jednodušší a dostatečně přesný je výpočet přes výnosy plodin. U nejčastějších plodin bývají výnosy asi 3 tuny na hektar tj. 0,3 kg/m^2 ročně. To jsou hodnoty známé z naší zemědělské produkce, další informace můžeme zjistit na stránkách Organizace pro výživu a zemědělství OSN (http://www.fao.org). Musíme uvážit, že se jedná o průměrnou roční produkci vztaženou na celou ornou půdu i v nepříliš příznivých podmínkách. Nejčastější plodinou je obilí.

Výživová hodnota obilí je asi 1000 kJ/100 g (zkuste se podívat např. na chleba)

Pak z orné půdy získáme výživovou hodnotu (průměrně během jednoho roku)

$(0{,}3\ kg/m^2)\cdot(10^7\ J/kg) / (365\cdot 24\cdot 3600\ s) = 0{,}095\ W/m^2 \sim 0{,}1 W/m^2$

Již jsme uvedli, že zemědělské půdy je $49 \cdot 10^{12}$ m^2, z toho orná půda zabírá $14 \cdot 10^{12}$ m^2

Z orné půdy máme možnost získat maximálně

$$0{,}1\text{W/m}^2 \cdot 14 \cdot 10^{12}\ \text{m}^2 = 1{,}4 \cdot 10^{12}\ \text{W}.$$

Na zvířata zbydou pastviny a sláma z orné půdy.

Maso z domácího dobytka

Ze statistik FAO je roční je produkce masa na jídlo $300 \cdot 10^9$ kg. Výživová hodnota je asi 800 kJ/100 g. Pak

$$(300 \cdot 109\ \text{kg}) \cdot (8 \cdot 106\ \text{J/kg}) / (365 \cdot 24 \cdot 3600\ \text{s}) = 7{,}6 \cdot 1010\ \text{W}.$$

Z oceánů máme rybolov, dále chov sladkovodních ryb a mořské plody

Roční je produkce na jídlo $136 \cdot 10^9$ kg. Výživová hodnota je asi 300 kJ/100 g. Pak $(136 \cdot 10^9\ \text{kg}) \cdot (3 \cdot 10^6\ \text{J/kg}) / (365 \cdot 24 \cdot 3600\ \text{s}) = 1{,}3 \cdot 10^{10}$ W.

Celkem k dispozici potravin

Plodiny + maso + ryby

$$1{,}4 \cdot 10^{12} + 7{,}6 \cdot 10^{10} + 1{,}3 \cdot 10^{10} \sim 1{,}5 \cdot 10^{12}\ \text{W}.$$

Pozn. Maso i s mořskými plody netvoří ani 10 % potravinového příjmu.

Nyní můžeme spočítat hrubý odhad maximálního udržitelného počtu lidí na Zemi

$$\boxed{1{,}5 \cdot 10^{12}\ \text{W}/130\ \text{W} = 11{,}5\ \text{mld lidí}}$$

Závěr

Při pohledu na graf 1 se k tomuto údaji současná generace přiblíží. V příspěvku se k údaji dospělo jen na základě fyzikálních úvah o dostupných energetických zdrojích pro zabezpečení výživy pro celou lidskou populaci. Při výpočtech byly použity jen jednoduché vztahy pro stanovení hrubého odhadu na základě znalosti některých statistických údajů v celosvětovém měřítku. Opomenuty byly další důležité problémy, které mohou mít vliv na udržitelnost života lidí na Zemi (globální oteplování, nedostatek pitné vody). Fyzika nám snad pomůže s hledáním odpovědí na další podobné otázky.

Literatura

[1] Krause E. a Deitersen C.: Die Frage nach dem Maximum der Weltbevölkerung. Physik in der Schule 2/64. ISSN 1617-5689.
[2] Organizace pro výživu a zemědělství. Dostupné z: http://www.fao.org/
[3] Světová populace. [online]. [cit. 2015-09-15]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Sv%C4%9Btov%C3%A1_populace
[4] Current world population. [online]. [cit. 2015-09-15]. Dostupné z: http://www.worldometers.info/world-population/.
[5] Photosynthesis. Encyclopedia Britanica. [online]. [cit. 2015-10-15]. Dostupné z: http://www.britannica.com/science/photosynthesis
[6] Rabinowitch E. a Gowindjee: Photosynthesis. [online]. [cit. 2015-10-15]. Dostupné z: http://www.life.illinois.edu/govindjee/photosynBook.html

Experimenty z Interaktivní fyzikální laboratoře: magnetické pole

ZDENĚK ŠABATKA
KDF MFF UK v Praze, Gymnázium Nový Porg

Tento článek popisuje především námět na přípravu vlastní aparatury pro měření magnetického pole sestávající z jednoduchého teslametru a stativu pro dlouhou cívku, a několik námětů na experimenty s popsanými pomůckami, které lze využít především na střední škole. Článek rovněž podává krátkou zprávu o novinkách v Interaktivní fyzikální laboratoři (IFL) na MFF UK v Praze ve školním roce 2014/15, kde si studenti mohou většinu popsaných experimentů vyzkoušet.

IFL ve školním roce 2014/15

IFL je provozována KDF MFF UK v Praze a pro studenty středních škol připravuje praktická cvičení z fyziky (především ve formě laboratorních prací), na která docházejí v rámci školních exkurzí. Studenti pracují ve 3-4 členných skupinkách. Laboratoř nabízí programy, na které je možné přihlásit maximálně 16 studentů. Více informací o fungování laboratoře, jednotlivých lekcích a volných termínech je k dispozici na webových stránkách IFL [1]. Koncepce IFL a některé experimenty, se kterými se zde mohou studenti setkat, byly popsány v příspěvcích [2], [3].

V uplynulém školním roce 2014/2015 laboratoř navštívilo v rámci praktických cvičení přes 600 studentů středních škol. Jejich učitelé pro ně mohli vybírat z pěti nabízených tematických programů. Ke čtyřem stávajícím (Elektrostatika, Termodynamika, Rotační pohyb, Mechanické kmitání a tuhé těleso) přibyly aktivity, jejichž ústředním motivem je magnetické pole cívky.

Předcházející programy byly koncipovány buď tím způsobem, že pro každou skupinku studentů bylo připraveno speciální stanoviště (ta na něm pracovala po celou dobu cvičení a v závěru o svých výsledcích informovala spolužáky), nebo se jednotlivé skupinky studentů prostřídaly na více různých časově méně náročných stanovištích a prošly tak všemi připravenými aktivitami.

Nový program byl rozdělen do tří částí. První společná byla pojata jako seznámení se základními pojmy (v tomto případě týkajícími se magnetického pole cívek) a byla společná všem skupinám studentů. Aktivity pro tuto část byly připraveny podle námětu Václava Piskače [4], [5] a studenti při nich objeví (zopakují si) základní vlastnosti magnetického pole a jejich závislost na různých parametrech. Druhá část představuje kvantitativní laboratorní měření, při kterém studenti zkoumají závislost magnetického pole na vybraném parametru cívky. Každá ze skupin měří jinou vlastnost. Těmito experimenty a použitou aparaturou se zabývá tento příspěvek detailněji. Ve třetí části pracují skupinky studentů rovněž na oddělených úkolech. Ty souvisí s praktickým použitím magnetického pole cívky. Dvě skupiny měří různými metodami měrný náboj elektronu a zbývající dvě sestavují různé modely elektromotorů.

Návody na experimenty pro studenty byly připraveny v elektronické formě [6]. Rovněž výsledky svých měření zpracovávají studenti na počítačích a do papírového záznamového archu „pouze“ zapisují závěry. Záznamový arch rovněž obsahuje několik doplňkových otázek týkajících se konkrétních zkoumaných jevů a závislostí. Výhodou elektronického zpracování je mimo jiné to, že je dostupné online a studenti se mohou na cvičení připravit z domova.

Aparatura pro zkoumání magnetického pole cívek

Hlavní myšlenkou celé aparatury je využití kovové pružiny (dětské hračky, viz obr. 1) jakožto cívky, kterou bude procházet proud, a bude tedy zdrojem magnetického pole. Výhodou je, že v rámci „rozumných měřítek“ může mít téměř libovolnou hustotu závitů (resp. délku a počet zapojených závitů). Samotné počítání závitů je pro studenty velmi snadné a názorné. Průměr závitů použité pružiny je přibližně 6,7 cm. Kromě samotné pružiny je aparatura[3] tvořena stativem a jednoduchým teslametrem.

Obr. 1. Stativ s jezdcem. Vlevo bez cívky a sondy. Vpravo připraveno k měření.

Pro výrobu stativu (obr. 1) je zapotřebí 50– 60 cm elektrikářské lišty šíře 6 cm. (K využití elektrikářské lišty tímto způsobem jsem byl inspirován náměty [7], [8].) Výška lišty je přibližně 4 cm. Na její hranu tak snadno přilepíme část papírového metru, který poslouží jako měřítko. K jedné straně elektrikářské lišty je připevněn dřevěný špalíček o základních vnějších rozměrech 6×2,5×11,5 cm. Na své spodní straně byl seříznut, aby se vešel do lišty, k níž byl připevněn pomocí vrutů. V dřevěném špalíku je otvor průměru 1,6 cm pro zasunutí trubičky (sondy jednoduchého teslametru). K tomuto špalíku můžeme cívku přichytit pomocí spony používané pro zafixování ubrusu. Druhý konec cívky by měl být pohyblivý. Za tímto účelem je možné z nevyužitého krytu elektrikářské lišty vyrobit jezdec (obr. 2).

Obr. 2. Konstrukce jezdce

[3] Důležitou informací pro učitele je rovněž přibližná cena: Hallova sonda ~ 31 Kč, měřicí obvod včetně krabiček, svorek a Hallovy sondy ~ 160 Kč, stativ včetně jezdce a kovové úchytky ~ 32 Kč; pružina ~ 148 Kč.

Obr. 3. Sonda s krabičkou Obr. 4. Schéma zapojení obvodu Obr. 5.

Inspiraci pro sestavení jednoduchého teslametru jsem nalezl v [9], [10]. Základem celého měřicího obvodu (obr. 4) je Hallova sonda s označením SS495A. Výrobce udává, že konstanta úměrnosti mezi Hallovým napětím a velikostí magnetické indukce má velikost 3,125 ± 0,125 mV/G. Tento údaj jsem ověřil měřením a v rámci udávané chyby je správný. Ve výpočtech i materiálech pro studenty je tedy používána hodnota 31,25 V/T. Sondu je možné připojit k napětí 4,5–10,5 V. Lze tak využít plochou baterii. V aparatuře (obr. 3) je sonda zasazena do malé dutinkové lišty, která je zapojena do obvodu a pomocí sekundového lepidla připevněna do plastové trubičky průměru 1,6 cm a délky přibližně 45 cm. Zbývající části obvodu včetně konektorů pro připojení voltmetru a zdroje napětí jsou zasazeny do plastové krabičky (obr. 5) o přibližných rozměrech 4×5,4×10,4 cm.

Hallovo napětí, které nás při zkoumání magnetické pole zajímá, odpovídá změně napětí v porovnání s okamžikem, kdy sonda nebyla umístěna v magnetickém poli. Z toho důvodu je vhodné využít voltmetr s funkcí *relative*. Ta umožňuje „posunout nulu“ a voltmetr tak měří pouze přírůstky nebo úbytky napětí. Dostupnou a dobře fungující volbou je voltmetr UT10A (výrobce UNI-T). Navíc nabízí rovněž možnost měření kapacity kondenzátorů, která bývá dostupná spíše na dražších přístrojích.

Aby bylo Hallovo napětí měřitelné s dostatečnou přesností, je třeba, aby bylo magnetické pole dostatečně „silné“ a cívkou (pružinou) procházel dostatečně velký proud. Pro použitou cívku v daných experimentech dostačuje, je-li maximální proud okolo 2,5 A.

Teoretická východiska

Jednou z rovnic popisující magnetické pole dlouhé cívky, která by měla být známa studentům gymnázia je rovnice (viz např. [11])

$$B'_S = \mu \frac{NI}{l} \tag{1}$$

udávající velikost magnetické indukce uvnitř velmi dlouhé válcové cívky délky l, s N závity, kterou prochází proud o velikosti I. Rovnice (1) je však pouze zjednodušením (pro střed velmi dlouhé cívky - solenoidu) rovnice (viz např. [12])

$$B_A = \mu \frac{NI}{2l}\left[\frac{\frac{l}{2}+a}{\sqrt{r^2+\left(\frac{l}{2}+a\right)^2}}+\frac{\frac{l}{2}-a}{\sqrt{r^2+\left(\frac{l}{2}-a\right)^2}}\right] \qquad (2)$$

udávající velikost magnetické indukce v konkrétním místě A na ose cívky. Parametr a udává vzdálenost popisovaného místa od středu cívky, r představuje poloměr závitu. Z rovnice (2) můžeme odvodit i vztahy pro velikost magnetické indukce ve středu B_S (a = 0) a na konci cívky B_K (a = 0,5 l). Jejich porovnáním zjistíme, že pro každou cívku platí, že velikost magnetické indukce na konci cívky je v porovnání s její hodnotou ve středu cívky poloviční B_K = 0,5 B_S. Průběhy magnetických indukcí na osách cívek s různými průměry závitů avšak stejnou délkou zachycuje obr. 6. Znázorněny jsou průběhy pro poměry $2r : l$ 1) 0,01; 2) 0,1; 3) 0,2; 4) 0,3; 5) 0,5. Pro lepší představu je pod grafem znázorněn i řez cívkou příslušné délky.

Obr. 6. Magnetická indukce na ose cívky

Náměty na experimenty

Pohled na rovnici (1) nám napovídá, že můžeme proměřit závislost velikosti magnetické indukce ve středu cívky na počtu závitů N, délce cívky l (obr. 7) i na velikosti proudu I.

Aparatura však rovněž umožňuje proměřit průběh magnetické indukce na ose cívky (obr. 8), i když pro toto měření v IFL využíváme teslametru firmy Phywe. Jeho citlivost je vyšší a umožňuje popsat prostor vně cívky detailněji. Nicméně představená aparatura je pro základní proměření rovněž dostačující. Na základě takového měření studenti snadno porovnají velikost B ve středu a na konci cívky, a odhalí meze homogenity magnetického pole. Program v IFL zahrnuje i pokus, ve kterém studenti zjišťují, jak závisí magnetické pole v blízkosti cívky na materiálu do ní vloženého jádra. K dispozici mají ocelový, hliníkový, mosazný, dřevěný a polystyrénový kvádřík (stejných rozměrů). Na tyto experimenty naleznete návody i připravené soubory MS Excel pro zpracování naměřených dat na webové stránce IFL věnované tematickému celku *Magnetické pole solenoidu* [6].

Obr. 7. Měření závislosti $B(l)$

Obr. 8. Průběh B na ose cívky

Nadstavbovým úkolem může být: určit na základě znalosti rovnice (1) konstantu úměrnosti mezi Hallovým napětím a velikostí magnetické indukce (ověřit údaj výrobce). Díky přehlednému vinutí závitů cívky může být aparatura využita i k ověření Ampérova pravidla pravé ruky. Použitý Hallův senzor je natolik citlivý, že detekuje magnetické pole ocelového kvádříku použitého coby jádra elektromagnetu i po vypnutí proudu. Můžeme demonstrovat, že jedna strana je jižním a druhá severním magnetickým pólem. Zapnutím proudu cívkou opačným směrem změníme magnetizaci jádra. Aparaturu lze rovněž využít ke zkoumání magnetického pole permanentních magnetů. V takovém případě již není třeba cívky, pouze na jezdec je upevněn magnet. Nejjednodušším způsobem připevnění je vzít dva magnety a jezdec mezi ně „scvaknout“.

Literatura

[1] http://kdf.mff.cuni.cz/ifl [cit. 2015-08-24]

[2] ŠABATKA, Z.; DVOŘÁK, L.; DROZD, Z., a kol. Interaktivní fyzikální laboratoř (názory pražských učitelů a učitelek). Veletrh nápadů učitelů fyziky 14, konferenční sborník. Brno: Masarykova univerzita, 2009, s. 206-210. ISBN 978-80-210-5022-8.

[3] ŠABATKA, Z. Experimenty z Interaktivní fyzikální laboratoře – rotující soustavy. Veletrh nápadů učitelů fyziky 19: sborník z konference. Cheb, 2014.

[4] PISKAČ, V. Žákovské elektromagnety. Fyzikální šuplík [online]. 2011. [cit. 2015-08-24]. Dostupné z: http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/fyzika/zakovske_elektromagnety.pdf

[5] PISKAČ, V. Žákovské elektromagnety: pracovní listy. Fyzikální šuplík [online]. 2011. [cit. 2015-08-24]. Dostupné z: http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/fyzika/zakovske_elektromagnety_-_pracovni_listy.pdf

[6] ŠABATKA, Z. Magnetické pole solenoidu [online]. 2015 [cit. 2015-08-24]. Dostupné z: http://kdf.mff.cuni.cz/ifl/experiment/stac_pole/

[7] DVOŘÁK, L. Další nápady z Malé Hraštice: co s čočkami. Veletrh nápadů učitelů fyziky 15: Sborník z konference. Prometheus, 2011, s. 47-51. ISBN 978-80-7196-417-9. Dostupné z: http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/15-05-Dvorak.html

[8] PISKAČ, V. Reostat a potenciometr. Fyzikální šuplík [online]. 2012 [cit. 2015-08-24]. Dostupné z: http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/elektro/reostat_a_potenciometr.pdf

[9] HUBEŇÁK, J. Měření magnetické indukce. Veletrh nápadů učitelů fyziky IX: sborník z konference. Brno: Paido, 2004, s. 33-37. svazek 2. ISBN 80-7315-087-5. Dostupné také z: http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/pdf/09-16-Hubenak_J.pdf

[10] PAZDERA, V. Výroba 4 × jinak. In: Dílny Heuréky 2012: sborník konferencí projektu Heuréka. Praha: Prometheus, 2012, s. 116-123. ISBN 978-80-7196-396-7. Dostupné také z: https://kdf.mff.cuni.cz/heureka/sborniky/DilnyHeureky_2012.pdf

[11] SVOBODA, E. a kol. Přehled středoškolské fyziky. Praha: Prometheus, 1996. ISBN 80-7196-116-7

[12] BROŽ, J., a kol. Základy fyzikálních měření I. díl. Praha: SPN, 1967. ISBN 16-924-67.

