

Obsah

Úvod	6
B. Balek: Fyzikální experimenty okořeněné biologií – kardiomonitor	7
M. Bělochová, M. Čáslavová: Medializace přírodních věd ve škole ZŠ Jungmannovy sady Mělník	15
P. Böhm, L. Filipenská: Fyzika v letadle	20
Z. Bochníček: Zobrazení v IR oblasti s využitím termocitlivých fólií	26
P. Brom, F. Lustig, L. Filipenská, J. Dvořák: Nové vzdálené experimenty řízené přes internet	31
B. Bujak a kol.: Centrum Nauk Przyrodniczych w Publicznym Gimnazjum Nr 6 w Opolu	36
A. Bušáková, K. Kolář: Korespondenční semináře MFF UK pro studenty se zájmem (nejen) o fyziku	45
J. Česáková, M. Křížová: Střípky z Hrajme si i hlavou 5	50
G. De Jong: Measuring Planck's konstant with LED's	55
J. Dirlbeck: Využití elektronické stavebnice ve výuce	58
M. Dufková: 20 let vzdělávacího programu ČEZ „Svět energie“	61
M. Dundr: Laborky se představují	65
L. Dvořák: Další nápady z Malé Hraštic 2: „špagetová fyzika“	69
L. Dvořák a kol.: Fyzika aktivně, aktuálně a s aplikacemi	74
J. Erhart, P. Desenský: Navaříme si elektřinu aneb výlet do světa elektrických dipólů	79
T. Franc: Animace letů vesmírných sond	87
A. Hajdusianek: Simple Friction Experiments	92
P. Horváth: Mechanické kmitanie	95
J. Houfková, D. Mandíková: Fyzika v krabičce	100
J. Hrdý, M. Šiková: Čtyři školské pokusy	105
Z. Hubáček: Multimédia jako měřicí přístroje	112
J. Hubeňák: Několik experimentů se zvonkovým transformátorem	116
J. Janíček: Zkušenosti s používáním sady laboratorních úloh z fyziky na téma Měření teploty – SENSIT DIDAKTIK 10	122
T. Jerje: Audacity aneb jak zviditelnit zvuk	124
J. Jermář, P. Böhm: Vernier LabQuest 2 – nové experimentální možnosti	130

P. Kabrhel: Pracovní listy pro laboratorní práce na ZŠ a domácí pokusy	134
A. Kazachkov, A. S. Castellanos: Atmospheric pressure in low-cost demonstrations and measurements	139
D. Kazachkova, A. Kazachkov, M. Kireš: Balancing with Archimedes and Roberval on a classboard	144
O. Kéhar: Astronomické pokusy trochu jinak.....	149
Z. Kielbusová: Několik hraničních experimentů	154
P. Konečný: Experimenty s tepelnými stroji.....	159
V. Kopecká: Tepelná výměna mezi plamenem a jeho okolím.....	165
V. Koudelková, R. Cach, Z. Polák, J. Reichl: Pár věcí z tábora, tentokrát na téma Co věděli už staří Řekové... a víme to taky?.....	169
Z. Koupilová, D. Mandíková, M. Snětinová: Elektronická sbírka řešených úloh z fyziky	177
Š. Kubínová, A. Navrátilová: Fyzika v příběhu	183
R. Kusák, J. Vomáčková: Příkon vybraných školních a domácích spotřebičů.....	189
R. Kusák: Wolfram Alpha a cdf formát a příkaz Manipulate	194
F. Látal, Z. Pucholt, L. Richterek: Pokusy a videopokusy na UPOL	199
F. Lustig: Fyzikální experimenty s tradičním, virtuálním a vzdáleným kořením	204
H. Mann: Experimenty na podporu aktivního badatelského přístupu blízkého praxi ve středoškolské fyzice	209
T. Milěš: Modely atmosférických jevů.....	213
T. Nečas: Pokusy na zdi a na okně.....	219
L. Onderová, J. Ondera: Niekoľko nápadov pre vyučovanie fyziky IV	223
L. Pavlíčková, J. Trna: Experimenty v modulech projektu PROFILES	228
V. Pazdera: Pár zajímavých nápadů III Generátor funkcí jako zdroj k blikání LEDek	234
V. Piskač: Z Fyzikálního šuplíku 002	238
Z. Polák: Několik pokusů s LED.....	242
J. Reichl: Drobnosti do hodin fyziky.....	247
M. Rotter: Pár pokusů s kapalným dusíkem	254
M. Snětinová, L. Dvořák, Z. Koupilová: Zkušenosti studentů s řešením fyzikálních úloh	259
D. R. Sokoloff: Enhancing Learning in Lab and Lecture with <i>RealTime Physics Labs (RTP)</i> and <i>Interactive Lecture Demonstrations (ILDs)</i> Using Computer-Based Data Acquisition Tools, Personal Response Systems (Clickers) and Interactive Video Analysis	264

M. Staněk: Jednoduchá fyzikální měření s tabletem iPad.....	274
J. Svobodová: Albedo ve školním experimentování.....	279
Z. Šabatka: Létáš, létám, létáme.....	282
J. Šestáková: První poznatky z „peer praxe“.....	288
V. Štěpánová, K. Kolář a kol.: Badatelské aktivity nejen pro nadané žáky v hodinách fyziky.....	291
J. Tesař, V. Bednář: Mikroskop včera a dnes a jeho využití ve fyzikálním praktiku.....	295
M. Volná: Biofyzikální laboratorní úlohy ve výuce budoucích učitelů fyziky.....	302
V. Žák: Zdánlivě triviální experimentování – co může u žáků rozvíjet?.....	306
P. Žilavý: Experimenty s demonstračním zdrojem záření DZZ GAMA 300 kBq....	311

Úvod

Vážení kolegové. Právě jste otevřeli sborník sedmnáctého Veletrhu nápadů učitelů fyziky. Kdybychom veletrh přirovnali k dospívajícímu člověku, mohli bychom říct, že se právě dostal těsně před práh dospělosti. Vždyť příští rok již bude plnoletý! V průběhu oněch sedmnácti ročníků prošel veletrh zajímavým vývojem. Když jsme na MFF UK organizovali jeho první ročník, říkali jsme si, že to jistě bude zajímavá akce, měli jsme ale obavy z toho, že nepřežije více než nějaké tři, čtyři ročníky. Říkali jsme si tehdy, že učitelé fyziky přivezou při prvním ročníku své nejlepší nápady do druhého a třetího ročníku jim ještě nějaký ten nápad zbude, ale co bude dál? Nápady asi začnou docházet, ubude nových příspěvků a konference postupně zmizí v propadlišti dějin. Skutečnost ale byla úplně jiná. Nápady nedocházely a počet účastníků se nezmenšoval. Bylo to přesně naopak. Pověst veletrhu nápadů postupně pronikla i za hranice a kromě českých, slovenských a polských kolegů se zde začali objevovat učitelé z Holandska, Irska, Slovinska, USA... Konference tedy nesměřovala k postupnému nenápadnému zániku, ale nabírala čerstvý vítr do plachet. Stalo se tedy, že držíte v rukou již 17. sborník z tohoto každoročního setkání učitelů fyziky.

Ve sborníku naleznete 60 příspěvků. Většina z nich je již tradičně z dílny českých učitelů, naleznete zde ale i příspěvky kolegů ze Slovenska, Polska, Ukrajiny, Holandska a také příspěvek prof. Davida Sokoloffa z Oregonu. Jako podtitul sedmnáctého ročníku jsme zvolili slogan „experimenty – koření fyziky“. A různého koření přivezli účastníci pěknou hromádku. Sborník tedy představuje kořenku plnou nápadů jak zpestřit výuku fyziky. A nejspíš to není jenom jedna kořenka. Najdete jich zde hned několik a jistě si vyberete koření podle vlastní chuti.

Nemá asi smysl nabádat vás, kteří držíte sborník v rukou k tomu, abyste se snažili vyučovat fyziku zajímavěji. Vždyť právě proto si nejspíš sborníkem listujete. Lze si jenom přát, aby řady učitelů, kteří se snaží zaujmout mladou generaci pro studium fyziky a dalších přírodních věd, byly stále větší. Je to opravdu zapotřebí. Dnešní a budoucí svět bude potřebovat stále více přírodovědně a technicky orientovaných specialistů.