Konstrukce zdroje záření a jeho využití ve výuce optiky

LENKA TICHÁČKOVÁ, LENKA HÖNIGOVÁ
Ostravská univerzita v Ostravě

Abstrakt

Tento článek se věnuje zdroji záření viditelné oblasti a UV. Jak tento levný zdroj záření snadno vyrobit? Naleznete postup výroby RGB+UV zdroje záření pro učitele SŠ a ZŠ. Tento zdroj bude sestrojen pro demonstrační a žákovské pokusy v optice.

Úvod

Cílem této práce je sestrojit jednoduchý, levný zdroj RGB+UV záření, kterým by mohli učitelé na ZŠ a SŠ demonstrovat některé jevy v optice. Součástí budou návrhy úloh pro žáky na procvičení, prozkoumání či proměření. Žáci by mohli pracovat na připravených úlohách ve dvojicích či ve skupinkách a učebna by měla být v rámci možností zatemněná. Téma fotometrie je velice zajímavé a poučné a je škoda, že se vyučuje pouze na gymnáziích a navíc ve značném omezení.

Dle RVP pro gymnaziální vzdělávání je z oblasti optiky uvedeno následující:

„Elektromagnetické záření – elektromagnetická vlna; spektrum elektromagnetického záření

Vlnové vlastnosti světla – šíření a rychlost světla v různých prostředích; stálost rychlosti světla v inerciálních soustavách a některé důsledky této zákonitosti; zákony odrazu a lomu světla, index lomu; optické spektrum; interference světla

Optické zobrazování – zobrazení odrazem na rovinném a kulovém zrcadle, zobrazení lomem na tenkých čočkách, zorný úhel, oko jako optický systém, lupa“ viz RVP G na straně 29.

Fotometrie, která se zabývá působením světla na lidské oko, úplně chybí. To je velká škoda, vždyť v dnešní době se poznatků optiky využívá více než kdy jindy. Až 80 % informací získáváme zrakem. Člověk by měl vědět, jak si chránit zrak a jak vnímá barvy a barevné objekty.

Obr. 1. Spektrum elektromagnetických vln (Halliday, 2000)

Teorie a postup výroby zdroje záření

Světlo je část elektromagnetického záření ve vlnových délkách 400-760 nm, přehled elektromagnetických vln je na obrázku 1. V lidském oku různé frekvence světla vyvolávají různé barevné vjemy. Jak zjistíme z obrázku 2, lidské oko je při denním vidění nejcitlivější na žlutozelenou barvu odpovídající vlnové délce 555 nm.

Obr. 2. Citlivost oka na vlnové délky záření ve dne a v noci (Remion, 19. 4. 2015)

Obr. 3. Modely mísení barev

Sestavený zdroj světla je tvořen modelem barev RGB (red, green, blue – červená, zelená, modrá) a používá se např. v televizích a monitorech. Tyto barvy po složení dávají barvu bílou. Existuje i jiný model CMY (cyan, magenta, yellow – azurová, purpurová, žlutá), který využívají hlavně tiskárny. Po složení těchto barev získáme černou barvu.

Sestrojení obvodu

Pro konstrukci zdroje záření potřebujeme RGB LED 3 V, vodiče, zdroj napětí - baterii (nabíjecí Li-ion) 3,7 V, rezistor o odporu 22 Ω.

Obr. 4. Schéma zapojení obvodu

Obr. 5. Reálné zapojení

Výsledky

V použité RGB LED má červená střed v 632 nm, zelená v 523 nm a modrá v 466 nm viz obrázek. Současně jsme měřili luxmetrem od firmy Vernier intenzitu světla ve vzdálenosti 10 cm od LED: červená 236 lux, zelená 92,8 lux, modrá 191,5 lux a zároveň RGB 482 lux.

Obr. 6. Spektrum RGB LED

Jednoduše vyrobeným zdrojem záření můžete zkoumat i odražené světlo od různých předmětů nebo po průchodu jednotlivými filtry např. ve slunečních brýlích. Představte si, že je tma, máte modrý předmět, např. modrý polštář a rozsvítíte si v pokoji červenou žárovku. Co vidíte? Maximálně obrys polštáře, ale nejste schopni určit jeho barvu pod tímto světlem. Také budete schopni tímto zdrojem záření proměřit kvalitu UV filtru ve slunečních brýlích a porovnat, které jsou pro oči šetrnější. V níže uvedené tabulce jsou uvedeny směrné hodnoty činitele odrazu jednotlivých barev a můžete tak porovnat jejich odrazivost, a využít těchto znalostí zejména při výběru barvy do pokoje nebo při vhodném výběru oblečení na cesty zviditelnit sebe hlavně za šera, čímž můžete předejít zraněním či zabránit nehodě na silnici.

Tabulka 1. Směrné hodnoty činitele odrazu světla – výběr (ČSN 73 0580-1:2007)

Barva povrchu	**Činitel odrazu světla**
Bílá	0,75 – 0,80
Žlutá	0,50 – 0,70
Červená	0,15 – 0,50
Zelená	0,05 – 0,65
Modrá	0,05 – 0,60
Hnědá	0,12 – 0,25
Černá	0,01 – 0,03

Prozatím byl vytvořen prvotní obvod dle schématu, aby se ověřilo, zda je uvedená LED vhodná.

Plány

Vytvořit další obvod obsahující i tahový potenciometr pro regulaci intenzity záření pro jednotlivé barvy včetně zapojení UV LED. Potřebujeme stejné intenzity všech barev pro vznik bílého světla. V dalším se budeme soustředit na vytvoření pracovních listů s úlohami pro žáky, které mohou pomocí tohoto zdroje záření proměřit.

Jak se přenáší informace o barvě např. červeného předmětu do mozku?

Paprsek světla z vytvořeného zdroje má spektrum, které obsahuje všechny barvy (vlnové délky). Dopadne na objekt, který má určitou spektrální charakteristiku, a proto odrazí jen určité vlnové délky původního světla do oka pozorovatele. V našem případě zjistíme, že se jedná především o vlnové délky v oblasti červeného světla (tj. spektrum odraženého světla je tvořeno pouze červenou barvou). Ostatní barvy jsou objektem pohlceny. V oku zachytí odražené světlo tyčinky a čípky, které vyšlou signál optickým nervem do mozku. A tady se vytvoří dojem, že zkoumaný předmět má určitou (červenou) barvu.

Obr. 7. Spektrum odraženého světla (Pihan, 14. 8. 2015, upraveno LT)

Problém

Použitá RGB LED má 3 diody, které jsou vůči sobě natočené a zalisované do plastu. Pokud zapojíme do obvodu pouze jednu, ale kteroukoliv diodu, uvidíme, že nevyzařuje do všech směrů stejně intenzivně. Pro lepší zřetelnost problému s nerovnoměrným vyzařováním světla byl naměřen polární diagram LED ve vzdálenosti 10 cm od zdroje.

Obr. 8. Polární diagram LED

Obr. 9. Vyzařování modré LED

Po zapojení RGB LED do obvodu si můžete všimnout, že světlo, které vyzařuje, není bílé, jak bychom očekávali, ale tvoří nepravidelné barevné obrazce.

Obr. 10. Vyzařování RGB LED

Proto budeme hledat řešení pomocí 3 jednotlivých diod (R, G, B), které si natočíme tak, aby po zapojení do obvodu dávaly ve vzdálenosti 10 cm od zdroje bílé světlo. Uchycení jednotlivých diod je v řešení.

Závěr

Cílem je sestrojení levného, jednoduchého zdroje RGB+UV záření, který je velkým přínosem pro výuku žáků na ZŠ i SŠ a přitom nezatíží školní rozpočet. Je vhodný pro demonstraci a zkoumání jevů v optice, zejména fotometrii a kolorimetrii, která se tak stává zajímavější.

Další informace

Příspěvek vznikl za podpory projektu SGS10/PřF/2015 Mobilní technologie ve vzdělávání fyziky.

Literatura

[1] PIHAN, Roman. Vše o světle: barva předmětů a vyvážení bílé. FotoRoman [online]. 2012 [cit. 2015-08-14]. Dostupné z: http://www.fotoroman.cz/techniques3/svetlo07objects.htm

[2] BALADA, Jan. Rámcový vzdělávací program pro gymnázia: RVP G. Praha: Výzkumný ústav pedagogický v Praze, c2007, 100 s. ISBN 978-80-87000-11-3.

[3] HALLIDAY, David, Robert RESNICK a Jearl WALKER. Fyzika: vysokoškolská učebnice obecné fyziky. Vyd. 1. Brno: Vutium, 2000, vii,s.890-1032,[33] s. ISBN 80-214-1868-0.

[4] Elektromagnetické spektrum. REMION. Laboratorní průvodce [online]. [2014] [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: http://www.labo.cz/mft/rad_pasma.htm

[5] ČSN 73 0580-1. Denní osvětlení budov: Část 1: Základní požadavky. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, červen 2007.

Fyzika pro mrňata

JOSEF TRNA
Pedagogická fakulta MU

Abstrakt

Některé základní fyzikální pojmy se vytvářejí již od narození. Jádrem příspěvku je demonstrace souboru jednoduchých experimentů v podobě dětských hraček pro děti v předškolním věku, které podporují vytváření pojmů tvar, rozměr, barva aj.

Úvod

Významným aktuálním tématem fyzikálního vzdělávání je pokles zájmu žáků. Hledáme usilovně metody a prostředky, jak tento zájem zvýšit. Při zdůvodňování nutnosti posilování zájmu o fyziku se zaklínáme osobními potřebami jedince (znalosti a dovednosti pro osobní život a budoucí profesi) nebo potřebami zaměstnavatelů (technicky a přírodovědně kvalifikovaná pracovní síla) nebo potřebami společnosti (kritické myšlení svobodných občanů apod.). Vše pak zastřešíme „svatým“ pojmem fyzikální (přírodovědná) gramotnost.

Za zázračný lék považujeme především zvýšení *motivace žáka*, k čemuž mají vést úlohy ze života, projekty, badatelsky orientovaná přírodovědná výuka (IBSE), prožitková výuka atd. [3]. Vymýšlíme „zajímavé úlohy“ a „překvapivé“ experimenty. Otázkou je, pro koho (pro žáky či učitele?) jsou tyto úlohy zajímavé a experimenty překvapivé. Jako problémový příklad lze uvést často demonstrované experimenty s tekutým dusíkem, kde se stále opakuje příprava zmrzliny, zmenšování nafouknutých balónků a rozbíjení zmrazených předmětů kladivem. Odhlédneme-li od reálnosti a bezpečnosti realizace těchto experimentů ve škole či dokonce doma, jsou tyto experimenty velmi vzdálené životu žáka i školním osnovám. Terminátora T-1000 totiž nepotkáváme na ulici každý den (viz [5]).

Někteří experti otevřeli oprávněné otázky, jestli je pokles zájmu žáků opravdu skutečností, zdali potřebujeme tak mnoho budoucích vědců-fyziků, jestli je vyučovaný fyzikální obsah správný („malá věda“ versus „fyzika pro život“) a jaký je (a má být) profesní profil učitele fyziky (kdo a jak fyziku učí).

V těchto diskusích zapomínáme na jednu zásadní skutečnost, kterou je zjištění, že vztah k fyzice, přírodovědě a matematice se vyvíjí již od narození. Pokud v tomto období poznávání světa není rozvíjeno, téměř všechny pozdější vzdělávací metody a prostředky nejsou příliš účinné. Proto je třeba se věnovat fyzice (přírodovědě a matematice) již v předškolním věku, čemuž odpovídá název i obsah této studie.

Prvotní dětské smyslové poznávání

Fyzikální pojmy jsou formovány postupně již od narození člověka v podobě prekoncepcí [2]. Dítě má silné poznávací potřeby, které je vedou ke zkoumání a poznávání

okolního světa i sebe sama [1]. Např. zvuk (hlas matky) dítě vnímá dokonce v prenatálním stádiu. Abstraktní fyzikální pojmy se díky postupnému vývoji mozku nemohou v raném dětství plně formovat. Podle Piagetovy vývojové teorie existují čtyři etapy:

(1) *Senzomotorické stádium* (od narození do 2 let) – poznávání světa a sebe pomocí pohybů a smyslů
(2) *Předoperační stádium* (od 2 do 7 let) – používání jazyka, egocentrické myšlení
(3) *Stádium konkrétních operací* (od 7 do 12 let) – logické přemýšlení o konkrétních událostech, pochopení počtu, množství, času aj.
(4) *Stádium formálních operací* (od 12 let) – logické myšlení o abstraktních pojmech

Základní metodou prvotního formování fyzikálních pojmů v předškolním věku je tedy zkoumání pomocí všech smyslů dítěte. Dítě zkoumá svět a sebe tak, že manipuluje s předměty (např. hračky jako kostky, kuličky apod.) pomocí hmatu (ruce, ústa) a zkoumá je pomocí zraku, sluchu a také chuti. Dítě tak provádí především jednoduché (často neuvědomělé) pozorování a experimentování.

Formování pojmů hrou

Při prvotním pozorování a experimentování se dítě setkává především s *vlastnostmi předmětů*, jako je tvar a rozměr. Zároveň si začíná vytvářet také první představy o prostoru, a to díky vzájemné poloze předmětů.

Vedle vlastností předmětů dítě v předškolním věku získává základní vědomosti o *vlastnostech látek* (tvrdost, pružnost aj.). Dítě má v tomto věku problém rozlišit látku a předmět. Pojem látka je mnohem abstraktnější a dítě k jeho plnému pochopení dospívá později.

Dítě si propojuje své prekoncepce o vlastnostech předmětů a látek a vytváří prekoncepce *veličin a přírodních jevů*. Na tomto základě v budoucnu dochází k formování zákonů přírodních jevů.

Hry a hračky obsahující jednoduché experimenty hrají významnou roli při tomto prvotním poznávání. Hra obsahuje relaxační (angl. entertainment) a zároveň poznávací složku (angl. edutainment). Pro vzdělavatele (rodiče, učitele) je důležité znát tyto poznávací procesy, a tak vhodnou volbou her a hraček umožňovat rozvoj dítěte v oblasti formování fyzikálních pojmů.

Vhodné typy hraček pro rozvoj fyzikálních pojmů

Pro náš výzkum jsme vybrali vlastnosti předmětů (tvar a jejich rozměr), vlastnost látek (tvrdost, pružnost) a přírodních jevů (plování a potápění, magnetismus). Jako vhodná výzkumná metoda byla použita analýza podoby a funkčnosti hraček. V roce 2014 byla provedena srovnávací analýza 150 hraček, které byly vytvořeny pro dětské aktivity a byly nabízeny v internetových obchodech. Stanovili jsme následující základní typy dětských hraček formujících představu fyzikálních pojmů [4]:

- *Plošný tvar předmětů*: Tyto hračky mají obvykle formu plošné matrice, ve které jsou vyřezány různé tvary. Dítě se pokouší do otvoru v matrici vložit předmět vhodného tvaru. Pro větší motivaci dítěte mají vkládané předměty obrazovou podobu zvířat, aut apod. (obr. 1) nebo propadají do nádoby (obr. 2).

Obr. 1. Vkládání předmětů do matrice

Obr. 2. Vkládání předmětů do nádoby

- *Rozměr předmětů:* Tyto hračky jsou vyrobeny jako sada shodně tvarovaných předmětů, které se liší velikostí. Dítě vkládá postupně menší předměty do větších (obr. 3). Motivační působení zvětšuje tvarování předmětů do figurek (např. ruská Matrjoška) apod.

Obr. 3. Sada předmětů různého rozměru

- *Barva předmětů:* Dítě poznává a rozlišuje různé barvy předmětů. Formování pojmu barva napomáhá celá řada hraček, kterým je společné využití barevné shody či rozdílnosti. Jedním typem hraček je sada předmětů stejného tvaru a rozměru (kostky, kuličky), které se liší barvou (obr. 4). Dítě má za úkol identifikovat jednotlivé barvy, vybrat předmět dané barvy. Jiný typ hraček vede k seskupování předmětů stejné barvy (obr. 5).

Obr. 4. Předměty různé barvy

Obr. 5. Seskupování předmětů stejné barvy

- *Kombinace vlastností předmětů:* Rozvoj formování pojmů tvar, rozměr a barva předmětů podporuje celá řada dalších hraček (obr. 6).

Obr. 6. Barevné kostky různých tvarů

- *Vlastnosti látek zkoumané hmatem*: Dětem dáváme nejdříve do rukou předměty z různých látek: sklo, dřevo, papír, plast, kov, keramika, guma aj. Vhodné jsou různé hračky či předměty z denního života, případně jednoduché předměty stejného tvaru a velikosti jako kuličky. Děti se seznámily se sadou stejně velkých kuliček z různých látek (obr. 7). S kuličkami manipulovaly, prohlížely si je za současného popisu vlastností látek učitelem (gumová kulička je pružná apod.). Pak jsme tyto vložili kuličky do neprůhledného pytlíku. Hra obsahuje úkol pouze hmatem identifikovat kuličku ze zadané látky a z pytlíku ji vytáhnout a ověřit správnost volby.