Veletrh nápadů není ale jenom o tom, jak vyučovat fyziku. Jako každá konference má i tato druhou důležitou funkci. Každoročně se zde setkávají učitelé všech typů škol z celé republiky. Navazují nové kontakty, vyměňují si své zkušenosti a porovnávají různé aspekty svého povolání se stavem, který panuje v okolních i vzdálenějších zemích. Setkání s kolegy na začátku nového školního roku, kdy se veletrh tradičně koná, je jistě jeho prospěšným a příjemným zahájením. Za celý organizační tým Veletrhu nápadů učitelů fyziky 17 vám přeji mnoho pedagogických úspěchů a všichni doufáme, že výše zmíněná kořenka prezentovaná tímto sborníkem prospěje kvalitě vaší výuky.

Zdeněk Drozd

Fyzikální experimenty okořeněné biologií – kardiomonitor

ING. BRONISLAV BALEK

1) Úvod

Na všech jednotkách intenzivní péče se v nemocnicích užívají polyfunkční kardiomonitory monitorující biosignály základních životních funkcí kriticky nemocných. Jsou to tyto biosignály: elektrokardiogram (EKG), srdeční frekvence (HR), neinvazivní arteriální krevní tlak (NIBP), dechová křivka a dechová frekvence (RR), teplota, saturace krve kyslíkem (SpO₂), popřípadě volitelně mozková aktivita (EEG), invazivní krevní tlak (IBP), kapnometrie (%CO₂), oxymetrie (%O₂) atd.

2) Monitorování [1]

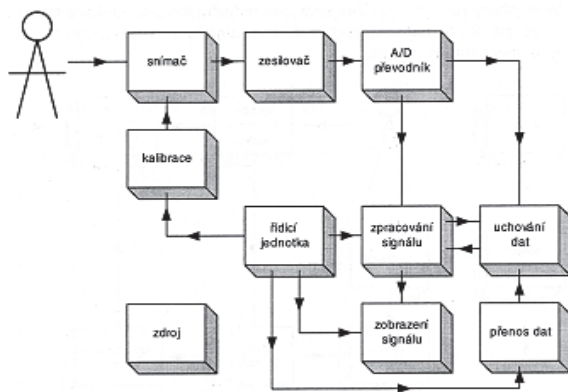
Monitorování je dlouhodobá kontinuální vizualizace měření a sledování specifických jevů základních životních funkcí nemocného. Základem správného monitorování je správné měření. Navíc, oproti měření, se při monitorování sledují odvozené veličiny základních životních funkcí nemocného v určitém (předem zvoleném) tolerančním pásmu. Např. srdeční frekvence z EKG, systolický a diastolický tlak z tlakové křivky, dechová frekvence z dechové křivky atd. Tedy monitory kromě kvalitních měřičů obsahují hlídače mezních stavů (alarmy – poplachu) s optickou nebo akustickou indikací překročení normálních hodnot měřené veličiny. Monitor hodnotí, na určité úrovni, situaci sám podle zadaných kritérií a také sám upozorňuje (monet) obsluhující personál na mimořádné situace. Alarmy jsou fyziologické upozorňující obsluhu na závažné a méně závažné změny nemocného. Dalšími poplachu jsou poplachu technické informující na nesprávné přiložení nebo zapojení snímačů.

Tab. 1. Odvozené veličiny a normální hodnoty neelektrických biosignálů u dospělého.

ODVOZENÁ VELIČINA	MENŠÍ NEŽ NORMÁL	NORMÁLNÍ HODNOTY	VĚTŠÍ NEŽ NORMÁL
Srdeční frekvence dospělý	Bradykardie	(60-90) tepů/min.	Tachykardie
Dechová frekvence dospělý	Bradypnoe	(10-18) dechů/min	Tachypnoe
Krevní tlak tepenný Systolický/Diastolický	100/60 mmHg Hypotenze	(120/80) mmHg	139/89 mmHg Hypertenze
Centrální žilní tlak	Hypotenze	(6-12) mmHg	Hypertenze
Pulsní saturace SpO ₂	Hypoxie	(94-100) %	

3) Blokové schéma a obrázek kardiomonitoru (obr. 1 a 2)

Mezi nemocným a snímačem bývá kontaktní medium, viz obr. 1. Při snímání EKG je to EKG gel, který snižuje přechodový odpor tkáň-elektroda. Při ultrazvukovém zobrazování je to ultrazvukový gel. Snímači elektrických biosignálů bývají EKG, EEG, EMG atd. elektrody. Snímače neelektrických biosignálů – se někdy nazývají převodníky, neboť převádějí neelektrické veličiny na veličiny elektrické (snímače tlaku, teploty, zvuku, ultrazvuku atd.). Snímané biosignály jsou analogové (časově spojité) a velmi malé proto se zesilují v zesilovači. Protože počítač pracuje pouze z binárními digitálními elektrickými signály převádí se analogový signál ze zesilovače na digitální v A/D převodníku. Řídící jednotka, zpracování signálu, uchování dat, zobrazení signálu a přenos dat tvoří dohromady počítač. V bloku zpracování signálu se binární signály vyhodnotí, získají se z nich odvozené veličiny a ty se uloží do pevné paměti počítače (uchování dat) a zobrazí na obrazovce počítače (zobrazení signálu). Blok přenosu dat slouží k počítačovému propojení monitoru s centrálním monitorem oddělení a ten pak dále může být napojen na počítačovou síť nemocnice.



Obr.1. Blokové schéma kardiomonitoru [3].

Obr.2. Obrázek kardiomonitoru [5].

4) Monitorování EKG, srdeční (HR) a dechové (RR) frekvence [2]

EKG se snímá EKG elektrodami vyrobenými ze sintrátu Ag-AgCl. EKG elektrody (předgelované samolepící pro jedno použití) se umísťují na hrud' na dohodnutá standardní místa nemocného dle Einthovenova trojúhelníku. Elektrody se propojí s monitorem EKG kabelem. Amplituda EKG signálu bývá kolem 1 mV a frekvenční rozsah (0,05-100) Hz.

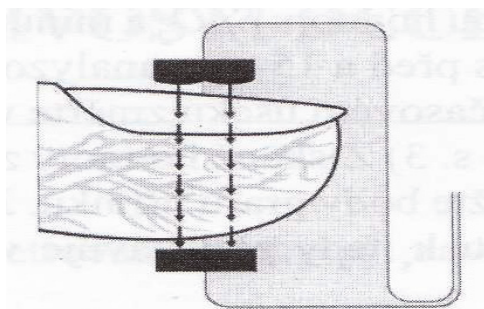
Srdeční frekvence (puls) se získává z R-vln EKG signálu nebo z pulzní periferní vlny z prstového fotoelektrického snímače v kardiotačometru. Normální frekvence je (60-90) tepů/min. Pod 60 tepů/min. je to bradykardie, nad 90 tepů/min. je tachykardie.

Dechová frekvence se získává z dechové křivky. Reografická dechová křivka vznikne měřením impedance (zdánlivého odporu) hrudníku nemocného v souvislosti s jeho dýcháním. Impedance hrudníku se mění s vdechem a výdechem nemocného, neboť dochází ke kontrakci a expanzi hrudníku. Protože měřená impedance obsahuje

paralelní a sériové kombinace ohmických odporů (R) a reaktančních kapacit (C), měří se střídavým proudem. Frekvenční rozsah je (30-600) kHz. Obvod elektrod je napájen z generátoru napětím asi 3 V. Použitím speciálních filtrů na vstupu zesilovače EKG lze z jedné EKG elektrod snímat okamžitý průběh EKG a okamžitý průběh reografické dechové křivky (impedanční pneumogram). Dechová frekvence se odvozuje z dechové křivky a její normální hodnoty jsou (10-18) dechů/min. Pod tímto rozsahem je to bradypnoe, nad tímto rozsahem je to tachypnoe, bezdeší je apnoe.