Obr. 7. Soubor kuliček z různých látek

- *Vlastnosti látek zkoumané více smysly:* Pomocí více smyslů (zrak, sluch, hmat) můžeme zkoumat např. pružnost látek, ze kterých jsou kuličky vyrobeny. Děti pouští ze stejné výšky na stůl (podlahu) kuličky z různých látek. Podle druhu látky

se kuličky chovají po dopadu různě. Vhodné využití jako hračky mají gumové kuličky, které jsou velmi pružné, dobře se odrážejí a skáčou.

- *Plování a potápění těles z různých látek:* Do skleněné nádoby s vodou vhodíme několik kuliček z různých látek (obr. 8). Některé se potápějí, některé plovou.

Obr. 8. Kuličky ve vodě

- *Magnetické vlastnosti látek:* Permanentním magnetem se přibližujeme ke kuličkám z různých látek. Kuličky z feromagnetických látek magnet přitáhne (obr. 9).

Obr. 9. Kuličky a magnet

Závěr

Výsledkem výzkumu je soubor několika typů jednoduchých experimentů, které jsou součástí hraček a her. Tyto jednoduché experimenty mohou podporovat formování fyzikálních (přírodovědných a matematických) pojmů v neformálním předškolním vzdělávání v rodině a v mateřských školách. Tyto myšlenky jsou určeny pro praktickou aplikaci ve vzdělávání. Naše poznatky využíváme v přípravě učitelů pro mateřské školy a snažíme se je předávat i rodičům. Zajímavá může být i spolupráce s výrobci hraček.

Literatura

[1] Garson, Y. *Science in Primary School*. London, Routledge, 2002.
[2] Mandíková, D., Trna, J. *Žákovské prekoncepce ve výuce fyziky*. Brno, Paido, 2011.
[3] Trna, J. Jak motivovat žáky ve fyzice se zaměřením na nadané. Brno, Masarykova univerzita, 2012.

[4] Trnová, E., Trna J. Formation of Science Concepts in Pre-school Science Education. In: A. Alevriadou. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. (pp. 271-277). Volume 197, 25 July 2015, 7th World Conference on Educational Sciences. Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 2015.
[5] YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=l3V00vZtppg.

Vrtule a drony

JAN VÁLEK, PETR SLÁDEK
Katedra fyziky, chemie a odborného vzdělávání, Pedagogická fakulta, Masarykova univerzita, Poříčí 7, 603 00 Brno

Abstrakt

Drony jako hračky, nebo fyzikální pomůcky? Co je drží ve vzduchu a dá se to spočítat? V příspěvku budou představeny jednoduché příklady pro výpočet letu vrtulových strojů ve výuce fyzice.

Úvod

Vrtulníky jsou v současném velmi teplém létu (červenec až srpen 2015) často používané jako vzdušná pomoc hasičů při hašení požárů (počet požárů 2 621 za 07/2015, 1 696 požárů za 07/2014 a 2 049 požárů za 07/2013) [1]. K hašení používají tzv. Bambi vaky (na vrtulníku zpravidla pouze jeden, je zavěšený pod ním, výhodou je to, že může být naplněn z vodní hladiny vodního díla nebo do něj mohou hasiči vodu napustit ze svých cisteren.), které mohou pojmout kolem 1 000 litrů vody. V České republice těmito vaky disponuje Policie ČR a armáda ČR. Jsou k dispozici také větší vaky, ale to závisí na nosnosti vrtulníku (vak HL9800 má kapacitu až 9 840 litrů).

Někdy je možné zahlédnout vrtulníky také při stavbě vysokých objektů (domy, antény), kdy se uplatní jejich nosnost a prostupnost terénem. Pracují tak jako mobilní jeřáby.

Vrtule

Vrtule je základním prvkem, některých letadel a vrtulníků. Přeměnou mechanické energie motoru na kinetickou energii vytváří tah, který „udrží“ letadlo nebo vrtulník ve vzduchu. Skládají se ze dvou a více listů, které jsou spojeny nábojem s vrtulovou hřídelí motoru. Geometrie listů vrtule je podobná geometrii křídel letadel, je zde ale zohledněn kruhový pohyb, takže se jejich profil v délce listu mění. Mění se tedy úhel nastavení β (součet úhlů postupu φ a úhlu náběhu profilu α), který je ve středu vrtule větší než na jejím konci. Stejně tak šířka vrtulového listu se mění.

Vrtulník

Vrtulník nebo také helikoptéra je rotorové letadlo. Nosné rotory mají téměř svislou osu otáčení. Tah nutný k horizontálnímu letu je získáván danou složkou aerodynamické síly na nosných rotorech. Vrtulníky jsou v základu děleny podle jejich vzletové hmotnosti na lehké (pod 3 000 kg), střední (od 3 000 do 8 000 kg) a těžké (nad 8 000 kg).

Obr. 1. Hlavní části jednorotorového vrtulníku. Převzato a přeloženo z [2]

Jiné dělení vrtulníků můžeme provést podle počtu a uspořádání rotorů. Hovoříme pak o rozdělení vrtulníků podle počtu rotorů. Tedy jedno- nebo vícerotorové vrtulníky. Nejčastěji se běžný civilní člověk asi setká s vrtulníkem, který má jeden nosný rotor a druhý, kterým je kompenzován točivý moment. Jiná konfigurace pak nabízí více nosných rotorů a odlišný způsob kompenzace točivého momentu. Například to jsou vrtulníky s:

- Příčným uložením rotorů – nosné rotory jsou umístěny po stranách vrtulníku, což má výhodu v tom, že výkon rotorů jde v největší možné míře na tah. Vrtulníky jsou lépe řiditelné a příčně stabilnější. Rotory jsou protiběžné, aby byl kompenzován točivý moment. Toto uložení používal například největší vrtulník světa z Ruska, Mil V-12.
- Tandemovým uložením rotorů – v tomto případě jsou nosné rotory umístěny za sebou. Tento koncept se používá u těžkých transportních vrtulníků. Stroje jsou podélně stabilní. Rotory jsou opět protiběžné, ovšem vzájemně se ovlivňují, což je částečně eliminováno zvýšenou pozicí zadního rotoru. Nejčastěji lze s tímto uspořádáním vidět americký vrtulník Boeing CH-47 Chinook.
- Koaxiálním uložením rotorů – rotory jsou umístěné nad sebou, jsou tedy souosé. Rotory jsou stejně jako v předchozích uspořádáních protiběžné. Rotory se v tomto případě výrazně ovlivňují. Stroj je méně stabilní, vzhledem k tomu, že má větší výšku. Vrtulníky s tímto uspořádáním nejsou moc používané, ale jako zástupce můžeme vybrat ruský bitevní Kamov Ka-50. Případně se toto rozložení používá i u některých současných RC modelů.
- Uložením rotorů s prolínajícími se listy – nebo také s překrývajícími se listy. V tomto případě je nutná velmi přesná synchronizace rotorů. Rotory se v této variaci částečně ovlivňují a mají opět protichůdný chod. Ovladatelnost je vyšší. Toto uložení dnes není běžné, ale měl jej například Kaman HH-43 Huskie.
- Kvadrokoptéry – mají své čtyři rotory umístěny do vrcholů čtverce. Pro kompenzaci točivého momentu se otáčí přední jako v příčné konfiguraci a na levé či pravé straně jako v tandemovém uspořádání. Jinými slovy přední levý a zadní pravý rotor se otáčí stejným směrem avšak opačným než přední pravý a zadní levý. V praxi se s touto konfigurací ale i s hexakoptérami setkáváme jenom u současných RC modelů.

Létání vrtulníku

Proč vlastně vrtulník létá? Princip tkví v tom, že nosný rotor vrtulníku vytváří tah, tedy takový proud vzduchu, jež je reakcí nosného rotoru na změnu hybnosti vzduchu jím procházejícího. Jinými slovy, nosný rotor nasává vzduch nad sebou a tlačí jej pod sebe. Vzduch, který tak projde rotorovým diskem (myšlený kruh opsaný koncem listů nosného rotoru), má vyšší rychlost, to vyplývá z rovnice kontinuity, kdy dojde ke zmenšení průřezu proudu vzduchu pod rotorem v důsledku jeho vyšší rychlosti.

Pohyb/průchod vzduchu rotorem nevzniká pouhou rotací nosného rotoru, ale podepisují se na něm také profily listů rotoru. Rychlost proudění vzduchu je nad listem vyšší než pod ním, čímž vzniká rozdíl tlaků (nad listem je tlak nižší, pod listem vyšší). Tento rozdíl tlaků dává vzniknout síle na listech nosného rotoru – tahu. Současně s tím se můžeme na problém dívat i z jiného pohledu a zjistíme, že vzduchu procházejícímu rotorem je prací nosného rotoru zvyšována hybnost a vzniká stejně velká reakční síla – opět tah. Celý jev popisuje třetí Newtonův zákon.

Z povahy uvedeného jevu plyne, že každý list rotoru je obtékán různou rychlostí v závislosti na vzdálenosti od středu otáčení, to má za následek, že konstruktéři mění profily listu po celé jeho délce, čímž se zvyšuje hlavně tah. Rychlost otáčení konců listů by se měla pohybovat v rozmezí 0,5-0,8 Mach (1 Mach = 340 m/s).

Pokud budeme uvažovat, že list nosného rotoru je obdélníkový, pak můžeme vypočítat vztlak, který rotor vyvolá jako:

$$F_{VZTLAK} = \frac{1}{2} CS\rho v^2, \tag{1}$$

kde ρ je hustota vzduchu, S je obsah rotorového disku, v je rychlost, C koeficient vztlaku (obvyklé hodnoty jsou 1 až 2). Předpokládejme, že F_{VZTLAK} se přibližně rovná F_G (tíhová síla působící na vrtulník). Uvažujme dále klasickou aerodynamiku [3]. Zatížení rotoru je rovno střednímu tlakovému rozdílu na rotor a jedná se o takzvaný dynamický tlak:

$$\Delta p_R = \frac{F_G}{S} = \frac{F_G}{\pi R^2}, \tag{2}$$

kde R je poloměr rotorového disku (délka jednoho listu rotoru)

Spojením vztahů (1) a (2) lze vyjádřit v (3), rovnoměrnou rychlost pohybu vrtulníku (pozn.: počítáme vertikální rychlost, nikoli to jakou rychlostí se vrtule otáčí, pokud nás zajímá rychlost listu rotoru, tak se pohybuje v rozmezí 0,5-0,8 Mach, viz výše):

$$v = \sqrt{\frac{2F_G}{CS\rho}} = \sqrt{\frac{2\Delta p_R}{C\rho}} = \sqrt{\frac{2F_G}{C\pi R^2 \rho}} \tag{3}$$

Můžeme také spočítat, jakých maximálních otáček může rotor dosáhnout při maximální doporučené obvodové rychlosti otáčení rotorového listu. Ta by neměla přesáhnout výše uvedenou rychlost 0,8 Mach, aby při letu vrtulníku nedošlo u postupných listů rotoru k překonání rychlosti zvuku ve vzduchu (ustupující listy se pohybují nižší rychlostí). V důsledku toho by na nich vznikal slabý vztlak, což by mělo za následek velmi nestabilní let vrtulníku [4]. Můžeme tak spočítat mezní otáčky rotoru n_R:

$$v_R = \omega R = 2\pi f R = 2\pi \frac{n_R}{60} R$$

$$n_R = \frac{60 v_R}{2\pi R}, \tag{4}$$

kde v_R je obvodová rychlost listu rotoru v rozmezí 0,5-0,8 Mach, R je poloměr rotorového disku (délka jednoho listu rotoru). Hodnota n_R obvykle uvádí počet otáček za minutu, proto ve vztahu (4) a o řádek výše násobíme, resp. dělíme 60.

Pokud se podíváme do světa cenově dostupných dronů, můžeme zvolit *Parrot Rolling Spider* jehož parametry jsou: počet nosných rotorů: n = 4, hmotnost m = 55 g (65 g s příslušenstvím), průměr jednoho rotoru: D = 55 mm, rozteč rotorů L = 85 mm. Parametry baterie jsou: typ: *MH47825*, výrobní technologie: Li-Pol, výstupní napětí: U_{JMEN} = 3,7 V, výstupní proud: I_{JMEN} = 550 mA, výstupní výkon: P_{JMEN} = 2 W.

Ze zadaných hodnot můžeme pomocí vztahu (3) vypočítat rychlost rovnoměrného vertikálního pohybu dronu v (pozn. oproti vztahu (3) je zde přidána veličina n, která udává počet rotorů, pokud má vrtulník jenom jeden nosný rotor je n = 1):

$$v = \sqrt{\frac{2F_G}{C\pi R^2 \rho n}} = \sqrt{\frac{2mg}{C\pi R^2 \rho n}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0{,}055 \cdot 9{,}81}{2 \cdot \pi \cdot 0{,}0275^2 \cdot 1{,}2759 \cdot 4}} = 6{,}67\mathrm{m/s}$$

Pokud chceme zjistit maximální počet otáček jednoho rotoru, budeme vycházet z toho, že maximální obvodová rychlost konců listů rotoru může být v_R = 0,8 Mach = 272 m/s, délka listu je poloměrem rotoru R = 27,5 mm = 0,0275 m, hodnota C bývá většinou rovna 2 [3]. Tyto hodnoty dosadíme do vztahu (4) a získáme n_{Rdron} = 94 451 ot./min. Tato hodnota otáček se může jevit jako velmi vysoká, ale když dosadíme do téhož vztahu (4) hodnoty, které přísluší vrtulníku *Mil Mi-26* (ruský, největší sériově vyráběný vrtulník), který má poloměr rotoru R = 16 m, tak vychází hodnota $n_{Rmi\text{-}26}$ = 162 ot./min., což je hodnota reálná. Například větrák do PC s rozměrem 120 mm mají kolem 1 200 ot./min., menší větráky kolem 2 500-4 500 ot./min., pokud spočítáme rychlost rovnoměrného vertikálního pohybu na v = 23,14 m/s.

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 56\,000 \cdot 9{,}81}{2 \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot 1{,}2759}} = 23{,}14 m/s$$

Specifická hustota energie baterie dronu

Specifická hustota energie baterie udává, jak velká energie připadající na jednotku hmotnosti je akumulována v baterii. Jednotka je tedy Wh/kg. S tím souvisí také výkon připadající na jednotku hmotnosti, který můžeme z baterie získat. Jednotkou v tomto případě je W/kg.

V dronech se nejčastěji používají Li-ion akumulátory a to hlavně pro svoje malé rozměry a hmotnost. Tedy kvůli relativně velké specifické hustotě energie a účinnosti se jmenovitým napětím 3,6 V. Nevýhodou je u tohoto tipu akumulátoru vyšší cena a klesající životnost baterie při hlubokém vybíjení [5].

Při porovnání různých druhů baterií zjistíme následující hodnoty [6]: Ni-Cd dosahují teoretické hustoty energie až 60 Wh/kg, ale pouze 30 Wh/kg praktické hustoty. Ni-Mh 70 Wh/kg teoretické a 50 Wh/kg praktické hustoty a Li-ion 500 Wh/kg teoretické a 200 Wh/kg praktické hustoty energie.

Můžeme tak zjistit, jakou hmotnost má samotný akumulátor. Pokud využijeme znalostí o tom, že baterie Li-Pol jsou založeny na jejich předchůdci Li-ion, které měly praktickou specifickou hustotu energie baterie cca 200 Wh/kg (teoretická je kolem 500 Wh/kg) dojdeme výpočtem k hmotnosti $m_{BATERIE}$ = 10 g.

Didaktický dopad do školské výuky

Cíl aktivity: Získání základních znalostí o podmínkách letu letadel a vrtulníků.

Doporučeno pro: 9. ročník základní školy nebo adekvátní ročník nižšího gymnázia, 1. ročník vyššího gymnázia

Doporučená délka aktivity: 45 minut

Doporučená fáze výuky pro aktivitu: expoziční nebo fixační

Jak může model přispět k modernizaci metod výuky: Aktivita je komplexní povahy, je tedy v ní shrnuto více partií fyziky (mechanika, elektřina). Je ovšem důležité s žáky důsledně probrat teoretický základ a následně jej doplnit reálnou ukázkou, díky které si žáci upevní vědomosti a dovednosti získané během teoretického výkladu. V tomto případě zasadíme aktivitu do fixační fáze vyučovací hodiny nebo vyučovacího celku.

Můžeme ovšem nejdříve provést práci reálným experimentem a následně po žácích můžeme požadovat alespoň popsání situace z hlediska fyzikálních principů. Tento postup by na víceletém gymnáziu (adekvátní ročník 9. ročníku ZŠ) již mohl být možný, neboť předpokládáme, že žáci zde již dosáhli určitého stupně abstrakce. Stále se ale bude jednat spíše o kvalitativní popis situace než kvantitativní.

Nicméně úplné pochopení zkoumaného jevu se však nemusí dostavit ihned, ale až následně, v některé z dalších hodin, kdy bude učitelem upřesněno fyzikální pozadí problému.

Určitě bychom ale nejdříve měli nechat žáky, aby se pokusili sami popsat co se vlastně fyzikálně „děje“ a až poté jim předložit správné řešení. To platí bez rozdílu stupně školy, tedy jak pro základní školu, tak pro gymnázium.

Závěr

Celý problém letu vrtulníku je ovšem mnohem složitější, neboť se do něj projevují další faktory, které jsme při našich výpočtech nezahrnuli. Například to, v jaké je vrtulník nadmořské výšce (což způsobuje změnu hustoty vzduchu), jak vysoko je vrtulník nad zemí (chování a následné ovlivňování okolního vzduchu), jaká je geometrie listů rotoru, tvar těla (draka) vrtulníku. Některé z těchto úvah jsou již nad rámec učiva základní školy, ale učitel by měl žáky s nimi alespoň částečně seznámit, minimálně na ně upozornit.

Aktivitě jsme se aktivitě věnovali s žáky 9. třídy v rámci přípravy na přijímací zkoušky na střední školy. Žáci sami některé části aktivity navrhli, protože doma dron měli a sami s nimi experimentovali. Teoretická příprava byla ponechána jako domácí. Časová náročnost byla cca 45 minut. Nutno podotknout, že matematicky žáci situaci nepopisovali, to bylo již nad jejich možnosti.

Jak vidíme, tak dopravní prostředky jsou, co se týče fyzikálního vzdělávání bezednou studnicí úloh, poznatků, úvah a aplikací které může učitel adekvátně ve školské výuce využít. Výhodou je to, že žáci tyto prostředky zpravidla znají z běžného života nebo je alespoň někdy viděli a nejsou to pro ně již pouze abstraktní pojmy jako „těleso o hmotnosti 1 250 kg“. Navíc například při jízdě na lodičkách nebo na jízdním kole mohou žáci mnoho teoretických znalostí z fyziky aplikovat pro zvýšení svých sportovních výkonů v praktickém životě.

Literatura

[1] NĚMEC, Adam. Červenec přinesl rekordní počet požárů. Zahynulo při nich dvacet lidí. IDNES.cz [online]. 2015 [cit. 2015-08-27]. Dostupné z: http://zpravy.idnes.cz/rekordni-pocet-pozaru-v-cervenci-d4u-/domaci.aspx?c=A150803_121943_domaci_ane

[2] BRAIN, Marshall a William HARRIS. How Helicopters Work. *HowStuffWorks.com* [online]. 2015 [cit. 2015-08-27]. Dostupné z: http://science.howstuffworks.com/transport/flight/modern/helicopter3.htm

[3] RÜHENBECK, Christian. Hubschrauber und Fliegen. *PHYSIK in der Schule*. 2015, (2): 47-49.

[4] FYZMATIK,. Může vrtulník letět rychlostí větší než 400 km/h? *FYZMATIK.píše* [online]. 2010 [cit. 2015-08-27]. Dostupné z: http://fyzmatik.pise.cz/388-muze-vrtulnik-letet-rychlosti-vetsi-nez-400-km-h.html

[5] DVOŘÁK, Petr. Akumulace elektřiny. *TZB-info* [online]. 2011, 2011-05-09 [cit. 2015-08-27]. Dostupné z: http://oze.tzb-info.cz/7435-akumulace-elektriny

[6] KOZIBÍK, Libor. Technický pokrok v oblasti akumulátorových baterií. [online]. 2013 [cit. 2015-10-15]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/data-ftp-user/konference/2013/emob/07-amper-2013-pemb-kozubik-ibm.pdf

[7] KUSSIOR, Zdeněk. Často kladené otázky ohledně leteckých motorů. *LeteckeMotory.cz* [online]. 2009, 2009-03-26 [cit. 2015-08-27]. Dostupné z: http://www.leteckemotory.cz/teorie/faq.php

Pokusy s tzv. fosforescencí: Setrvalá luminiscence jako termoluminiscence při ambientní teplotě

JAN VALENTA
katedra chemické fyziky & optiky, Matematicko-fyzikální fakulta UK v Praze

Světlem vybuzená luminiscence s velmi pomalým dohasínáním (již můžeme běžně pozorovat na ciferníících, bezpečnostních ukazatelích, hračkách či nočních světélkách) se často označuje jako *fosforescence*. Ve skutečnosti se jedná o „setrvalou“ luminiscenci s dobou života v řádu sekund, minut i více, zatímco fosforescence správně označuje pomalé vyhasínání luminiscence vybuzených organických látek s dobou života „pouze“ v řádu μs či ms. Moderní setrvale-luminiskující materiály jsou založeny na komplexních anorganických materiálech dopovaných prvky vzácných zemin jako Eu nebo Nd. Excitované elektrony se zde zachycují v pastech, ze kterých se pak zvolna uvolňují díky tepelným kmitům a dlouhodobě dodávají energii ke vzniku luminiscence. Jedná se *de facto* o *termoluminiscenci za pokojové* (ambientní) teploty. V tomto příspěvku ukazuji, jak lze demonstrovat podstatu tohoto jevu a jak jej využít k zajímavým pokusům.

Úvod

Známý efekt tzv. *fosforescence* – pomalu vyhasínající emise (většinou nazelenalého světla) ze speciálního materiálu po jeho předchozím „nabití“ modrým či ultrafialovým světlem - můžeme běžně pozorovat na ciferníících hodin, bezpečnostních ukazatelích, hračkách či nočních světélkách. Ve skutečnosti tento jev není fosforescencí (tou označujeme pomalé vyhasínání luminiscence vybuzených organických látek skrze „zakázaný“ přechod (triplet-singlet) – doba života je zde v řádu μs až s) ale ***setrvalou (persistentní) luminiscenci*** s dobou života v řádu sekund, minut i hodin. Podstatou tohoto „světélkování“ je ***termoluminiscence za pokojové (ambientní) teploty***, jak si ukážeme níže.

Stojí za to věnovat jeden odstavec historické poznámce. Setrvalá luminiscence byla pravděpodobně první podrobně zkoumanou luminiscencí. Roku 1603 jeden prostý švec *Vincenzo Cascariolo* u italského města Bologna nasbíral na hoře Monte Paderno kousky baritu (síran barnatý $BaSO_4$), který pak žíhal (není známo, co ho vedlo k těmto pokusům). Výsledkem byl materiál nazvaný „Boloňský kámen“ (dnes víme, že to byl sirník barnatý s příměsí mědi BaS:Cu), který po nabuzení slunečním světlem vydával zpět oranžové „sluneční“ světlo [1]. Tento efekt obrovsky zaujal tehdejší alchymisty (Vincenzo na tom určitě něco vydělal) a tak se nám o tom zachovaly zprávy. Později se o systematické zkoumání luminoforů zasloužil zejména *Philipp Lenard* (*1862 Bratislava – +1947 Messelhausen; nositel Nobelovy ceny za fyziku 1905), který objevil výborný persistentní luminofor ZnS:Cu, po dlouhá desetiletí nejvíce prakticky využívaný materiál. Dnešní materiály ovšem využívají příměsi prvků vzácných zemin a dokáží viditelně svítit po mnoho hodin. Zřejmě nejrozšířenější je nyní materiál vyvinutý v japonské firmě Nemoto roku 1993 a prodávaný pod značkou

LumiNova [4]. Jde chemicky o $SrAl_2O_4$:Eu,Dy (hlinitan strontnatý s příměsí europia a dysprosia) [2]. Pátrání po nových, ještě lepších, materiálech pokračuje – vždyť možnost zadržovat a konzervovat energie (či suroviny) „přitékající“ nerovnoměrně, tak aby byly k dispozici v okamžiku potřeby, významně usnadňuje život lidstva. Bylo by krásné nachytat ve dne tolik světla, aby nám to stačilo ke svícení po celou noc.

Jak setrvalý luminofor funguje?

Setrvalý luminofor (SL) si můžeme zjednodušeně znázornit schématem uvedeným na obr. 1. Nosný materiál je pevná látka (směsný polykrystal) propustná pro viditelné světlo (v některých případech může absorbovat fialové nebo i modré paprsky). Absorbované fotony (někdy pohlcené skrze příměsová centra a s pomocí tepelných kmitů vyskočivší na vyšší energetické hladiny) vybudí elektrony do vodivostního pásu krystalu, takže se mohou pohybovat, až narazí buď na luminiscenční centrum (např. atom europia) a vysvítí se (většinou jako zelené světlo) nebo se zachytí v husté síti pastí (různě hluboké energetické jamky). Pasti jsou tak mělké a husté, že elektrony mohou mezi nimi přeskakovat pomocí energie tepelných kmitů krystalové mřížky, až nakonec skončí v luminiscenční centru a vysvítí se.

Obr. 1. Zjednodušené energetické schéma luminoforu SrAl2O4:Eu,Dy (LumiNovaTM).

Vlastnosti nejobvyklejšího setrvalého luminoforu

Jak bylo uvedeno výše, většina setrvale světélkujících předmětů v současnosti obsahuje látku LumiNova. Na obr. 2 uvádíme její spektrální charakteristiky naměřené v naší laboratoři. Maximum emise je v zelené oblasti kolem 520 nm a excitace je účinná od fialové oblasti na vlnových délkách kratších než 480 nm. V excitačním

[4] Pokud je autorovi známo, nelze setrvalý luminofor LumiNova získat přímo od výrobce v maloobchodním množství, ani snadno zjistit předem, které výrobky obsahují tento typ luminoforu.

spektru jsou dvě maxima kolem 365 nm a 410 nm, což ukazuje, že zejména zářivky jsou vhodné k excitaci těchto luminoforů díky UV a fialovým čarám ve výboji rtuti. Dále si povšimněme, že zelené, žluté až červené světlo (ovšem i infračervené záření atd.) nevyvolává luminiscenci v tomto materiálu a může být použito jako „neaktinické světlo“ při našich pokusech. My jsme využili červenou žárovku, jaké se dříve používaly při zvětšování klasických černobílých fotografií v temné komoře.

Poznamenejme, že změření emisního spektra by neměl být problém i při použití malých spektrometrů (jako Vernier nebo Avantes a Ocean Optics).

Obr. 2. Excitační a emisní spektrum luminiscenční vrstvy obsahující luminofor LumiNova. Spodní spektrum ukazuje emisi typické zářivky, jejíž UV a fialová čára (pocházející z výboje v plynu rtuti) spadá dobře do maxim excitačních pásů – na rozdíl od lumidek, jejichž krátkovlnný pás je až kolem 470 nm [3].

Pokusy dokazující teplotně závislý mechanismus setrvalé luminiscence

Velmi přesvědčivý experiment lze provést se dvěma stejnými vzorky SL a malou dewarkou naplněnou kapalným dusíkem – viz obr. 3. Postup pokusu je tento:

a) Nabudíme stejně oba vzorky (např. pod běžnou zářivkou),
b) pak vložíme jeden z nich do dewarky s dusíkem na několik minut (alespoň 5 min) a pozorujeme, že luminiscence zmizí (excitační energie „zamrzne“ – emise není možná),
c) po vyndání vzorku se jeho teplota postupně zvedá na pokojovou a emise se vrací,
d) po jisté době se emise obou vzorků vyrovnají a
e) nakonec emise dříve ochlazeného vzorku překoná tu ze srovnávacího vzorku, který ztrácel excitační energii i v době, kdy byl druhý vzorek zamrzlý.
Podobný pokus lze provést pomocí běžné chladničky a efekt bude dobře viditelný při době „zamrznutí“ 10 min a více (pokud bude v chladničce 7 °C či méně a v místnosti kolem 22 °C a více).

Pokusy s kinetikou vyhasínání a nasycení excitace

Doba vyhasínání setrvalé luminiscence byla charakterizována nejprve naší speciální spektroskopickou aparaturou s excitací diodovým laserem 405 nm. Vzorek stejného typu jako v předchozím odstavci (vrstva 3×3 cm) byl osvětlen fialovým laserem 405 nm po dobu 50 s a luminiscence byla měřena v postupně zvětšovaných intervalech po celkovou dobu asi 5,5 h.

Obr. 3. Pokus ukazující tepelnou aktivaci setrvalé luminiscence s dvěma vzorky luminiscenčních vrstev (3×3 cm). Obrázky (a) až (e) odpovídají výše uvedenému popisu experimentu. Na snímku (b) vidíme červené neaktinické osvětlení (levý srovnávací vzorek je zde přeexponován, aby bylo vidět do dewarky se zamrzlým, a tedy nesvítícím, vzorkem).

Na obr. 4a vidíme průběh luminiscence během zapnutí a vypnutí excitace. Nejprve luminiscence rychle vyskočí nahoru a pak ještě pomalu roste. Při našem experimentu nebylo zřejmě dosaženo úplného nasycení luminiscence (výrobce uvádí dobu nasycení asi 20 min při osvětlení 1000 lx Xe-lampou, což je poměrně silné osvětlení s výraznou UV a modrou složkou). Po vypnutí zase intenzita rychle spadne, jelikož dochází k vyhasínání normální luminiscence přímo vyexcitovaných center Eu. Zbylá intenzita tvoří jen několik procent z výchozí hodnoty a dohasíná pomalu. Průběh vyhasínání je poměrně komplikovaný – zpočátku je popsán mocninnou funkcí $t^{-1,5}$ (obr. 4b), což svědčí o širokém rozložení relaxačních časů (různě hluboká centra). V pozdějších časech se vyhasínání přibližuje exponenciální závislosti s charakteristickou dobou téměř 4 hodiny (obr. 4c)! Důležité je, že tvar spektra se po celou dobu pozorování prakticky nezměnil (obr. 4d), což znamená, že skutečně existuje pouze jeden typ emisního centra.

Jelikož popsané měření není snadno dostupné, pokusili jsme se navrhnout jednoduchou alternativu, kterou mohou snadno aplikovat studenti. Použili jsme samolepící luminiscenční pásek (prodávaný jako bezpečnostní označení), který byl při excitování postupně zakrýván po jedné minutě černým papírem (jako se kdysi dělali zkoušky expozice při zvětšování fotografií). Pak se nechal 2 min potmě (aby odeznělo počáteční rychlé vyhasínání) načež byl vyfocen digitálním fotoaparátem (obr. 5a).

Ze snímku pak byla vzata vrstva zelené barvy a vytažen horizontální profil intenzity (obr. 5c). Na obr. 5d je pak porovnáno vyhasínání změřené oběma metodami, které přibližně souhlasí. Autor se domnívá, že rozdíl průběhu vyhasínání je způsoben různým zdrojem a intenzitou nasvícení (laser 405 nm 0,13 W/cm^2 po dobu 50 s vs. zářivka ~0,1 mW/cm^2 po 5 min) a tím, že materiál nebyl excitací dostatečně nasycen - zřejmě různě hluboké pasti potřebují různou dobu ke svému zaplnění.

Nakonec bychom mohli zakrývací metodou studovat i časový průběh nasycení excitace při různém typu osvětlení. Můžete vyzkoušet.

Obr. 4. Charakteristiky vyhasínání luminoforu LumiNova: (a) průběh zelené emise při zapnutí a vypnutí excitace laserem 405 nm, (b-c) různé znázornění vyhasínání v log-log a log-lin škále, (d) stabilita tvaru luminiscenčního spektra. Detaily jsou uvedeny v textu.

Obr. 5. Kvantitativní vyhodnocení vyhasínání luminiscence pomocí digitální fotografie: (a) fotografie postupně zakrývaného luminiscenčního pásku, (b) uspořádání experimentu, (c) horizontální řez zelenou složkou fotografie, (d) výsledný časový průběh (tmavě zelené body) porovnaný se sofistikovaným měřením z obr. 4.

Zviditelnění neviditelného infračerveného záření

Další zajímavou aplikací setrvale luminiskujících materiálů je zobrazení infračerveného záření. Princip je prostý: nabudíme luminofor a necháme jej částečně vysvítit, a pak na něj soustředíme infračervené záření, které způsobí zahřátí a tím zrychlené uvolňování „zamrzlé“ energie, to znamená zesílení zelené emise (to vše provádíme, pochopitelně, potmě nebo za slabého neaktinického světla). Na obr. 6 je ukázána stopa infračerveného laseru 980 nm.

Obr. 6. Fotografie stopy infračerveného laseru (980 nm) na setrvale luminiskujícím papíře.

Zajímavé je, že tento efekt byl známý už v druhé polovině 19. století. Krásně je popsán v článku J.A. Theurera z roku 1888 pod názvem *fosforografie* [4]. Myšlenka pochází od *Edmunda Becquerela* z roku 1867, který ji použil k rozšíření spektroskopie do infračervené oblasti.

Stojí za to citovat nádherný Theurerův překlad popisu fosforografie od Becquerela: „*Paprsky méně lomivé, působící jako teplo, hledí uvésti látku fosforeskující v původní její stav, způsobujíce, by vyslala totéž množství světla v době kratší, než by byla vyzářila v prostoře temné. Méně lomivé paprsky nejsou tedy vlastně příčinou světélkování, ale mohou dočasně působiti na látky světélkující, před tím dennímu světlu exponované; po jisté době pak již účinku žádného nejeví. Shasnutí, jehož jsou příčinou, není tedy podmíněno ničím jiným, než urychlenou emissí světla proti stavu tomu, který by byl nastal za obyčejných poměrů po ozáření desky paprsky lomivějšími*.“

Fotografie zaznamenaná na setrvalý luminofor

Výše popsaná fosforografie nás inspirovala k pokusu zaznamenat na luminiscenční papír fotografii. K tomuto účelu byl zkonstruován aparát skládající se z černě natřené kartónové krabice opatřené jednočočkovým objektivem (ploskovypuklá spojka s ohniskovou vzdáleností asi 20 cm a průměrem 5 cm osazená do plastové trubky). Na zadní otevírací stěnu komory byl připevněn „fosforeskující“ papír velikosti A4. Expozice byla řízena krytkou umístěnou na objektiv. Obr. 7 ukazuje schéma aparátu a jeho umístění při expozici zkušebního snímku budovy děkanátu MFF UK. Výsledek pěti-minutové expozice a stejná scéna zachycená digitálním fotoaparátem jsou na obr. 7 c,d. Obraz je pochopitelně stranově obrácený jako v zrcadle. Vzhledem k citlivosti luminoforu jen k UV a modré složce světla, vychází zeleň listová černě a obloha velmi světle (je to obdobné jako u nesenzibilovaného černobílého filmu). S použitím filtru propouštějícího jen UV světlo by bylo možné získat UV fotografie.