5) Monitorování nasycení krve kyslíkem–pulzní oxymetrie SpO_2 [%] (obr. 3-6)

Měří se na konečcích prstů fotoelektrickým průsvitovým snímačem. Prst se prosvětluje střídavě červeným světlem o vlnové délce 660 nm a infračerveným světlem o vlnové délce 940 nm. Absorpce prošlých světél kyslíkem obsaženým v hemoglobinu je mírou měřené veličiny tedy SpO_2 [%]. Na obr. 3 je princip pulzní oxymetrie a na obr. 4 je ukázka prstového pulzního oxymetru.

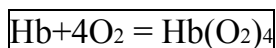


Obr. 3. Paprsky $R = 660$ nm a $IR = 940$ nm jdoucí prstem [9].



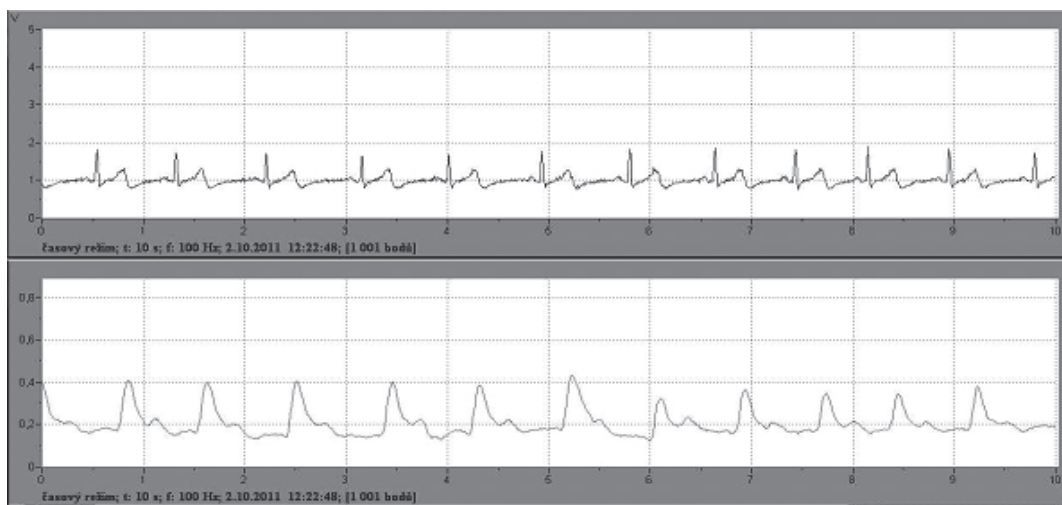
Obr. 4. Prstový pulzní oxymetr [6].

Vznik oxyhemoglobinu:



Saturace tepenné krve kyslíkem (prst, ucho):

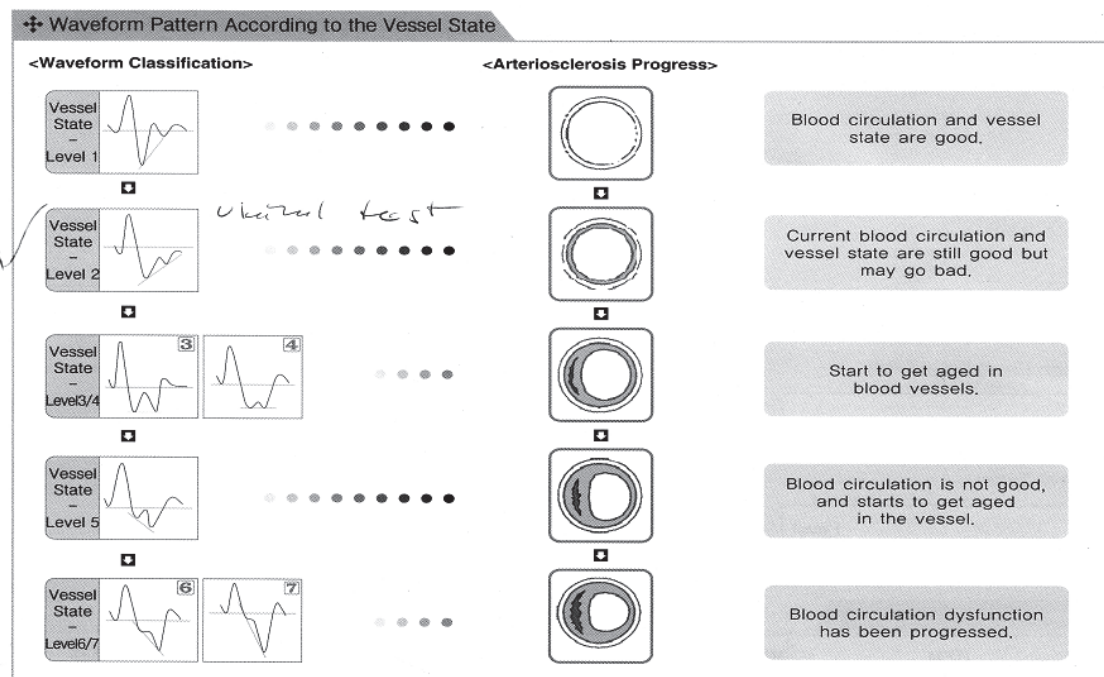
$$SpO_2(\%) = 100 \cdot HbO_2 / (Hb + HbO_2)$$



Obr. 5. Ukázka EKG (první stopa) a pulzové křivky SpO_2 (druhá st.). Zdroj autor [3]

Hemodynamický odpor v tepně: $R = 8 \cdot l \cdot \eta / \pi \cdot r^4$ (l – délka tepny, η – hustota krve)

Průtok krve tepnou: $Q = \Delta P \cdot \pi \cdot r^4 / 8 \cdot \eta \cdot l$ (ΔP – tlakový spád na délce l , r – poloměr tepny)

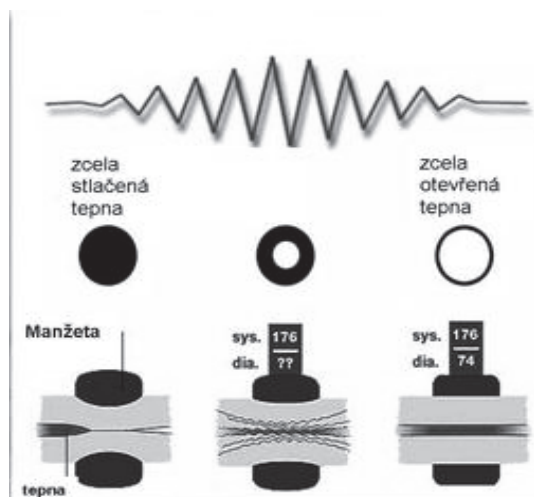


Obr. 6. Progresivita arteriosklerozy. Zdroj autor [2].

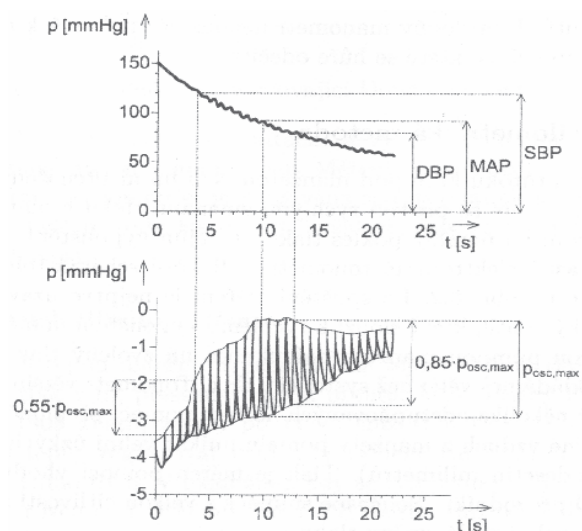
Z výše uvedených rovnic a obrázku vidíme, že hemodynamický odpor v tepně je nepřímo úměrný čtvrté mocnině poloměru tepny a průtok touto tepnou je přímo úměrný této mocnině. Křivky byly naměřeny fotoplethysmografickým snímačem. Obrázky vpravo (obr. 6) ukazují na progresivitu arteriosklerozy vlivem zanešení tepen tukovými pláty. Dle lékařů zanášení cév způsobují tučná jídla, mléko, jogurty atd. Levá srdeční komora pak musí vykonávat mnohem větší práci a tím zbytní (hypertrofuje-zvětší se).