Tento nový typ fotografie si autor dovoluje pojmenovat *charlotypie* na počest císaře Karla IV. jehož jméno nese jak místo, tak univerzita, kde tato fotografie vznikla (nebudeme tak sebestřední jako Daguerre nebo Fox Talbot, kteří měli fotografické techniky pojmenované po sobě). Konceptuálním umělcům pak navrhuji, aby tuto techniku použili jako vyjádření pomíjivosti paměti. Představuji si červeně nasvícenou galerii, kde pomalu vyhasínají obrázky nasvícené před otevřením galerie (případně občas „přepsané“ projekcí nových fotografií).

Obr. 7. Charlotypie: (a) Schéma kamery, (b) kamera při expozici, (c) exponovaná scéna, (d) výsledek 5 min expozice.

Typy kde hledat vhodné pomůcky

Předměty obsahující setrvalé luminofory jsou sice poměrně běžné, ale pro řadu pokusů potřebujeme především ploché stejnoměrné plochy. Existuje sprej s „fosforescenční“ barvou (obr. 8), kterou lze nastříkat na rovnou bílou plochu (doporučují třeba desky z lehčeného PVC (Hornbach)), ale počítejte s tím, že je třeba nástřik provést několikrát, jelikož barva příliš nekryje – takže výroba luminiscenčního stínítka tímto způsobem vyjde docela draho. Nakonec se jako zajímavá varianta ukázala sada „Světlohraní“ od firmy Albi, která obsahuje velké luminiscenční papíry a také „tužku“ s fialovou diodou a laserem [5]. Papíry lze koupit i zvlášť.

Obr. 8. Některé setrvale luminiskující pomůcky: (a) Sprej lze aplikovat na bílé desky z PVC (snadno dělitelné nožem) a případně překrýt bezbarvým lakem, (b) sada Světlohraní od Albi.

Shrnutí a závěr

Setrvalá luminiscence představuje velmi zajímavý jev, na kterém lze demonstrovat, jak se naše poznání vyvíjelo klikatými cestičkami a přitom se tvořilo zavádějící názvosloví, které, bohužel, přetrvává dodnes. Také přibývá otrockých či zcela chybných překladů anglických pojmů: V angličtině se často (bohužel) označují luminofory jako „phosphors“, což se pak přeloží slovem „fosfory“ a nepoučená veřejnost může nabýt dojem, že to obsahuje prvek fosfor (což je nebezpečná hořlavá či dokonce samovznětlivá látka). Výše uvedený sprej byl v obchodě označen cedulkou „fosforový sprej“! Pokud je autorovi známo neobsahuje žádná významná setrvale luminiskující látka fosfor (možná snad stopové množství nemající vliv na funkci).

Jev termoluminiscence, který je podstatou představených setrvalých luminoforů, není příliš prakticky významný s výjimkou jeho použití pro datování archeologických nálezů. Při tom se vlastně využívá excitace přirozeným radioaktivním pozadím. Artefakt, např. keramika, který leží pod zemí mnoho let, akumuluje defekty vytvářené radioaktivním pozadím a v nich se ukládá excitační energie. Když pak vědci objekt vyzvednou a ve speciálním zařízení pomalu zahřívají, mohou z detekovaného světla zjistit přibližné stáří objektu (metoda však vyžaduje náročné kalibrování) [6].

Kromě uvedených experimentů lze jistě vymyslet řadu dalších. Zajímavé je třeba využití setrvalé luminiscence k záznamu různých pohybů (jako např. [7]).

Literatura

[1] Lastusaari M. a kol.: *Eur. J. Mineral*. **24** (2012) 885-890.
[2] Matsuzawa T. a kol.: *J. Electrochem. Soc.* **143** (1996) 2670-2673.
[3] Valenta J.: *Pokroky MFA* **60** (2015) 89-104.
[4] Theurer, J. A.: *Čas. pěst. math. fys*. **17** (5) (1888) 208-226.
[5] http://www.albi.cz/hry-a-zabava/svetlohrani.

[6] Pelant I. a Valenta J.: *Luminiscence doma, v přírodě a v laboratoři*, Academia, 2014.
[7] Poláček L. a Navrátil Z., *Phys. Education* **49** (2014) 279-281.

Archimédes a jeho odkaz pro současnou výuku

KAMILA VÁŇOVÁ
Univerzita Hradec Králové, Přírodovědecká fakulta, Rokitanského 62, 500 03 Hradec Králové; kamila.vanova@uhk.cz

Archimédes je považován za jednoho z nejvýznamnějších vědců starověku. V příspěvku jsou uvedeny Archimédovy vynálezy a objevy. Nejen Archimédův zákon, ale také stomachion, postup pro nalezení těžiště, pískový počet a další. Dále jsou zde popsány možnosti propojení fyziky s dalšími předměty, např. s hudební výchovou, českým jazykem a dalšími.

1 Archimédes

Archimédes je považován za největšího matematika, fyzika a technika starověku. Narodil se kolem roku 287 př. n. l. v Syrakusách.

S Archimédovým životem je spojeno mnoho příběhů a pověstí. Asi nejznámější je pověst o tom, jak přišel na svůj nejznámější objev – Archimédův zákon, na který přišel při vstupování do lázně a potom běhal nahý po Syrakusách a volal: Heuréka. V další pověsti se mluví o zapalování lodí na dálku pomocí odražených slunečních paprsků od naleštěných štítů, které vojáci namířili na jednu loď. Tímto mýtem se i v dnešní době zabývají vědci a snaží se ho potvrdit nebo vyvrátit. Ke konci svého života se Archimédes podílel na obraně Syrakus proti Římanům. Vymýšlel katapulty, jeřáby s chapadly a berany proti útočníkům. Neví se přesně, co předcházelo Archimédově smrti. Všichni historikové shodně uvádějí, že jeho poslední slova byla: *„Noli tangere circulos meos!“* neboli „Nedotýkej se mých kruhů!“. Archimédes zemřel v 75 letech. Archimédovou smrtí se zabýval také Karel Čapek ve svém díle Kniha apokryfů. [1]

2 Seznámení s Archimédovými výsledky ve výuce

2.1 Určování pravosti zlaté koruny krále Hieróna

Podle dostupných pramenů [2] Archimédes zkoumal pravost královy koruny pokusem, kdy odměřoval objem vody, který vytekl z nádoby při ponoření tělesa. Zjistil, že při ponoření koruny vytekl jiný objem vody, než při ponoření zlatého kusu stejné hmotnosti jako měla koruna.

Pro další způsob určování pravosti koruny potřebujeme rovnoramenné váhy, korunu, kus zlata o stejné hmotnosti jako má koruna a dvě nádoby naplněné vodou. Korunu a závaží vyrovnáme na vahách. Následně je ponoříme do nádob s vodou. Nakloní-li se rameno vah na stranu, vyplývá z toho, že tělesa nemají stejnou hustotu.

2.2 Pokus na Archimédův zákon

Úkol: Změřit hustotu tělesa použitím Archimédova zákona. [3]

Pomůcky: Rovnoramenné váhy, váleček, závaží, kádinka s vodou.

Postup:

1. Vyvážíme váhy bez zátěže.
2. Na jedno rameno vah připevníme váleček, jehož hustotu budeme zjišťovat.
3. Na vzduchu vyvážíme váleček pomocí závaží, určíme celkovou hmotnost závaží m_1 a tedy i hmotnost válečku m, zapíšeme do tabulky.
4. Odebereme závaží a váleček ponoříme do kádinky s vodou.
5. Vyrovnáme váhy pomocí závaží (váleček je stále ponořený ve vodě), určíme hmotnost závaží m_2, hodnotu zapíšeme do tabulky.
6. Celý postup třikrát opakujeme. Výsledky zapisujeme do tabulky.

Obr. 1. Schéma pokusu na Archimédův zákon

Teorie: V prvním případě (obr. 1A), tj. při vyrovnání vah s válečkem ve vzduchu, platí rovnost tíhových sil:

$$F_G = F_{G1} \rightarrow mg = m_1 g \rightarrow \boldsymbol{m = m_1}$$

Ve druhém případě (obr. 1B), kdy je váleček ponořený ve vodě, působí na váleček vztlaková síla vody. Výslednou sílu působící na váleček získáme vztahem $F_G - F_{vz}$, na závaží působí síla F_{G2}.

$$F_G - F_{vz} = F_{G2} \rightarrow m_1 g - V\rho_v g = m_2 g \rightarrow \boldsymbol{V = \frac{m_1 - m_2}{\rho_v}}$$

Získali jsme výraz pro výpočet objemu ponořené části válečku.

Pomocí tohoto výrazu můžeme získat výsledný vztah pro výpočet hustoty tělesa:

$$\rho_t = \frac{m}{V} = \frac{m_1}{V} \rightarrow \rho_t = \frac{m_1}{\frac{m_1 - m_2}{\rho_v}} \rightarrow \boldsymbol{\rho_t = \frac{m_1}{m_1 - m_2} \cdot \rho_v},$$

kde ρ_v je hustota vody.

Měření č.	m_1 (kg)	m_2 (kg)	ρ_t (kg·m^{-3})	$\Delta\rho_t$ (kg·m^{-3})
		Součet:	$\sum \rho_t =$	$\sum \Delta\rho_t =$
		Aritmetický průměr:	$\overline{\rho_t} =$	$\overline{\Delta\rho_t} =$

Tab. 1. Výsledky měření

Kde $\overline{\rho_t}$ je střední hodnota hustoty tělesa, $\overline{\Delta\rho_t}$ je odchylka měření a $\delta\rho_t = \frac{\overline{\Delta\rho_t}}{\overline{\rho_t}}$ je relativní odchylka.

Závěr: Hustota tělesa je $\rho_t = \left(\overline{\rho_t} \pm \overline{\Delta\rho_t}\right)$ kg·m^{-3}. Měření bylo provedeno s použitím Archimédova zákona s přesností $\delta\rho_t$ %.

2.3 Nalezení těžiště pomocí svislých těžnic

Úkol: Nalezni těžiště nepravidelného tvaru vystřiženého z kartonu využitím svislých těžnic. [4]

Pomůcky: Tvrdý papír, tužka, nůžky, pravítko, jehla (špendlík), nit se závažím.

Postup:

1. Na karton nakreslíme požadovaný tvar a vystřihneme ho.
2. Na okraji tělesa vytvoříme dírky, aby se mohlo zavěsit na vodorovně umístěnou jehlu a volně se houpalo.
3. Zavěsíme těleso na provázek se závažím na vodorovně umístěnou jehlu a označíme si svislou těžnici (určenou provázkem, Obr. 2). Pomocí pravítka těžnici na tělese zvýrazníme. Poznačíme si aspoň tři svislé těžnice.
4. Na tělese vyznačíme těžiště. Podepřením tělesa v těžišti zkontrolujeme, zda jsme měřili správně.

Obr. 2. Nalezení těžiště

U panáčka vyšlo těžiště v místech, kde má těžiště člověk. Na tento pokus můžeme navázat cvičením, která jsou založená na umístění těžiště u člověka.

- Postavíme se zády ke zdi, patami se dotýkáme zdi. Nedokážeme se předklonit, abychom se dotkli země, aniž bychom spadli.
- Postavíme se bokem ke zdi tak, abychom se o zeď opírali nohou i ramenem. Druhou nohu nedokážeme zvednout.
- Sedneme si na židli, nohy máme v kolenou ohnuté do pravého úhlu. Nedokážeme se z ní zvednout, aniž bychom se nepředklonili.

2.4 Stomachion

Stomachion je skládačka, která se skládá ze 14 dílků (Obr. 3). Dílky vznikly rozdělením čtverce. Z těchto tvarů je možné složit opět čtverec nebo různé tvary, připomínající například lidské postavy, zvířata nebo předměty.

Žáky můžeme seznámit se stomachionem tak, že jim dáme jednotlivé dílky a obrys tvaru, který je možné z dílků sestrojit (Obr. 4). Děti se tak procvičí v řešení problému a vyzkouší si svou představivost.

Obr. 3. Stomachion

Využití stomachionu v hodinách matematiky. Můžeme zadat žákům slovní popis konstrukce stromachionu, aby ho přepsali pomocí geometrického zápisu nebo aby ho podle geometrického zápisu narýsovali.

Obr. 4. Možnosti složení stomachionu [5]

2.5 Ustájení dobytka

Podle řešení Archimédova Problému dobytka byl počet Héliova dobytka na Sicílii údajně $7{,}760 \cdot 10^{206\,544}$. Můžeme vypočítat, zda je možné, aby byla všechna zvířata ustájena na Sicílii (rozloha Sicílie je 25 703 km^2). Předpokládejme, že jedno zvíře potřebuje na ustájení 2 m^2 plochy ostrova.

Maximální počet býků a krav, které se vejdou na Sicílii, je $1{,}285 \cdot 10^{10}$, tj. 12,85 miliard. Všechna zvířata by se tedy na Sicílii nevešla.

Dále můžeme zkusit vypočítat, kolika-patrové stáje by Hélios pro své stádo na Sicílii potřeboval, aby ustájil všechna zvířata. Vyjde nám, že stáje na ustájení všech zvířat na celé Sicílii by musely mít $6{,}039 \cdot 10^{206\,534}$ pater.

2.6 Pískový počet

Archimédes řešil, kolik zrnek písku vyplní celý vesmír. Můžeme vypočítat hmotnost tohoto písku. Archimédes určil, že vesmír zaplní 10^{51} zrnek jemného písku.

Předpokládejme, že zrnko písku má průměr 0,06 mm a váží 3 µg. Celkovou hmotnost písku můžeme získat z jednoduché rovnice $m = 10^{51} \cdot 3 \cdot 10^{-9}$. Nebo použitím trojčlenky. Z obou možných způsobů výpočtu získáme výsledek: Celková hmotnost písku, který zaplní celý vesmír, je $3 \cdot 10^{42}$ kg.

Pro porovnání můžeme uvést známé hmotnosti těles:

- hmotnost Slunce … $2 \cdot 10^{30}$ kg
- celková hmotnost těles Mléčné dráhy … $2 \cdot 10^{42}$ kg

3 Propojení fyziky s dalšími předměty na školách

3.1 Fyzika a hudební výchova

Pro propojení hodin fyziky s hodinami hudební výchovy můžeme použít písničky, které jsou známé a běžně k sehnání, např.:

- *Archimédův zákon* – M. Šimek, J. Grossmann
- *Archimédes* – M. Eben
- *Zum zum II* – P. Dobeš

K písničkám je možné vytvořit pracovní listy. V písničce Zum zum II se objevuje spousta jmen objevitelů a vynálezců i samotné objevy. Žáci se tak mohou seznámit se jmenovanými objeviteli a jejich objevy.

3.2 Fyzika a český jazyk

Hodiny českého jazyka je možné propojit s hodinami fyziky díky písničce Zum zum II a dále pomocí básniček.

Pro příklad jedna báseň na téma Archimédes [6]

Archimedův zákon

Těleso jsem do nádoby ponořil,
očím svým jsem ale vůbec nevěřil,
neb nebylo nadnášenou žádnou silou,
i když bylo obklopeno kapalinou!
Brzy jsem však na ten důvod přišel:
O těleso šlo reálných čísel!

Těleso reálných čísel můžeme žákům zjednodušeně přiblížit jako množinu, která obsahuje aspoň dva prvky a platí v ní operace sčítání a násobení.

Literatura a elektronické zdroje

[1] ŠTOLL, Ivan. Dějiny fyziky: kapitoly z dějin fyziky. Vyd. 1. Praha: Prometheus, 2009, 582 s., [16] s. barev. obr. příl. ISBN 978-807-1963-752.
[2] Galerie MEF. [online]. [cit. 2014-02-07]. Dostupné z: http://fyzika.jreichl.com/main.article/gallery/1425-archimedes-a-fyzika/folder/hustota_koruny.
[3] Archimeduv zákon, [online]. [cit. 7. 2. 2014]. Dostupné z: http://archimeduvzakon.chytrak.cz/pokusy/4.html.
[4] VÁŇOVÁ, Kamila. Archimédes a jeho odkaz pro současnou výuku matematiky a fyziky. Hradec Králové, 2014. Diplomová práce. UHK. Vedoucí práce prof. RNDr. Ivo Volf, CSc.
[5] Puzzle Playground – Stomachion Solution. [online]. [cit. 2014-01-01]. Dostupné z: http://www.puzzles.com/puzzleplayground/Stomachion/StomachionSol.htm
[6] CALDA, Emil. *Říkanky množinově nelogické.* Hradec Králové: KPÚ Hradec Králové, 1990.

Dva kouzelné kusy skla

JAN VESELÝ
Hradec Králové

Následující experiment a text může být inspirací k výuce optiky. Vychází z programu ***Světlo***, který nabízí žákům druhého stupně (7. až 9. ročník) základních škol a odpovídajících ročníků víceletých gymnázií Hvězdárna a planetárium v Hradci Králové. Stručná anotace programu zahrnuje „zatmění Slunce a Měsíce a příbuzné optické úkazy, jednoduché optické pokusy a optické přístroje“. Tento příspěvek vybírá z programu onen jednoduchý optický pokus.

1. Kouzlo

Pomůcky: 2× spojná čočka +2,25 D, 1× spojná čočka +10 D, 1× rozptylka -10 D, sada tubusů stočených z kartonu a slepených disperzním lepidlem.

Protože žáci těchto ročníků ještě nejsou obeznámeni s pojmy jako index lomu, až do 9. třídy neznají goniometrické funkce, a často neznají ani schémata geometrické optiky, probíhá seznámení s čočkami a funkcí dalekohledu formou „kouzelnického představení“ – experimentování se spojkami a rozptylkami. Protože program sleduje zpravidla nejméně 25, někdy však také 90 žáků, není možné, aby si experimentování vyzkoušeli všichni. Vždy je vybrán dobrovolník (dobrovolnice) coby kouzelníkův (lektorův) **asistent/ka**.