6) Neinvazivní monitorování tepenného krevního tlaku (NIBP), (obr.7-9)

Metoda je oscilometrická. Monitor měří během nastaveného časového intervalu krevní tlak. Oscilometrická metoda je metoda, na které jsou založeny všechny digitální tonometry. Při oscilometrické metodě měření tepenného krevního tlaku je manžeta natlačována na určitou hodnotu, tím dojde k stlačení tepny, kterou neprochází krev (totální okluze), viz obr. 7 a 8. V okamžiku vypouštění manžety, dojde k povolování tlaku na tepnu, což má za následek rozkmitání tepny (oscilace). Tyto oscilace jsou detekovány tlakovým čidlem v tonometru monitoru. Na základě určitého algoritmu je detekována nejvyšší pulzní vlna oscilací **posc-max** a ta odpovídá střednímu tlaku **MAP** (Mean Arterial Pressure). Systolický tlak **SBP** (Systolic Blood Pressure) na tlakové křivce vypouštění manžety (1. stopa na obr. 8) odpovídá hodnotě $p_s = 0,55 \text{ posc-max}$ při stoupající amplitudě oscilací (2. stopa na obr. 8). Diastolický tlak **DBP** (Diastolic Blood Pressure) na tlakové křivce (1. stopa obr.8) vypouštění manžety odpovídá hodnotě $p_d = 0,85 \text{ posc-max}$ při klesající amplitudě oscilací (2. stopa na obr. 8).

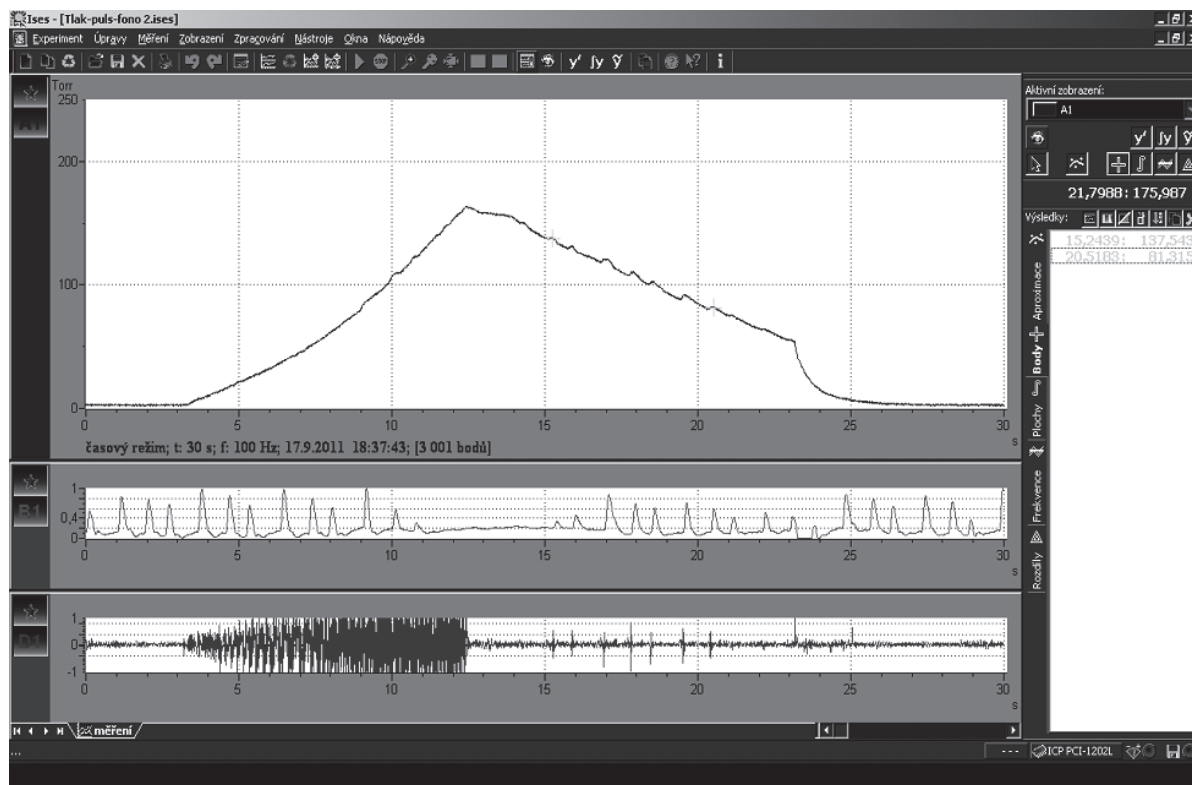


Obr. 7. Okluze tepny a oscilace [10].



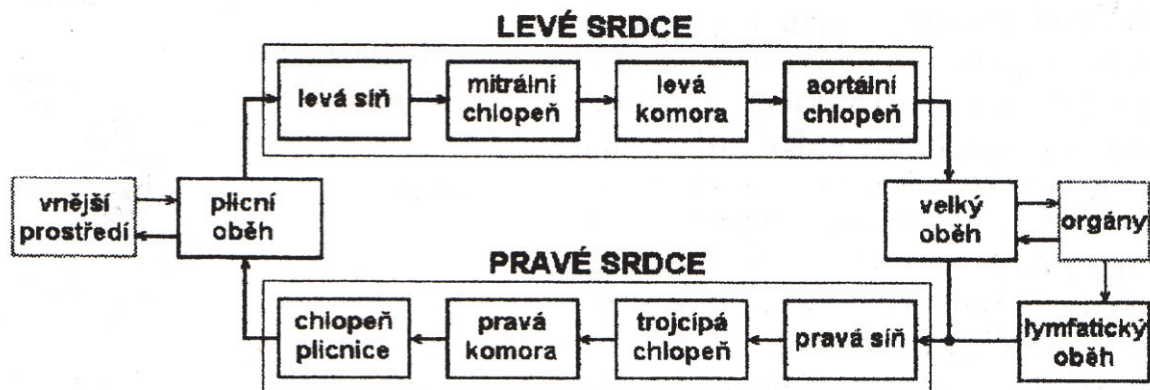
Obr.8. Tlak v manžetě (1. stopa) a oscilace (2. stopa) [8].

Grafy v obr. 9 představují: **1. stopa** – tlak v manžetě včetně oscilací (pulsací) v sestupné části tlakové křivky. První puls odpovídá systolickému tlaku Ps , poslední odpovídá diastolickému tlaku Pd . **2. stopa** – pulsová vlna snímaná fotoplethysmografickým snímačem, první puls koresponduje se systolickým tlakem. **3. stopa** – Korotkovovy ozvy snímané mikrofonom, první ozva odpovídá systolickému tlaku, poslední diastolickému tlaku na tlakové křivce manžety.

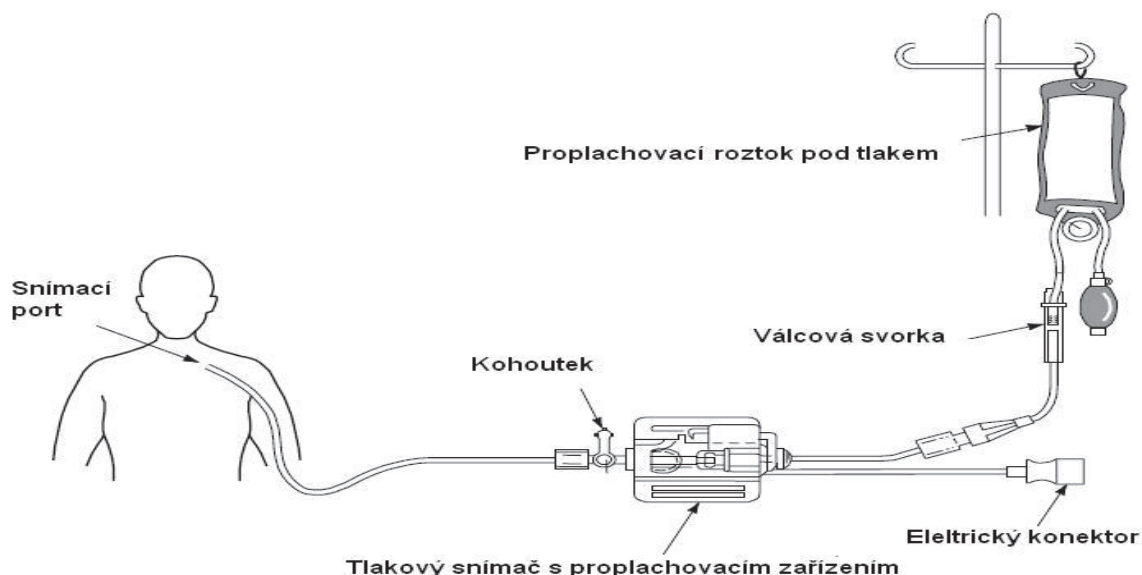


Obr. 9. Oscilometrické a auskultační měření krevního tlaku: **1.stopa**– tlak v manžetě, **2.stopa**– pulzní vlna z prstu, **3.stopa**– Korotkovovy ozvy.