Budování představy o fungování čoček začíná tím, že asistent dostane do ruky spojnou čočku a má za úkol zhodnotit, zda čočka zvětšuje nebo zmenšuje. Zpravidla nejprve zkouší držet čočku před okem, prohlíží spolužáky v sále a „reklamuje“, že je všechno rozmazané. Po nápovědě, že se má soustředit na bližší předměty, například vlastní ruku, dojde ke správnému závěru, že čočka zvětšuje. Pokračuje se dotazem do pléna: „Jak říkáme čočce, která zvětšuje?“ Správnou odpověď **spojka** demonstruje asistent pokusem o nalezení obrazu – ten se nachází (v našem případě) ve vzdálenosti 444 mm od čočky (čočka tedy světelné paprsky „spojuje“). Na základě tohoto zjištění vytvoříme představu o veličinách **ohnisková vzdálenost**, **optická mohutnost** a jednotce **dioptrie** (D = 1/*f*).

Několika otázkami typu „Jakou ohniskovou vzdálenost bude mít čočka o optické mohutnosti dvou dioptrií?“ a obráceně „Kolik dioptrií (jakou optickou mohutnost) má čočka s ohniskovou vzdáleností 25 cm?“ procvičíme a ověříme pochopení zavedených veličin a jednotek.

Následuje stejný experiment se „zmenšující“ čočkou (žáci ji prohlásí za **rozptylku** a asistent zjistí, že ohniskovou vzdálenost nelze jednoduše změřit; optická mohutnost je záporná). Asistent zkoumá, zda „čočka, která zvětšuje, tedy spojka, zvětšuje více či méně, než zmenšuje čočka, která zmenšuje, tedy rozptylka“. Neboli, „která z čoček je silnější?“ Otázka je záměrně formulována takto nefyzikálně. Asistentův závěr zní, že „silnější“ je rozptylka.

Pak je plénu položen klíčový soubor otázek: „Co když dáme obě čočky za sebe? Máme-li „slabou“ spojku a „silnou“ rozptylku, budou obě dohromady zvětšovat nebo zmenšovat?“ Obvyklá odpověď zní, že zmenšovat. Asistent ověří, že pokud dá čočky těsně za sebe, celek opravdu zmenšuje. Pokud na to nepřijde sám, je kouzelníkem vybídnut, aby zkusil měnit pořadí a vzdálenost čoček. Dříve či později najde konfiguraci, jež dává zvětšený vzpřímený obraz – **Galileův** (holandský) **dalekohled**.

Kouzelník poté přidá tubus ze dvou papírových trubek (černobílý, aby evokoval kouzelnickou hůlku), asistent ověří, že trubky jsou opravdu prázdné. Na jeden konec je umístěna spojka a prohlášena za **objektiv**, na druhý konec rozptylka – **okulár**. Kouzelník demonstruje zaostření vzájemným zasouváním či vysouváním trubek s okulárem a objektivem, předá dalekohled asistentovi a ten jej nechá kolovat mezi spolužáky.

Teprve po tomto experimentálním úvodu je prezentováno schéma chodu paprsků dalekohledem (geometrická optika), na němž je vysvětleno „kouzlo“ – jak to, že tato kombinace čoček umožňuje pozorovat vzpřímený, zvětšený a neskutečný (pojem je žákům vysvětlen) obraz vzdáleného předmětu. Je prezentován vzorec pro výpočet zvětšení dalekohledu $z = f_{ob}/f_{ok}$.

Následuje výklad o historii objevení dalekohledu, který je pro žáky zestručněn na únosnou a srozumitelnou míru. Zde je uveden podrobnější výklad:

2. Historie dalekohledu

Vynález dalekohledu je doslova obestřen tajemstvím. Často je za vynálezce dalekohledu pokládán Galileo Galilei, ostatně typ čočkového dalekohledu předvedený v našem experimentu je nazýván častěji Galileovým než holandským. Galileo Galilei však dalekohled nevynalezl. Nejčastěji se v pramenech uvádí, že znal popis přístroje a zkonstruoval jej sám nezávisle na objevitelích, za něž jsou považováni holandští výrobci brýlí, přesněji čoček na čtení. Tradice, jejímž základem je obsáhlá monografie H. C. Kinga z roku 1955 [1], říká, že pravděpodobným vynálezcem dalekohledu byl **Hans Lippershey**, německý výrobce čoček usazený v holandském Middelburgu. Ten v září 1608 požádal o udělení patentu a státní zakázky na výrobu přístrojů Generální stavy v Haagu. Dne 2. října 1608 Lippershey zakázku skutečně získal (byla mu vyplacena záloha), ale prakticky současně se objevili konkurenční vynálezci – „neznámý mladý muž z Middelburgu“ [2] a **Jacob Adriaensz** (Metius) [2]. Úřad nakonec dospěl k závěru, že konstrukce přístroje je tak jednoduchá, že není hodna patentování, což spolu s faktem, že se k vynálezu hlásili i jiní, vedlo k tomu, že v prosinci 1608 byla Lippersheyho žádost o patent zamítnuta.

V roce 1655 pátral v Middelburském archivu a mezi pamětníky francouzský lékárník se zájmem o optiku Pierre Borel. Ten ve svém spise „*De Vero Telescopii Inventore*“ (1656) připisuje vynález dalekohledu **Zachariasi Jansenovi**, a to na základě svědectví jeho dětí – podle nich měl Jansen teleskop už v roce 1590, s jistotou v roce 1611 nebo 1619. Lze se domnívat, že Jansen mohl být oním „neznámým mladým mužem z Middelburgu“ uváděným v jiných pramenech.

V roce 1940 byl Middelburský archiv zničen při bombardování a následném požáru, takže k originálním pramenům se už vrátit nelze a „holandský příběh“ dalekohledu tak zůstane navždy zahalen rouškou tajemství.

Z mnoha dalších historických pramenů však vyplývá, že přístroj, v němž jsou vzdálené předměty vidět zvětšené či přiblížené, byl znám už na konci 16. století. Některé odhady jdou až k roku 1570. Juan Roget údajně prohlásil v roce 1609, že sám vynalezl dalekohled dříve než Holanďané. Pramen [3] uvádí toto tvrzení jako citát z knihy Girolama Sirtoriho *Telescopium* (1618), jiné prameny citující Sirtoriho však toto tvrzení neobsahují. Pramen [3] rovněž uvádí jako nejstarší zmínku o dalekohledu větu o tom, že 10. dubna 1593 Don Pedro de Carolona poslal manželce „*a long eyeglass decorated with brass*“, připouští však, že mohlo jít o lupu s dlouhým držadlem.

Zdá se, že dalekohled, postupem předvedeným v našem experimentu, sestrojila řada výrobců čoček v různých zemích nezávisle na sobě. Přístroj však byl považován za hračku či kuriozitu. Teprve když kvalita čoček dosáhla takové úrovně, že jejich vzájemná kombinace dávala přijatelně ostrý obraz s dostatečně velkým zorným polem, objevil se vojenský potenciál vynálezu, jejž nejdříve využili holandští obchodníci. Ze stejného důvodu současně s dalekohledem vznikl drobnohled, jehož vynalezení je připisováno jednomu z kandidátů na titul vynálezce dalekohledu – Jansenovi.

3. Galileo Galilei

Význam Galilea Galileiho tkví především v tom, že původně vojenský a (neúspěšně) utajovaný vynález namířil na oblohu. Nejprve pozoroval Měsíc a objevil krátery a hory – zjistil, že Měsíc je těleso ne nepodobné Zemi. Objevil Jupiterovy Měsíce, pozorováním fází Venuše dokázal, že Venuše, potažmo Země musí obíhat okolo Slunce (pravdu mají Koperník a Kepler), v Mléčné dráze rozlišil hvězdy. Způsobil, že se astronomie stala součástí fyziky, tedy astrofyzikou. Vývoj astrofyziky za 400 let od Galileiho revolučního počinu mapuje dokumentární film *Astronomické oči* (Eyes on the Skies) (2009) dostupný zdarma online [5], jejž je možné využít ve výuce fyziky. Film je v anglickém znění, k dispozici jsou české titulky.

Galileo Galilei je také spojen se zavedením termínu „teleskop“, i když ani v tomto případě zřejmě není autorem. Podle [3] toto značení „*vytvořil 14. dubna 1611 princ Frederick Cesi při recepci, na níž Galileo Galilei demonstroval jeden ze svých přístrojů.*“

V programu Světlo, jehož součástí je výše uvedený experiment a (stručnější) historický výklad, následuje demonstrace modelu tzv. **Keplerova dalekohledu**, v němž je coby okulár použita spojka, a jehož výhodou je, že obraz je sice převrácený, ale skutečný – nachází se vně dalekohledu, je možné fotografovat a promítat, tedy například bezpečně pozorovat Slunce. V kupoli je pak předveden zrcadlový, tzv. **Newtonův dalekohled** a moderní katadioptrické (čočkozrcadlové) dalekohledy s výkladem o světelném zisku a důležitosti průměru objektivu (přesněji plochy vstupní pupily) pro pozorování slabých a vzdálených vesmírných objektů.

Závěr: Provedli jsme „objevný“ experiment, který atraktivní formou přiblížil žákům princip fungování jednoduchých optických prvků (čoček) a přístrojů. Užití schémat a

vzorců z geometrické optiky se pak jeví přirozeným způsobem vysvětlení výsledku provedeného experimentu a díky tomu je žáky vstřícněji přijímáno. Výklad historie dalekohledu má především motivační a odlehčující účel, ale současně slouží k ukázání toho, že Galileův (vynalezli všichni jmenovaní v čele s neznámým géniem z konce 16. století), Keplerův (vynalezl Christoph Scheiner) a Newtonův (vynalezl Niccolò Zucchi) dalekohled vedly k prudkému rozvoji astrofyziky, potažmo poznání vesmíru a našeho postavení v něm.

Literatura:

[1] KING, Henry C. *The History of the Telescope*, Griffin, London, 1955 [online]. dostupné na www: <https://books.google.cz/books/about/The_History_of_the_Telescope.html?id=KAWwzHlDVksC&redir_esc=y>

[2] ZUIDERVAART,Huib J. *The 'true inventor' of the telescope. A survey of 400 years of debate* in Origins of the Telescope, pp. 9 –44, Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, 2010 [online]. dostupné na www: <http://www.dwc.knaw.nl/wp-content/HSSN/2011-12-Origins.pdf>

[3] BBC NEWS. *Controversy over telescope origin*. BBC, London, 2008 [online]. dostupné na www: <http://newsvote.bbc.co.uk/mpapps/pagetools/print/news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/7617426.stm>

[4] POLASHENSKI, Michael J. *A Brief History of the Telescope and Ideas for Use in the High School Physics Classroom*, University of Hawaii, USA, 2001 [online]. dostupné na www: <http://www.ifa.hawaii.edu/~meech/mp/A_Brief_History.pdf>

[5] CHRISTENSEN, Lars L. *Eyes on the Skies*, (dokumentární film) ESA/ESO, Garching, 2009 [online]. dostupné na www: http://www.eyesontheskies.org/movie.php.html

Radiační pozadí na Zemi, v letadle a na oběžné dráze

VLADIMÍR VÍCHA
Gymnázium, Pardubice, Dašická 1083; ÚTEF ČVUT Praha
MARTIN KAPLAN
Student Gymnázia, Pardubice, Dašická 1083

Abstrakt

V příspěvku jsou prezentovány výsledky měření radiačního pozadí detektorem MX-10 na povrchu Země a v dopravním letadle a měření pixelovým detektorem stejného typu na družici. Z dlouhodobých měření bylo určeno složení radioaktivity při povrchu Země se zaměřením na stopy mionů. Radiační pozadí na Zemi je porovnáno s pozadím ve výšce, kde létají dopravní letadla, a byl také sestrojen graf závislosti toku částic ionizujícího záření v průběhu letu na lince Londýn – Praha. Můžeme se seznámit s vypočtenými hodnotami dozimetrických veličin na Zemi a v letadle. Změny toku částic ionizujícího záření zaznamenaných zařízením SATRAM na družici Proba-V v průběhu letu jsou vizualizovány v závěru příspěvku.

Úvod

Na minulých Veletrzích nápadů jsme mohli vidět možnosti pixelového detektoru MX-10 při detekci radioaktivity. Zabývali jsme se vizualizací a základními vlastnostmi ionizujícího záření přirozených i umělých zářičů. Nyní se zaměříme na zkoumání radiačního pozadí v různých výškách zemské atmosféry.

Radiační pozadí při povrchu Země

Položme si otázku, jak vypadá radiační pozadí například v našem obývacím pokoji, kde stráví rodina hodně času.

Detektor MX-10 jsme umístili tak, aby rovina čipu byla vertikálně (obr. 1) a provedli jsme osmiminutové měření.

Měření proběhlo v Pardubicích v přízemí rodinného domku. Integrální snímek měření vidíme na obr. 2.

Obr. 1. Měření detektorem MX-10 s čipem ve vertikální poloze.

Obr. 2. Radiační pozadí naměřené v obývacím pokoji. Doba expozice byla 8 minut.

Obslužný program Simple preview rozlišuje stopy ionizujících částic na obr. 2 do čtyř kategorií. Velká kruhová stopa při dolním okraji je způsobená dopadem částice alfa. Tato radioaktivita pochází pravděpodobně z radonu nebo jeho dceřiných produktů.

Protáhlé a zakroucené stopy připomínající červíky jsou způsobené radioaktivitou beta.

Malé bodové stopy jsou způsobené nejčastěji radioaktivitou gama.

Stopy ve tvaru delších úseček program zařazuje do kategorie ostatní.

Chceme-li dobře určit procentuální složení jednotlivých typů radioaktivity, je třeba udělat měření s velmi dlouhou expoziční dobou. Provedli jsme dvě stohodinová měření a sestrojili graf na obr. 3.

Obr. 3. Zastoupení čtyř typů radioaktivity v radiačním pozadí obývacího pokoje. Celková doba expozice byla 200 hodin.

Vidíme, že převládá radioaktivita gama a beta, nejméně je zastoupena radioaktivita alfa. V následujících měřeních jsme se zaměřili na kategorii „Ostatní“, která má přibližně dvouprocentní zastoupení a v níž jsou započteny stopy tvaru delších úseček. Odkud pochází radioaktivita, která v čipu zanechává takové stopy?

Provedli jsme ještě jedno dlouhodobé měření, tentokrát s čipem v horizontální poloze. Na obr. 4 jsou snímky s dobou expozice 1 hodina a různou orientací čipu. Jaký vidíme rozdíl?

Obr. 4. Vlevo je hodinové měření s čipem ve vertikální poloze. Vpravo je hodinové měření s čipem v horizontální poloze.

Na obr. 4 vlevo je deset stop ve tvaru delší úsečky, zatímco vpravo podobné stopy chybí. Když si uvědomíme, že tloušťka čipu je 0,3 mm, tak z pravého obrázku lze usoudit, že částice, které způsobují „úsečkové stopy“, z míst nízko nad horizontem nepřicházejí. Tyto částice sice nezanechávají „úsečkové stopy“ v čipu orientovaném horizontálně, ale zanechávají stopy, které detektor zařazuje do kategorie gama.

Obr. 5. Polární úhel dopadu. Jde o vzácnou stopu mionu, který letěl prakticky v rovině čipu. Čip byl ve vertikální poloze.

Úsečky na obr. 4 vlevo mají většinou směr blízký směru svislému. Částice asi pocházejí z prostoru nad naší hlavou a může jít o miony, které vznikají v sekundárních sprškách kosmického záření. Pro lepší vyhodnocení směrů dopadu sestrojíme histogram polárního úhlu dopadu. Pro každou stopu mionu o velikosti nejméně 20 pixelů jsme určili souřadnice krajních bodů úsečky a z nich vypočítali polární úhel (viz obr. 5). Tyto údaje sloužily k sestrojení histogramu polárního úhlu dopadu.

Obr. 6. Histogram polárního úhlu dopadu.

Ze statistiky 116 mionů vyplývá, že nejvíce mionů dopadlo z výšky 80° až 90°, zatímco z výšky do 10° nad obzorem nedopadly žádné miony. Chceme-li porovnat výsledky experimentu s teorií, musíme zabrousit do speciální teorie relativity, kterou vyučujeme na středních školách.

Studentům říkáme, že dilataci času potvrzuje detekce mionů při povrchu Země. Miony vznikají v atmosféře ve výškách několik kilometrů až desítek kilometrů po dopadu primárních částic kosmického záření. Miony jsou nestabilní částice, které se se střední dobou života τ_0 = 2,2 μs rozpadají na elektron, elektronové antineutrino a mionové neutrino. Po svém vzniku letí miony k Zemi téměř rychlostí světla. Miony jsou rychlé, ale jejich doba života je malá. Mohou tedy doletět, než se rozpadnou? Provedeme výpočet, ve kterém budeme předpokládat rovnoměrný přímočarý pohyb mionu rychlostí řekněme $v = 0{,}999c$ (ve sprškách se vyskytují i rychlejší miony).

Podle klasické fyziky uletí mion do svého rozpadu dráhu

$$s = v \cdot \tau_0 = 659 \text{ m}.$$

Na Zemi by tedy doletět neměl. My ale miony detekujeme. Provedeme relativistický výpočet s přihlédnutím k dilataci času.

$$s = v \cdot \frac{\tau_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 14\,750 \text{ m}$$

Tento výsledek již dává možnost mionům, které vznikly například ve výšce 10 km a letí svisle (úhel dopadu je 90°), doletět na povrch Země. Pokud ale mion letí blízko horizontu ve směru, kde je atmosféra „tlustší“ než 15 km (obr. 7), na Zemi nedopadne.

Obr. 7. Atmosféra je ve směru blízkém horizontu tlustší.

Tato teorie je v dobrém souladu s tím, co jsme naměřili. Můžeme ji ještě ověřit tak, že se vydáme za miony do vyšších vrstev atmosféry. Nabízí se měření v letadle.

Radiační pozadí v letadle

Následující měření byla provedena v září 2014 v letadle na lince Praha – Londýn a Londýn – Praha.

Obr. 8. Radiační pozadí měřené v letadle ve výšce přibližně 11 km nad Zemí s expoziční dobou 8 minut. Levý záznam byl naměřen s čipem ve vertikální poloze a pravý záznam s čipem v horizontální poloze.

Na obr. 8 je osmiminutový záznam měřený ve výšce 11 km nad zemí. Můžeme porovnat obr. 8 naměřený v letadle a obr. 2 naměřený na Zemi (doba expozice byla stejná). Lze učinit tři závěry.

1. Tok všech ionizujících částic je v letadle několikanásobně větší než na Zemi.
2. Stop způsobených miony je v čipu orientovaném vertikálně ve srovnání s měřením na Zemi podstatně více.
3. Stopy mionů se v malém množství vyskytují i v čipu orientovaném horizontálně.

Měření potvrdilo, že ve vyšších vrstvách atmosféry je mionů podstatně více než na Zemi, protože miony s menšími rychlostmi nestačily „vymřít“. Naměřili jsme také

malé množství mionů letících přibližně horizontálně, protože v těchto směrech není atmosféra tak „tlustá“ jako na povrchu Země.

Vedle vizualizace stop jsme v průběhu téměř celého letu provedli měření toku částic. Expoziční doba pro každý snímek byla nastavena na 10 s. Měření bylo zahájeno krátce po startu z Londýna a ukončeno krátce před přistáním v Praze. Závislost naměřeného toku na čase vidíme na obr. 9.

Obr. 9. Tok částic za 10 sekund v průběhu sedmdesátiminutového letu Londýn – Praha. Přibližně po půlhodině měření bylo měření z důvodu uložení dat na chvíli přerušeno.

Na průběhu zeleného grafu na obr. 9 dobře vidíme, jak po startu tok částic vzrůstá, po dosažení letové výšky se ustálí na určité střední hodnotě a před přistáním opět klesá. Pro srovnání jsou v grafu na obr. 9 zachycena modrou a červenou barvou dvě dlouhodobá měření pozadí na povrchu Země.

Můžeme učinit závěr, že v letové výšce 11 km je tok částic přibližně sedmkrát větší než na povrchu Země. Nabízí se otázka, zda není radiace pro posádku a cestující v letadle nebezpečná.

Pro vyhodnocení vlivu ionizujícího záření na látku, respektive lidský organizmus se používají radiologické veličiny.

Dávka $D = \frac{E}{m}$ $[D] = \mathrm{J \cdot kg^{-1}}$,

kde E je energie záření pohlcená látkou o hmotnosti m.

Dávkový ekvivalent $H = D \cdot Q$ $[H] = Sv$....sievert,

kde D je dávka a Q je jakostní faktor, který zohledňuje vliv různých druhů a energií ionizujícího záření na lidský organizmus.

Příkon dávkového ekvivalentu $H_p = \frac{H}{t}$ $[H_p] = \mathrm{Sv \cdot s^{-1}}$,

kde H je dávkový ekvivalent a t je doba expozice. Častěji používaná jednotka při měření radiačního pozadí je $\mu\mathrm{Sv \cdot h^{-1}}$.
Pro porovnání námi naměřených hodnot ročního příkonu dávkového ekvivalentu s oficiálními údaji jsme použili výsledky dostupné v [1]:

přirozené radiační pozadí H_p = 2 mSv/rok

lékařská vyšetření H_p = 1 mSv/rok

norma pro osoby pracující s ionizujícím zářením H_p = 50 mSv/rok

Nejprve jsme museli provést výpočet faktoru Q, který přesahuje rámec tohoto článku, proto uvedeme jen výsledky příkonu dávkového ekvivalentu:

přirozené radiační pozadí na Zemi H_p = 2 mSv/rok

přirozené radiační pozadí v letadle H_p = 63 mSv/rok.

Vidíme, že přirozené radiační pozadí na Zemi se shoduje s oficiálními údaji v [1]. Radiace v letadle je však přibližně třicetkrát vyšší a roční H_p přesahuje hodnoty normy dokonce i pro osoby pracující s ionizujícím zářením. Zároveň je ale třeba říci, že posádka nelétá ve výšce 11 km celých 365 dní v roce. Pokud by ročně nalétala 600 hodin, obdržela by dávkový ekvivalent 4,3 mSv. To podle [1] odpovídá jednomu rentgenovému vyšetření trávicího traktu.

A jak je to s cestujícími? Obdržený dávkový ekvivalent během letu Praha – Londýn a zpět byl přibližně 0,014 mSv. Vliv radiace na cestující můžeme tedy považovat za nevýznamný a obr. 9 spíše vypovídá o výborné citlivosti MX-10.

Radiační pozadí na oběžné dráze

Posádka letadel sice nelétá 365 dní v roce, ale posádka ISS pobývá na oběžné dráze souvisle řadu měsíců. Tato stanice létá přibližně ve výšce 400 km, kde není chráněna atmosférou a zde radiace bude jistě ještě silnější.

Pro mapování radiace na oběžné dráze bylo na družici Proba-V vypuštěnou ESA 7. 5. 2013 umístěno české zařízení SATRAM. Jde o pixelový detektor pracující na stejném principu jako MX-10, který připravili pracovníci ÚTEF ČVUT v Praze. Během letu měří detektor cyklicky snímky s expozicí 0,002 s, 0,2 s a 20 s a data se odesílají na ÚTEF, kde se zpracovávají. K těmto datům jsme dostali přístup.

Je třeba ještě zmínit, že družice létá po kruhové trajektorii ve výšce 820 km nad Zemí a její oběžná doba je 101 min. Mezi každými dvěma snímky na obr. 10 uplynul čas 38 s a družice uletěla vzdálenost přibližně 283 km.

Obr. 10. Měření radiačního pozadí na družici Proba-V. Bylo vybráno 6 po sobě následujících snímků s dobou expozice 0,2 s.

Na obr. 10a až 10f vidíme průlet pásem silné radiace. Na některých snímcích je tok částic až 200 000krát větší než tok se stejnou dobou expozice naměřený na Zemi. Místa se zvýšenou radiací se nacházejí v polárních oblastech (obr. 10), ale také nad jižním Atlantikem a Jižní Amerikou. Záznam toku ionizujících částic během jednoho obletu družice je na obr. 11.

Obr. 11. Tok částic za 0,002 s v průběhu 101 minut (jeden oblet Země).

Z dlouhodobého záznamu dat vznikla v ÚTEF mapa rozložení dávkového příkonu ve výšce 820 km nad Zemí (obr. 12).

Obr. 12. Mapa rozložení dávkového příkonu z dat SATRAM.

Modrá barva odpovídá nízkým a červená vysokým hodnotám dávkového příkonu. Mapa byla převzata z [2].

Mapa dávkového příkonu souvisí s magnetickým polem Země. Víme, že nabité částice přicházejí především od Slunce, ale i z celého vesmíru, a magnetické pole Země je stáčí do polárních oblastí. Zde mohou vyvolávat polární záře. Nemusí být však stáčeny jen do polárních oblastí. Velká červená skvrna na obr. 12 s nejsilnější a nejrozsáhlejší radiací se nazývá Jihoatlantická anomálie. Poskytuje nám informaci, že magnetické pole Země je zde deformované. Průlety Jihoatlantickou anomálií ve výšce letu družice by pro kosmonauty znamenaly vysokou zdravotní zátěž.

(1) *Úloha je ve skutečnosti složitější, protože ve sprškách vznikají miony o různých rychlostech.*

Literatura

[1] Broklová Z.: Učíme jadernou fyziku, ČEZ a.s., 2008

[2] Granja C.: Jihoatlantická anomálie vnitřního radiačního pásu Země. Vesmír 2014, roč. 93

[3] „Proba-V," ESA, [Online]. Dostupný z: http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Proba-V/. [Přístup získán 2. 8. 2015].

Fun with physics – hands on experiments in physics teaching

MICHAEL VOLLMER
University of Applied Sciences Brandenburg / Germany
Email: vollmer@fh-brandenburg.de

A number of hands-on experimented are described, some of them well-known, others maybe less known, which may be used in physics teaching. As most of the content has already been published, only a brief summary is given for each demo, followed by a short description with a selection of relevant references.

1) Stroop effect

The Stroop effect [1] describes a very old and well known phenomenon of interference in perception (see [2]). In detail, Stroop examined the effect of interfering color stimuli upon reading names of colors serially aloud. An experiment can easily be prepared by using a number of colors and the respective words and have them appear sequentially in a presentation. The audience/volunteer is asked to say aloud the name of the color of the words which themselves describe different colors (e.g. Fig. 1). You may be surprised how difficult this seemingly easy task is in practice – and this may be used to teach students never to completely trust their eyes and brains but to use objective measurement apparatus.

Fig. 1. A snapshot of a Stroop effect sequence in a presentation.

2) Karate for beginners

A wooden rod lies on two easily breakable objects, e.g. on two glasses, or two raw eggs. Hitting the rod in the middle very hard leads to breaking of the rod. Subsequently, the two parts fall down without damaging the supports. Fig. 2 shows a snapshot, recorded with a high speed camera [3] (more details, see [4, 5]).

Fig. 2. Snapshot of a high speed video sequence: a wooden rod is hit by a fast moving hand at its center. While breaking, the ends move upward such that the supports are not damaged.

3) The magic cork in the bottle

An example for another really surprising experiment uses a wine bottle (with cork) and a piece of very thin and light cloth, e.g. of silk. Whereas the empty bottle, which should be dry inside, and the cork are needed, the wine is not essential for the experiment. The cork is pushed inside the bottle and the task is to remove the cork from the inside of the bottle without destroying bottle or cork. The only equipment allowed is the silk cloth.

Fig. 3 depicts the set up for solving the problem. The silk scarf is pushed into the bottle with part of it still being outside (to be able to exert a force from outside). Then the bottle is moved to place the cork onto the silk such that tearing from the outside will result in the silk totally surrounding the cork. Then one just needs to tear the silk scarf outside, at the same time removing the cork (more details, see [5]).

Fig. 3. Set up to remove a cork from an empty bottle.

4) The roasting wrap: lung volume and how to win a respective competition

Roasting wraps are used to improve the cooking of food. The food is placed in an enclosure of plastic such as a plastic wrap in cylindrical form which may be closed at both ends. On the one hand one may study the thermodynamics within such plastic

wraps, here we just use the cylindrical plastic wrap for some experiments with gases. A competition is done in a two-step way. A volunteer is asked to have his lung volume tested. The empty cylindrical wrap is closed from one side by holding its ends together tightly with a hand (Fig. 4a). The other opening is held in the hand of the volunteer such that an entrance opening is formed into which the volunteer may exhale. He is then asked to take deep breaths of air and exhale five times into the opening – closing the opening in between each time. After exhaling the end is closed and the volume within the wrap is measured by sliding the hand along the axis of the wrap towards the other end while taking care to keep the wrap tightly closed. As a result, a length of inflated wrap can be measured with a ruler and from the known diameter of the wrap the lung volume can be computed.

In a second step, the teacher may say that he will be able to produce an even larger volume with just one time exhaling – instead of the five times from the volunteer (Fig. 4). He may indeed succeed if – while exhaling – the mouth is not completely covering the opening (as should have been the case for the volunteer). The reason is that additional air is streaming in. From a microscopic point of view, the rapidly moving exhaled breath molecules are colliding with adjacent molecules of the room air. The transferred momentum leads to the air flow into the wrap. This means that the viscosity of the air is important. One may also be tempted to explain the outcome qualitatively with the Bernoulli equation (without friction, i.e. not considering viscosity). The dynamic pressure is large where the exhaled air streams into the opening. Therefore the static pressure must be small, which leads to the additional air streaming in.

Fig. 4. (a) Wrap volume after lung test and (b) after letting additional air move into it while exhaling.

5) Measuring reaction times

Reaction times can be easily tested by students. Just hold a ruler and ask a volunteer to make a gap between his thumb and index finger with the ruler inside. The volunteer is asked to react and close the gap between the fingers as soon as the ruler is released. The falling distance is related to the total reaction time, i.e., the real reaction time until the brain has send information to the muscles and the following time need-

ed to close the gap. Similarly, reaction times of feet may be measured by having a gap between foot and a wall and letting the ruler fall (more details, see [5]).

Fig. 5. Measuring reaction times with hand or feet (after [5]).

6) Drinking from a height

It is surprising that humans can easily create a vacuum of about 500 hPa using their mouth (details, see e.g. [6, 7]). A five meter long transparent plastic tube with inner diameter of a few mm is prepared such that its lower end is in a container, e.g. with orange juice whereas the upper end is held in 5 m height by a person standing on a ladder. Sucking at the upper tube end leads to a rising liquid level of orange juice within the tube with – having some luck – will ultimately reach the mouth.

Fig. 6. Example of a person standing on a ladder and sucking orange juice to several meters height due to vacuum created with the mouth.

7) Strange behavior of superballs

Superballs are popular toys, partly also due to their special properties upon reflection (see Fig. 7). Due to their material properties a ball colliding with a wall will gain angular momentum, i.e. it rotates (see [4, 5] and refs. therein). Therefore, when such a ball is thrown at an angle towards the floor such that it can hit a table from below (Fig. 7), it will change angular momentum i.e. spin, twice and will be reflected back to where it came from.

Fig. 7. Schematic trajectories of a superball, thrown onto the floor and hitting a table from below.

8) The Christmas present

A nice way to present particularly expensive Christmas presents to the loved ones use the following physics magic. Attach the present, e.g. a bottle of Champagne, to one end of a string of around 2 to 3 meters length and a much smaller weight, e.g. a piece of soap to the other end. Ask two tall people to hold a slightly roughened metal or wooden rod above their heads with outstretched arms such that it is horizontal. Place the string above the middle of the rod such that the champagne is close to the rod and held the small object (the soap) at the end of the horizontal string (Fig. 8). Then let the soap go and observe what happens. The bottle should not hit the ground, i.e. will not be destroyed if the underlying physics works correctly. This experiment is useful when discussing accelerated linear and rotational motion as well as the exponentially increasing frictional forces of strings (ropes) if wound around rods.

Fig. 8. Set up for the falling Christmas present experiment.

9) The magic of time

The effects of the Lorentz force on cylindrical magnets falling in the vicinity of non-ferromagnetic metal tubes have already been described quite often (e.g. [8, 9]). The effect is more pronounced if an identically looking non-magnetic cylinder is used a second object: it falls much more rapidly through the tube, approximately following the laws of free fall without friction in air.

Fig. 9. A magnet (inner red cylinder) is falling in a non-ferromagnetic metallic tube.

10) Conductivity of a human chain

The resistance of dry skin can be very high (order 100 kΩ). As a consequence, tiny, yet detectable currents (order of micro-amps) will flow through the body when applying voltages of the order of several Volts (see e.g. [10]). Using sensitive instruments, even a chain of several people will easily transmit a detectable current (Fig. 10). This simple set up can be modified in a number of ways to include available electronic gadgets ([11]).

Fig. 10. Typical arrangement to demonstrate the conductivity of human skin

11) Observing phenomena in the near infrared spectral range

Human perception is limited to the visible spectral range between wavelengths of λ = 380 nm and λ = 780 nm. In contrast, Si-based sensors in cameras and camcorders have sensitivities extending to about 1100 nm. Using slightly modified regular digital cameras with Si-based detector chips one may perform several rather simple experiments for teaching the fascinating physics phenomena occurring at NIR wavelengths ([12, 13] and refs. therein). Fig. 11 depicts one example, demonstrating that water and red wine look much alike in the NIR.

Fig. 11. Water and red wine look alike in the near Infrared.

12) He voice

Inhaling helium gas and then speaking is an always exciting demonstration which – unfortunately – is not very simple to explain (e.g. [14, 15, 16]). The perceived pitch of the voice increases giving rise to a so called Mickey mouse voice. The explanation assumes that the frequencies of sound are produced by the larynx. What we perceive then depends on how this frequency spectrum is altered by the filtering due to the vocal tract. The filtering is described by so called formants. Their frequencies depend on geometry of the vocal tract. In brief, since geometry is unchanged, the wavelengths stay more or less the same when inhaling another gas. However the speed of sound changes which leads to an increase of the formant frequencies (Fig. 12).

Fig. 12. The formants (roughly indicated as colored bell shaped curves) governing the frequency spectrum of human voices change with inhaled gas. For Helium it increases (from blue to red), after ([14]).

13) Ring in chain

A nice example of physics magic involves a metal ring and a metal chain. The set up (see Fig. 13) is the following: the two ends of a chain of typical length one meter are connected such that it forms a loop which is placed over a hand. The ring is lifted outside of the chain ends and also held by the same or the other hand. One then needs to let the ring fall, such that it does not fall to the ground but stays within the chain. Details of the experiment including videos for download are described elsewhere [5, 17].

Fig. 13. Set up for the ring in chain magic.

Acknowledgment

I want to thank my colleague Klaus-Peter Möllmann from Brandenburg University of Applied Sciences. Most of these experiments were developed and performed together with him.