7) Invazivní monitorování krevního tlaku (IBP), obr. 10-14



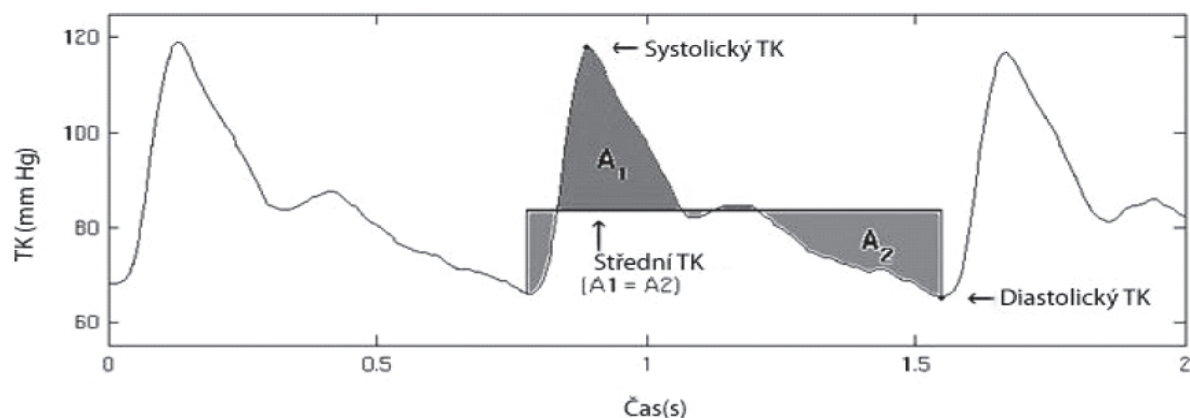
Obr. 10. Blokové schéma kardiovaskulárního systému [4].



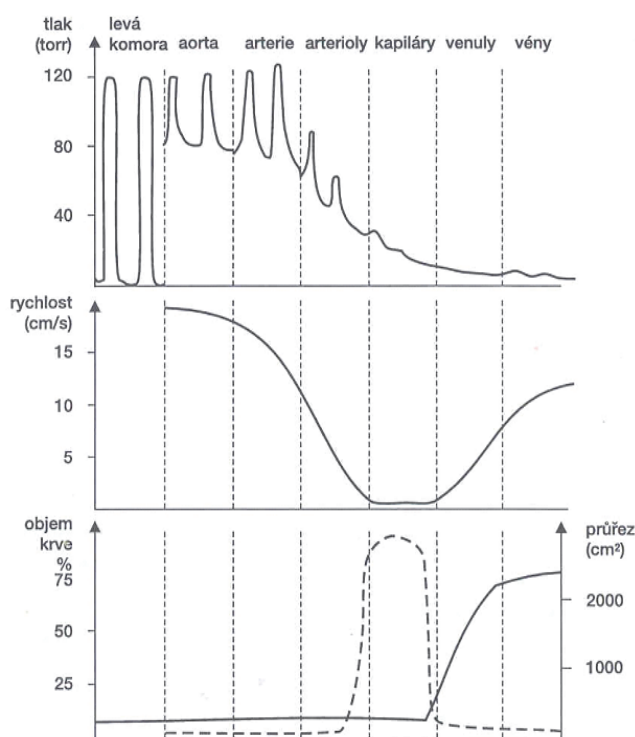
Obr. 11. Uspořádání měření invazivního krevního tepenného tlaku (IBP), [7].

IBP (obr. 11) se nejčastěji mimo jiné měří u kardiochirurgických operací a následně na kardiochirurgických jipkách. Jehla nebo katétr se zavádí na zápěstí do arteria radiális (vřetenní tepny). To se pak připojuje do kohoutku tlakového snímače. Tlakové snímače jsou konstruovány jako drátové nebo polovodičové tenzometry (nanesené na titanové membráně). Tenzometry jsou vždy čtyři zapojené do můstku. Dva jsou měřicí a dva pro kompenzaci vlivu teploty. Měřicí komůrka tlakového snímače je napojena na tlakové proplachovací zařízení skládající se z tlakového vaku s ručkovým manometrem a nafukovacím balonkem. V síťce tlakového vaku je umístěn vak z fyziologickým sterilním roztokem. Vak z fyziologickým roztokem je propojen s tlakovým snímačem infuzním setem skládajícím se z kapkové komůrky, hadičky s tlačkou (regulující průtok) a koncovkou Luer Lock napojenou do komůrky tlakového snímače. Fyziologický roztok v infuzní soupravě slouží k tlakovému proplachu

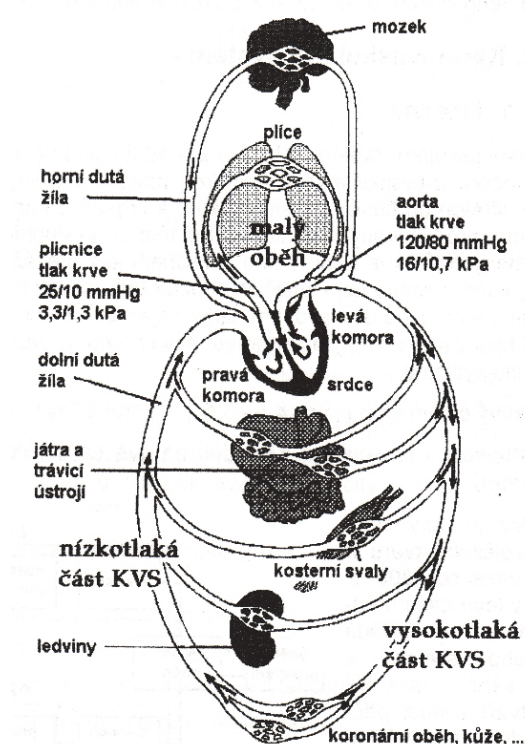
celé měřicí linky. To proto, aby se krev nevracela do této linky. Kdyby se dlouhodobě dostaly krevní částice na membránu tlakového snímače, znehodnotilo by se měření.



Obr. 12. Průběh tepenného krevního tlaku měřeného invazivně (IBP), [8].



Obr. 13. Tlaky, rychlosti, objemy krevního řečiště [7].



Obr. 14. Kardiovaskulární systém [4].

Minutový srdeční výdej (Cardiac Output): $V_m = 66,67 \cdot f \cdot (P_s + 2 \cdot P_D) / (P_s + P_D) = f \cdot V_s$

Objem jedné systoly (Stroke Volume): $V_s = (60-80) \text{ ml}$, při zátěži $(100-150) \text{ ml}$

Objem krve u dospělého člověka bývá cca 5 litrů. Z toho vyplývá, že minutový srdeční výdej V_m [l/min.] bude cca 5 litrů/min. Vzorec pro V_m je jen empirický a tedy informativní. Vysvětlení veličin ve vzorcích: f [tepů/min.] – srdeční frekvence (tep), P_s [mmHg-torr] – systolický tlak, P_D [mmHg-torr] – diastolický tlak.

Příklad výpočtu $V_m = ?$, $f = 60$ tepů/min., $P_S = 120$ mmHg, $P_D = 80$ mmHg \rightarrow
 $V_m = 5,6$ litrů/min.