References

[1] Studies of interference in serial verbal reactions, J.R. Stroop, Journal of Experimental Psychology, IS, 643-662 (1935)

[2] Half a Century of Research on the Stroop Effect: An Integrative Review, C.M. MacLeod, Psychological Bulletin Vol. 109, No. 2,163-203 (1991)

[3] High speed—slow motion: technology of modern high speed cameras, M.Vollmer, K.-P. Möllmann, Physics Education 46/2, 191-202 (2011)

[4] Exploding balloons, deformed balls, strange reflections and breaking rods: slow motion analysis of selected hands-on experiments, M. Vollmer and K.-P. Möllmann, Phys. Ed. 46/4, 472-485 (2011)

[5] Low cost hands-on experiments for Physics teaching, M. Vollmer, K.-P. Möllmann, Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 6, Suppl. I, pp. 3-9 (2012). http://www.lajpe.org

[6] Vakuumphysik im Alltag: Physikalische Freihand- und Low-cost-Experimente , M. Vollmer, PhyDid 1/1, (2002) S. 19-32 , see www.phydid.de

[7] For the love of physics, from the end of the rainbow to the edge of time – a journey through the wonders of physics, p. 75 ff, W. Lewin, W. Goldstein, Free Press / New York (2011)

[8] Lenz's Law Magic Trick, M.J. Ruiz, The Physics Teacher 44, 96 (2006)

[9] Lenz's Law Demonstration Using an Ultrasound Position Sensor, P.S. Fodor, T. Peppard, The Physics Teacher 50, 344 (2012)

[10] Ch. Chiaverina, People Demos: Kinesthetic Physics Activities, p.78 in Z. Drozd (ed.) Veletrh Napadu Ucitelu Fyziky 15, Praha (2010)

[11] Music through the skin, M.Vollmer, K.-P. Möllmann, in preparation

[12] The Physics of Near-Infrared Photography, K. Mangold, J.A. Shaw, M. Vollmer, Eur. J. Phys. 34/6, S51-71 (2013)

[13] The optics and physics of near infrared imaging, M. Vollmer, K.-P. Möllmann, J.A. Shaw, in Education and Training in Optics and Photonics (ETOP) 2015, edited by Eric Cormier, Laurent Sarger, Proc. of SPIE Vol. 9793, 97930Z

[14] Physik des menschlichen Stimmapparats…, A.L. Moser, V. Nordmeier, H.J. Schlichting, Tagungsband Vorträge Didaktik der Physik, DPG-Tagung 1997, Berlin, p 486ff

[15] Helium Speech: An Application of Standing Waves, C.D. Wentworth, The Physics Teacher 49, 212 (2011)

[16] Helium and Sulfur Hexafluoride in Musical Instruments, K. Forinash, C.L. Dixon, The Physics Teacher 52, 470 (2014)

[17] Ring falling into a chain: no magic – just physics, M.Vollmer, K.-P. Möllmann, The Physics Teacher 49, 335-337 (2011)

Zkoumání kancelářského papíru

VOJTĚCH ŽÁK
Katedra didaktiky fyziky, Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy v Praze

V příspěvku je představeno několik námětů na žákovské experimenty, díky kterým je možné určit některé vlastnosti kancelářského papíru. Na základě jednoduchých měření a nenáročných výpočtů je možné určit např. plošnou hustotu, (objemovou) hustotu a pevnost kancelářského papíru. V příspěvku je také diskutováno, jak je možné dané aktivity zařadit do výuky na základních a středních školách (např. jako součást badatelsky orientované výuky – IBSE).

Úvod

Tento příspěvek by mohl splnit některá očekávání, která mají učitelé fyziky na základních a středních školách. Jedním z nich může být, aby navržené aktivity mohli provádět sami žáci, nejen učitel. Aby bylo vyhověno tomuto požadavku, jsou níže uvedené náměty koncipovány jako *žákovské experimenty*.

Dalším oprávněným požadavkem je, aby vybavení k experimentování bylo *finančně nenáročné*, a aby tedy mohli experimentovat žáci i ve dvojicích (příp. samostatně). Také tomuto bodu byla snaha vyhovět. Pokud jde o pomůcky, jsou kromě kancelářského papíru potřeba váhy (kuchyňské nebo přesnější zobrazující desetiny až setiny gramu), pravítko, posuvné měřidlo (není nutné), nůžky, izolepa, PET láhev, voda, kalkulačka a psací potřeby.

Jako učitelé často chceme, aby se námět do výuky věnoval *podstatného tématu* (ne velmi okrajové zajímavosti). Také v tomto nároku by mohl příspěvek obstát, protože fyzikálně se budeme zabývat tak základními a důležitými tématy, jako je měření délky, vážení, pojem hustota a převádění fyzikálních jednotek.

Jiným požadavkem bývá, aby se experimentování týkalo něčeho, co je *žákům blízké*. Můžeme spekulovat, jak blízký je žákům kancelářský papír, ale je faktem, že ho používají v každodenním životě, takže minimálně u některých žáků může jeho zkoumání vyvolat určitý zájem.

Experimentování v rámci badatelsky orientované výuky (IBSE)

V posledních letech bývá často upozorňováno na tzv. badatelsky orientovanou výuku. Ve stručnosti ji zde vymezíme a ukážeme, že je možné navržené aktivity pojednat v duchu tohoto přístupu.

Badatelsky orientovaná výuka přírodních věd (BOV, anglicky *inquiry-based science education, IBSE*) je vymezována různě, nicméně velmi stručně ji lze charakterizovat takto ([1], s. 40): Učitel „látku nevykládá“, ale je spíše průvodcem žáka při řešení daného problému a vede ho obdobným způsobem, který je běžný při skutečném výzkumu. Často se v této výuce formulují hypotézy, vymýšlí se metody řešení problé-

mů, experimentováním se získávají výsledky, ty se diskutují a dospívá se k závěrům. To umožňuje žákovi relativně samostatně a ve spolupráci s ostatními žáky aktivně získávat různé kompetence, znalosti a dovednosti (včetně komunikačních).

Z hlediska řízení výuky učitelem je možné IBSE nahlížet podle Tab. 1 (podrobněji [1], s. 40–41).

Tab. 1. Různé typy bádání v rámci IBSE z hlediska řízení učitelem (U – provádí učitel(ka), ŽŽ – provádějí žáci)

typ bádání	*formulování výzkumné otázky*	*promýšlení a volba metod výzkumu*	*Provedení výzkumu (experimentování)*	*formulování výsledků a závěru*
ověřující (potvrzující)	U	U	ŽŽ	U
strukturované	U	U	ŽŽ	ŽŽ
nasměrované	U	ŽŽ	ŽŽ	ŽŽ
otevřené	ŽŽ	ŽŽ	ŽŽ	ŽŽ

Je zřejmé, že žáci mohou být do výuky zapojeni různým způsobem (otevřené bádání vyžaduje v zásadě větší aktivitu žáků než ověřující bádání). U každého z níže uvedených námětů na experimentování s kancelářským papírem upozorníme na možnost zařazení do určitého typu IBSE.

Náměty na jednotlivé experimenty

Ověření plošné hustoty papíru

Tato aktivita může být uvedena následující *výzkumnou otázkou*: **Ověřte údaj 80 $\frac{\mathbf{g}}{\mathbf{m^2}}$ uvedený na balíku kancelářského papíru.** Z hlediska IBSE můžeme aktivitu koncipovat jako kombinaci *ověřujícího* bádání, kdy je znám výsledek, ke kterému se má dospět, a *nasměrovaného* bádání, kdy učitel(ka) formuluje výzkumnou otázku, ale nesdělí žákům metody, jak mají postupovat. V tomto bodě se aktivita bude zřejmě odlišovat od mnoha laboratorních prací, kdy žákům metody a postup práce učitel(ka) sděluje. Níže uvádíme typický (nikoli jediný možný) průběh na základě naší zkušenosti. V případě potřeby učitel vysvětlí nebo se žáky diskutuje význam údaje, který se má ověřit (další námět viz např. [2]).

Obr. 1. Převzato z obalu kancelářského papíru firmy Office Depot, Inc.

Typický průběh:

a) Žáci vezmou $1\ \mathrm{m}^2$ kancelářského papíru a ten zváží. Jeden list formátu A4 má obsah $S = 21\ \mathrm{cm} \cdot 29{,}7\ \mathrm{cm} = 623{,}7\ \mathrm{cm}^2$ (viz také Obr. 1). Protože $1\ \mathrm{m}^2 = 10\ 000\ \mathrm{cm}^2$, je třeba k seskládání $1\ \mathrm{m}^2$ kancelářského papíru (původní tloušťky) $\frac{10\ 000}{623{,}7} = 16$ listů formátu A4. Jsou-li k dispozici např. kuchyňské váhy (zobrazují typicky jednotky gramů), zvážíme na nich najednou všech 16 listů (většinou je třeba papíry přehnout apod.). Pokud máme přesnější váhy, můžeme zvážit jeden až dva listy a přenásobením dostaneme hmotnost opět přibližně 80 g (typicky mezi 79 g a 81 g).

b) Žáci postupují tak, že se od počátku pracuje jen s jedním listem formátu A4. Žáci si uvědomí následující přímou úměrnost: Jestliže $1\ \mathrm{m}^2 = 10\ 000\ \mathrm{cm}^2$ má mít hmotnost 80 g, pak jeden list A4 s obsahem $S = 623{,}7\ \mathrm{cm}^2$ musí mít hmotnost tolikrát menší, kolikrát je jeho obsah menší než $1\ \mathrm{m}^2$ (předpokládáme, že papír je homogenní). Očekáváme tedy, že jeden list A4 bude mít hmotnost $m = \frac{623{,}7}{10\ 000} \cdot 80\ \mathrm{g} = 5{,}0\ \mathrm{g}$. Vážením (zde jsou vhodnější váhy zobrazující desetiny nebo setiny gramu) se žáci přesvědčí, že je hmotnost jednoho listu A4 skutečně přibližně 5 g (typicky mezi 4,8 g a 5,2 g). To znamená, že je ověřen i údaj $80\ \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{m}^2}$.

Poznámka:

Bylo by samozřejmě možné tuto aktivitu koncipovat nikoli jako ověřování, ale jako určování „neznámé“ plošné hustoty papíru. Na druhou stranu výše prezentovaný přístup umožňuje žáky navést k poznání, že velkým přínosem přírodních věd a jejich metod je možnost ověřovat (verifikovat) různé uváděné údaje a hodnoty (ne jim jen věřit).

Určení hustoty papíru

Učitel(ka) může formulovat následující *výzkumnou otázku*: **Na základě měření určete hustotu kancelářského papíru.** Tuto aktivitu je možné pojmout jako *nasměrované* bádání, kdy učitel(ka) formuluje jen výzkumnou otázku a vše ostatní je na žácích.

Protože hustota (přesněji: průměrná objemová hustota hmotnosti) je definována jako podíl hmotnosti daného tělesa a jeho objemu, je třeba si nejprve zkoumané těleso vymezit. V zásadě jím může být buď jeden list A4 nebo více (výhodné jsou desítky) listů.

Typický průběh:

Pokud se žáci rozhodnou pro „papírové těleso tvořené několika listy“, mohou postupovat takto: Z listů je možné vyskládat kvádr, takže se dá jednoduše určit jeho objem. Obsah podstavy už známe, $S = 623{,}7\ \mathrm{cm}^2$, a výšku můžeme určit pravítkem (příp. posuvným měřidlem – „šuplerou“). Při použití pravítka je výhodné přidávat nebo ubírat papíry tak, aby byla výška kvádru co nejpřesněji několik celých mm. Žáci např. zjistí, že na 3 mm připadá 28 listů. Tento počet papírů zvážíme; na kuchyňských va-

hách jsme dostali 144 g. Pro hustotu pak dostáváme $\rho = \frac{m}{V} = \frac{144\ \mathrm{g}}{623{,}7\ \mathrm{cm}^2 \cdot 3\ \mathrm{mm}} =$ $= \frac{144\ \mathrm{g}}{187{,}11\ \mathrm{cm}^3} \approx 0{,}8\ \frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3} = 800\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$.

Poznámka:

Je možné postupovat obdobně, ale za zkoumané těleso vzít jen jeden list formátu A4. Jeho výšku (tloušťku) je nicméně vhodné i tak určit na základě měření tloušťky několika (přibližně alespoň deseti) listů posuvným měřidlem. Objemovou hustotu papíru lze určit také na základě již známé plošné hustoty a tloušťky jednoho listu jako $\rho = \frac{\sigma}{d} \approx \frac{80\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{m}^2}}{0{,}1\ \mathrm{mm}} = 800\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$.

Určení pevnosti v tahu kancelářského papíru

Tato časově i experimentálně nejnáročnější aktivita může být uvedena *výzkumnou otázkou:* **Na základě experimentu určete, jaký největší tah vydrží papír.** Také tuto aktivitu je možné pojmout jako *nasměrované* bádání.

Pojem „tah“ může být žákům zjednodušeně přiblížen jako „obrácený tlak“. Můžeme se opřít o intuitivní chápání rozdílu mezi pojmy „táhnout“ a „tlačit“. Z hlediska výuky fyziky patří *tah* a *pevnost v tahu* spíše na střední školu, ukážeme ale, že i na úrovni základní školy lze s těmito koncepty ve výuce pracovat (další námět viz např. [3]).

Obr. 2. Návrh uspořádání experimentu

Aktivitu můžeme začít motivačním experimentem, kdy uchopíme list kancelářského papíru do obou rukou tak, že prsty každé ruky (kromě palce) tlačí přes papír do dlaně a rukama se snažíme list papíru natáhnout. Typicky se nepodaří list takto roztrhnout a zjednodušený závěr tedy je, že papír je poměrně dost odolný.

Typický průběh:

Žáci většinou nejprve zaměřují pozornost k pojmu síla a až potom (často je třeba vedení učitele) přechází k pojmu tah (zjednodušeně podíl velikosti síly a obsahu průřezu papíru, na který síla působí). Ke zjištění velikosti síly, která papír ještě neroztrhne (právě roztrhne), je vhodné použít závaží, které se zavěsí na tenčí proužek papíru (k přetržení širokého kusu papíru by ani několikakilogramové závaží nemuselo stačit – viz motivační experiment).

Experiment je možné uspořádat podle obr. 2. Pruh kancelářského papíru rozstříhaný na proužky o šířce 2 mm je připevněn izolepou na jednom konci k desce stolu a na druhém z uzávěru PET láhve naplněné vodou, která slouží jako závaží. Nůžkami postupně přestříháváme jednotlivé proužky, až se zbývající proužky díky tíze láhve roztrhnou a láhev spadne. V našem případě, kdy měla láhev hmotnost přibližně 1 kg, se udržela ještě

na dvou 2mm proužcích, ale jeden proužek už neodolal a přetrhl se. Můžeme tedy velmi zhruba odhadnout, že se papír právě přetrhl při šířce 3 mm.

Experiment je vhodné provést několikrát a zkorigovat první výsledky. Nicméně přiměřenou ambicí je určit pevnost papíru jen řádově. Při výpočtu dělá žákům často problém uvědomit si, že plocha, jejíž obsah uvažujeme při výpočtu, je kolmý řez papírem (velmi tenký obdélník).

Pro pevnost v tahu dostáváme

$$p = \frac{F}{S} = \frac{mg}{ab} \approx \frac{1\ \mathrm{kg} \cdot 10 \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}}{3\ \mathrm{mm} \cdot 0{,}1\ \mathrm{mm}} = 30\ 000\ 000\ \mathrm{Pa} = 30\ \mathrm{MPa}.$$

Poznámky:

Zjištěnou pevnost v tahu můžeme porovnat např. s běžným atmosférickým tlakem; pevnost v tahu je asi 300krát větší. Podle fyzikálních tabulek ([4], s. 139) je pevnost v tahu mnohých kovů rovna stovkám MPa (např. pro ocel 350–800 MPa), zatímco pro dřevo je řádově v jednotkách až desítkách MPa. Pevnost v tahu papíru se tak zdá být rozumná (je srovnatelná se dřevem, ale menší než u oceli). Pro zajímavost uveďme, že pevnost papíru vyšla podobně jako pevnost špagety (viz [5], kde je návrh obdobné aktivity).

Závěr

V tomto příspěvku byly představeny tři náměty na experimentování s dostupným materiálem – kancelářským papírem, které je možné zařadit do výuky jako žákovské experimenty (z hlediska IBSE především jako nasměrované bádání). Nabízejí se pochopitelně i jiné možnosti, než byly uvedeny výše. Například je možné zkoumání pevnosti v tahu pojmout jako strukturované bádání, kdy učitel navrhne (sdělí) žákům metody, jak mají postupovat. Jinou možností je koncipovat výuku jako otevřené bádání a stanovit žákům jen obecný úkol: Zkoumejte vlastnosti kancelářského papíru, které si vyberete (které vás zajímají; příp. určete co nejvíce vlastností papíru).

Literatura

[1] Papáček, M. (2010). Badatelsky orientované přírodovědné vyučování – cesta pro biologické vzdělávání generací Y, Z a alfa? *Scientia in educatione, 1*(1), 33–49.

[2] Trna, J. (2002). Fyzika na toaletě. In *Souhrnný sborník Veletrhu nápadů učitelů fyziky*. Dostupné z http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/07-23-Trna.html

[3] Trna, J. (2003). Polystyrénová fyzika. In *Souhrnný sborník Veletrhu nápadů učitelů fyziky.* Dostupné z http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/08-04-Trna.html

[4] Mikulčák, J., Klimeš, B., Široký, J., Šůla, V., & Zemánek, F. (1988). *Matematické, fyzikální a chemické tabulky pro střední školy.* Praha: SPN.

[5] Dvořák, L. (2012). Další nápady z Malé Hraštice 2: „Špagetová fyzika". In *Souhrnný sborník Veletrhu nápadů učitelů fyziky.* Dostupné z http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/17-09-Dvorak.html