8) Monitorování dechové křivky a dechové frekvence [1]

Dechová frekvence se získává z dechové křivky. Impedanční pletysmografická (pneumografická) dechová křivka vznikne měřením impedance (zdánlivého odporu) hrudníku nemocného v souvislosti s jeho dýcháním. Impedance hrudníku se mění s vdechem a výdechem nemocného, neboť dochází ke kontrakci a expanzi hrudníku. Protože měřená impedance obsahuje paralelní a sériové kombinace ohmických odporů (R) a reaktančních kapacit (C), měří se střídavým proudem. Frekvenční rozsah je (30-600) kHz. Obvod elektrod je napájen z generátoru napětím asi 3 V. Použitím speciálních filtrů na vstupu zesilovače EKG lze z jedné EKG elektrody snímat okamžitý průběh EKG a okamžitý průběh reografické dechové křivky (impedanční pneumogram). Dechová frekvence se odvozuje s dechové křivky v respirotachometru.

9) Monitorování teploty

K monitorování teploty se používají termistorová čidla se záporným teplotním koeficientem odporu. Konstrukčně jsou řešeny jako endosondy do tělních dutin sterilizovatelné nebo jako povrchové diskové sondy. Konektor bývá typu Phone Jack 6,3 mm.

10) Literatura

- [1] BALEK, B. Lékařská elektronika pro obor anesteziologie a resuscitace a pro intenzivní péči. Praha: Služba zdravotníkům č. 4/83, 7 s.
- [2] BALEK, B. Biologické experimenty se systémem ISES. (Návody pro laboratorní cvičení). Skripta. BALMED Ivančice 2012, 52 s.
- [3] ROZMAN, J a kol. Elektronické přístroje v lékařství. Praha Academia 2006
- [4] HOLČÍK, J, STRASZECKA, E. Bionika (Biologické systémy a procesy), Brno 1999, 110 stran.
- [5] <http://www.ekona.eu>
- [6] <http://www.cheiron.cz>
- [7] VYMAZAL, B. Měření krevního tlaku a posouzení vlivu zátěže. VUT FEKT UAMT. Brno 2009. Bakalářská práce
- [8] KOMÁREK, Z. Měřič pro neinvazivní měření krevního tlaku. VUT FEKT UR. Brno 2009. Bakalářská práce
- [9] Nováková, Z., Roman, R. a kol.: Praktická cvičení z fyziologie, skripta MU LF, Brno 2011, 110 s.
- [10] http://cz.hartmann.info/images/tlak02_rdax_250x263.jpg

Medializace přírodních věd ve škole ZŠ Jungmannovy sady Mělník

*MGR. MIROSLAVA BĚLOCHOVÁ, ING. BC. MARTINA ČÁSLAVOVÁ
ZŠ Jungmannovy sady, Tyršova 93, Mělník*

Cílem našeho projektu je podpora výuky přírodovědných a technických oborů, zvýšení zájmu žáků a jejich motivace pro další studium v této oblasti.

Projekt propojil výuku fyziky, chemie a mediální výchovy. Součástí projektu je tvorba učebních materiálů pro volitelný předmět Laboratorní cvičení z fyziky a chemie (pro 8. a 9. ročník ZŠ). Paralelně probíhá výuka volitelného předmětu Mediální výchova, který dokumentuje práci v laboratoři.

Jedním z výstupů projektu je sada laboratorních prací a výukových filmů.

Úvod

Přírodní vědy se na II. stupni naší základní školy vyučují od 6. ročníku v dotaci fyzika a biologie 6.–9. ročník – 2 hodiny týdně. Základy přírodních věd 7. ročník – 1 hodina týdně. Chemie 8.–9. ročník – 2 hodiny týdně. Volitelný předmět Laboratorní cvičení z fyziky a chemie 8.–9. ročník 2 hodiny týdně a nově vzniklý volitelný předmět Mediální výchova 8. a 9. ročník – 2 hodiny týdně.

Škola má odbornou učebnu fyziky a chemie, chemickou laboratoř a dvě učebny informatiky.

Na oponování učebních materiálů se podílí 12 vyučujících fyziky a chemie ze základních škol Středočeského kraje.

Tvorba učebních materiálů

Cílem projektu je vytvoření sady učebních materiálů pro volitelný předmět Laboratorní cvičení z fyziky a chemie. Každá laboratorní práce je rozdělena na tři části – pracovní, teoretickou a metodiku pro učitele.

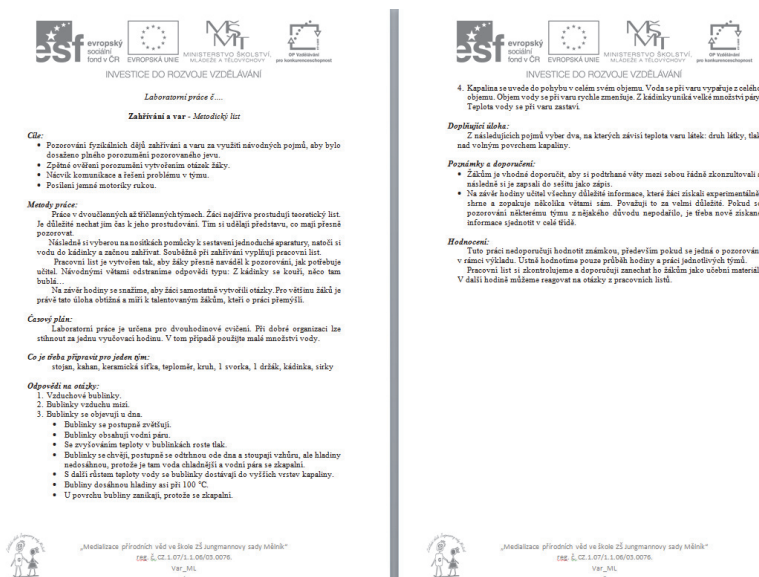
Nově vzniklé laboratorní práce si kladou za cíl zkvalitnit práci v žákovských týmech, podpořit nadané děti v kolektivu. Nedílnou součástí je využití zaváděných výukových metod – čtenářská gramotnost, kritické myšlení, environmentální výchova a podpora mezipředmětových vazeb.

Na základě podpory projektu vznikl nový volitelný předmět Mediální výchova, který si klade za cíl využití IT vybavení, dostupných na ZŠ. Dalším cílem je přiblížení přírodních věd humanitněji zaměřeným žákům. Žáci mediální výchovy dokumentují dění v laboratoři a vytvářejí výukové filmy, reportáže a rozhovory. Výstupem předmětu v projektu je pět výukových laboratorních filmů. Každý film obsahuje animaci k tématu, titulky, průběh a vysvětlení pokusu.

Témata prací

Výkon, Hydrostatika, Teplo, Kalorimetrie, Tání, Var, Elektrostatika, Kovy 1, Kovy 2, Síra, Vodík, Kyslík, Oxid uhličitý, pH, Destilace, Elektrolýza, Voda 1 – fyzikální vlastnosti, Voda 2 – chemické vlastnosti, Voda 3 – dlouhodobé pozorování, Zahrádka v lahvi.

Ukázka zpracování učebních materiálů



Zahřívání a var – Pracovní list

Pomůcky.....

Podmínky měření: teplota místnosti:.....

Tlak v místnosti:.....

Úkoly:

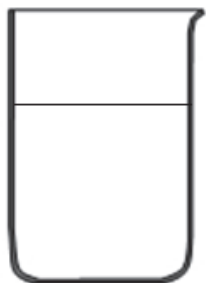
1. Sestav aparaturu pro zahřívání kapalin podle nákresu v teoretickém listu
2. Proved' nákres a popis aparatury

Nákres:

Vlastní pozorování:

Do kádinky zakresli, co pozoruješ.

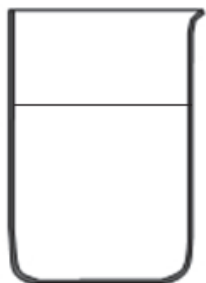
1. Pozoruješ po nalití vody do kádinky a ustálení hladiny drobné bublinky, které se zachycují na dně a stěnách? Nakresli je do kádinky. Z jakého plynu asi jsou?



Odpověď:

Do kádinky zakresli, co pozoruješ.

2. Začni kádinku s vodou pomalu zahřívát a pozoruj, jak se bublinky chovají.

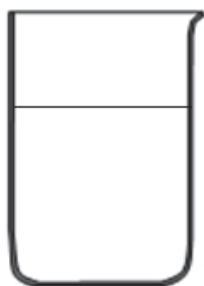


Popiš pozorování děje:

Do kádinky zakresli, co pozoruješ.

3. Při dalším zahřívání pozoruješ vznik dalších bublinek, které se však chovají úplně jinak. Zkus je chvíli pozorovat a vyber v následujících pojmech správná tvrzení, která se jich týkají.

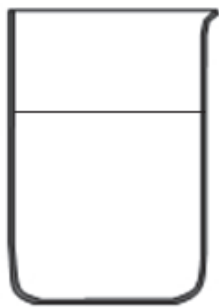
Správné pojmy podtrhni:



- Bublinky se objevují u dna – bublinky se objevují u hladiny.
- Bublinky se postupně zvětšují – bublinky se nemění.
- Bublinky obsahují vzduch – bublinky obsahují vodní páru.
- Se zvyšováním teploty v bublinkách roste tlak – se zvyšováním teploty v bublinkách tlak klesá.
- Bublinky se chvějí, postupně se odtrhnou ode dna a stoupají vzhůru, ale hladiny nedosáhnou, protože jsou moc lehké – protože je tam voda chladnější a vodní pára se zkapalní.
- S další růstem teploty vody se bublinky dostávají do vyšších vrstev kapaliny – zastavují se.
- Bublinky dosáhnou hladiny asi při 80 °C – 100 °C.
- U povrchu bublinky zanikají, protože se zkapalní – pára uniká do vzduchu.

Do kádinky zakresli, co pozoruješ.

4. Nastává var. Opět vyber a podtrhni tvrzení, která při průběhu varu pozoruješ:



- Kapalina se uvede do pohybu v celém svém objemu.
- Voda stále drží vodorovnou hladinu.
- Voda se vypařuje jen z hladiny.
- Voda se při varu vypařuje z celého objemu.
- Objem vody se při varu rychle zmenšuje.
- Z kádinky uniká velké množství páry.
- Teplota vody při varu stále stoupá.
- Teplota vody při varu přestane stoupat.
- Teplota vody je v různě vysokých vrstvách různá.

Doplňující úlohy:

1. Z následujících pojmů vyber dva, na kterých závisí teplota varu látek, a zapiš je do prázdné linky:

hustota látky, druh látky, tlak nad volným povrchem kapaliny, skupenství látky, tíhová síla, doba zahřívání

.....

2. Pozoroval/a jsi při zahřívání ještě nějaký jiný úkaz? Pokud ano, popiš ho zde:

.....

3. Zkus vymyslet tři otázky pro své spolužáky tak, aby v jejich odpovědích byly obsaženy nejdůležitější informace týkající se varu. Zapiš i správné odpovědi.

Otázka:.....

Odpověď:.....

Otázka:.....

Odpověď:.....

Otázka:.....

Odpověď:.....

Závěr:

Doplň věty:

Var je jev, při kterém dochází ...

.....

Teplota varu závisí na

.....

Prostor pro hodnocení práce učitelem:

Foto z laboratoře a medializace



Další informace

Možnost získání učebních materiálů a podrobnějších informací na adrese:

www.medializacejungsady.estranky.cz

www.zsjungsady.cz/projekty

Poděkování

Dovolujeme si poděkovat všem žákům, kteří s námi vstoupili na kouzelné území přírodních věd. Píle a nasazení všech žáků bude pro zúčastněné vyučující na dlouhá léta inspirací a pohlazením na duši.

Projekt vznikl za podpory Evropského sociálního fondu, EU, MŠMT a OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost pod reg. číslem CZ.1.07/1.1.06/03.0076.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Fyzika v letadle

PAVEL BÖHM, LUCIE FILIPENSKÁ
KDF MFF UK v Praze

Abstrakt

Domluvili jsme se s akrobatickými piloty, osadili jejich letadlo i piloty samotné kamerami a měřicími přístroji Vernier a studovali jsme průběh akrobatického letu.

Použité vybavení

Kromě letadla a nadšených (téměř) ke všemu ochotných pilotů jsme použili také:

- datalogger Vernier LabQuest 2 [1]
- akcelerometr pro velká zrychlení [2]
- barometr [3]
- bezdrátový měřič tepové frekvence [4]
- software Vernier Logger Pro [5]
- sadu kamer, z nichž některé jsme přilepili na křídlo, ocas a do kokpitu

Co jsme zjistili – náměty na aktivity se žáky

Stroboskopický efekt

Při sledování videozáznamu startu letadla je na vrtuli krásně pozorovatelný stroboskopický efekt. Nejprve se vrtule zdánlivě otáčí na jednu stranu, během krátké chvíle se zastaví, začne se otáčet na druhou stranu a letadlo vyrazí prudce dopředu.

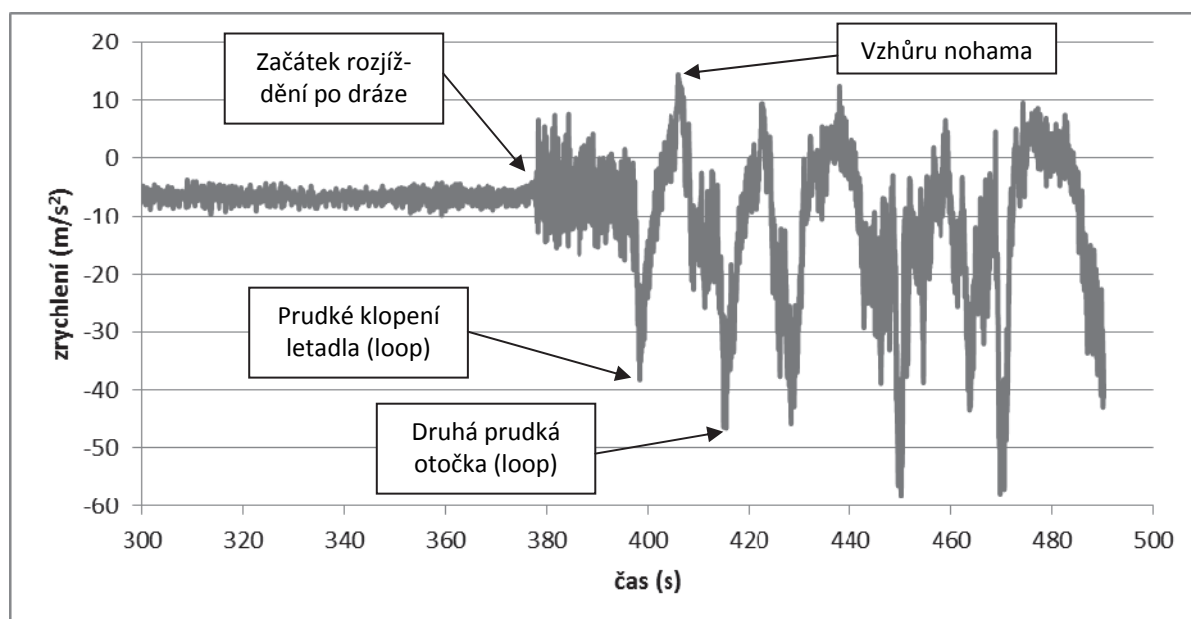
Pružnost křídel, práce klapek

Na videozáznamu z křídla letadla si můžeme povšimnout, že celé letadlo je ve skutečnosti velice pružné, křídla se za letu viditelně ohýbají. Lze také sledovat práci klapek při jednotlivých manévrech.

Data z akcelerometru

Vernier nabízí několik různých akcelerometrů: jednoosý akcelerometr do 5 g, tříosý akcelerometr do 5 g, zabudovaný tříosý akcelerometr v LabQuestu 2 (do 2 g) a také jednoosý akcelerometr pro velká zrychlení do 25 g. Vzhledem k očekávaným velkým zrychlením jsme použili právě posledně jmenovaný akcelerometr [2].

Senzor jsme umístili tak, aby měřil ve směru nohy–hlava. Tento směr je pro piloty nejdůležitější, v tomto směru je totiž lidské tělo na přetížení nejcitlivější. Příliš velké hodnoty přetížení mohou způsobit ztrátu vědomí.



Obr. 1. Data z akcelerometru.

Graf na obrázku 1 zachycuje prvních zhruba 380 sekund jemné chvění letadla, když čeká na začátku rozjezdové dráhy a zahřívá motor.

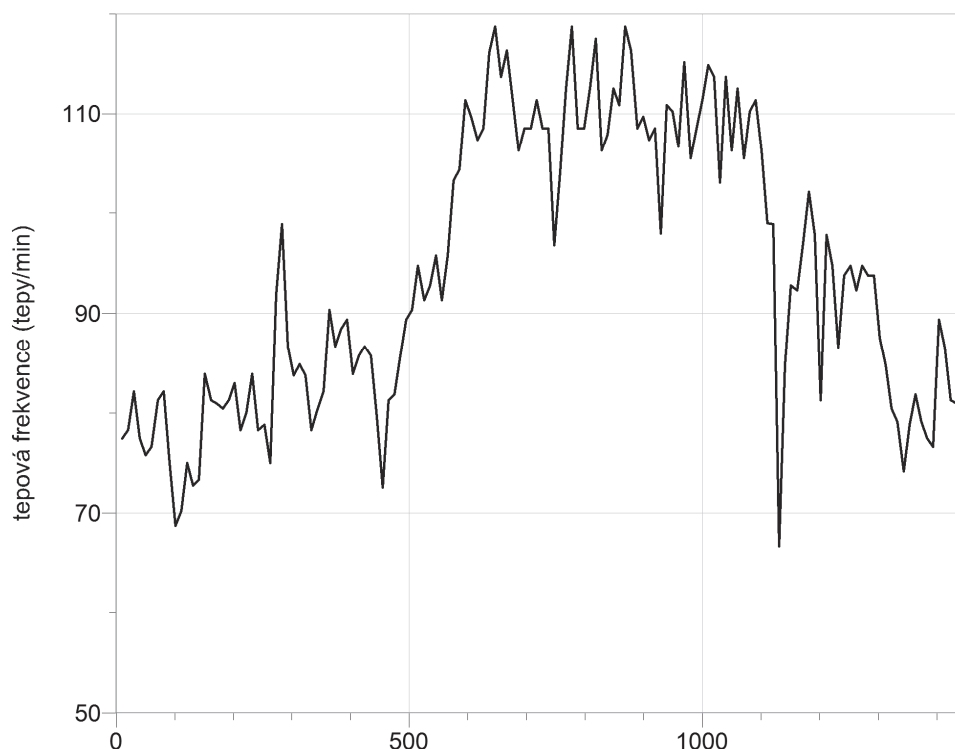
Pozorní žáci si všimnou, že střední hodnota není 10 m/s², ale méně, přibližně 7 m/s². Můžete je nechat, aby přišli na příčinu – tou je skutečnost, že pilot nesedí v letadle rovně. Je s celou sedačkou skloněn, takže se do směru nohy-hlava promítá jen část tíhového zrychlení.

Dalších 20 sekund (od času 380 s do času 400 s) je střední hodnota opět okolo 7 m/s², ale roztřesení je výrazně větší, protože letadlo startuje.

Následují výrazné změny zrychlení při provádění akrobatické sestavy. První výrazné lokální minimum odpovídá prudkému klopení letadla (loop s výškovým ziskem), které nakonec skončí hlavou vzhůru, čemuž odpovídá první výrazné lokální maximum. Následně se pilot při horizontálním letu otočí zpět na „nohy“ a pět sekund tak letí, čemuž odpovídá pětisekundový úsek v grafu od času 408 s do času 413 s. Pak následuje druhý prudký loop atd.

Tepová frekvence

Čidlo tepové frekvence [4] měl pilot během letu upnuté kolem hrudníku a data byla bezdrátově přenášena do dataloggeru LabQuest. Z grafu na obrázku 2 je vidět, že tepová frekvence během letu vzrostla, po přistání zase klesla k původní hodnotě. Je zajímavé, že jeden z pilotů měl při akrobatické sestavě tep 140 tepů/min (což odpovídá poměrně intenzivnímu sportovnímu výkonu), zatímco druhý 110 tepů/min. Druhý pilot je pověstný svou klidnou povahou, sami jsme se o ní přesvědčili.



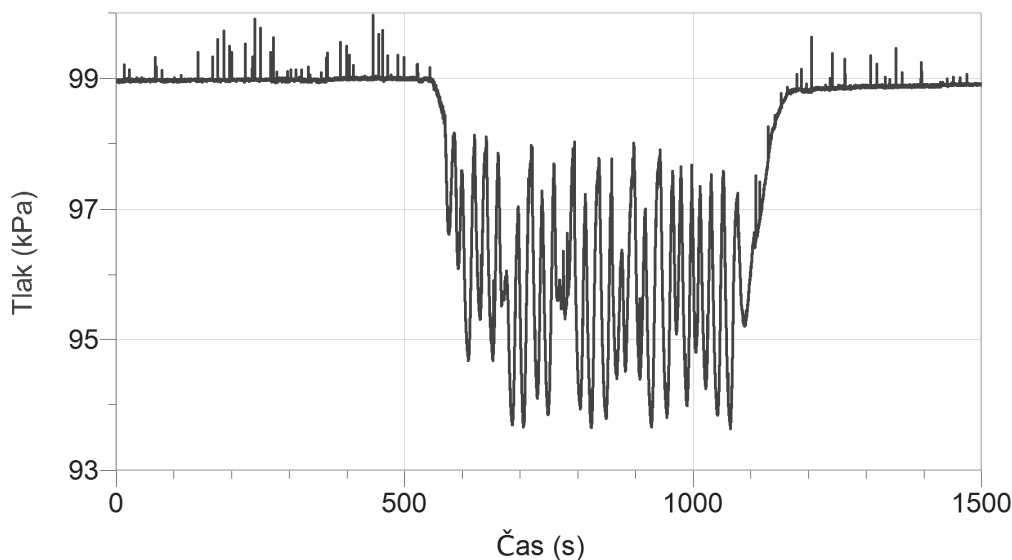
Obr. 2. Záznam tepové frekvence.

Tlak vzduchu

Tlak vzduchu jsme měřili barometrem [3] umístěným v kokpitu letadla. GPS moduly obecně nedávají při měření výšky příliš dobré informace. Typická neurčitost bývá několikanásobně horší než při horizontálním měření, což vyplývá z nepříznivých pozorovacích úhlů jednotlivých družic. Proto jsme chtěli změny výšky sledovat právě s pomocí barometru.

Vzhledem k tomu, že tlak se poměrně rychle mění i s počasím, udělali jsme korekci na tuto změnu za předpokladu lineární změny tlaku během desetiminutového letu. Jinak by totiž tlak po přistání byl jiný než před vzletnutím a z pohledu přepočtu na výšku by se zdálo, že letadlo přistálo několik metrů nad zemí nebo několik metrů pod zemí.

Korekci na změnu tlaku vyvolanou obtékáním vzduchu kolem letadla jsme nedělali, protože si nejsme jisti, jak ji přesně provést. Původní představa, že půjde využít Bernoulliho rovnici, se ukázala jako příliš optimistická. Výsledkem je, že z pohledu dat o tlaku vzduchu se zdá, že letadlo letící těsně nad zemí (cca 5 metrů) je už ve výšce několik desítek metrů. Výšková data proto bereme „méně vážně“ v tom smyslu, že určitě nedávají výšku s přesností na metry. Rozhodně ale pomohou určit, že letadlo letí rovně, prudce klesá nebo prudce stoupá.



Obr. 3. Tlak vzduchu v kokpitu.

První část grafu na obrázku 3 (zhruba do času 600 sekund) odpovídá čekání letadla na start. Následuje desetiminutová akrobatická sestava plná prudkých změn výšky a na konec je v grafu zachyceno přistání a zastavení letadla.

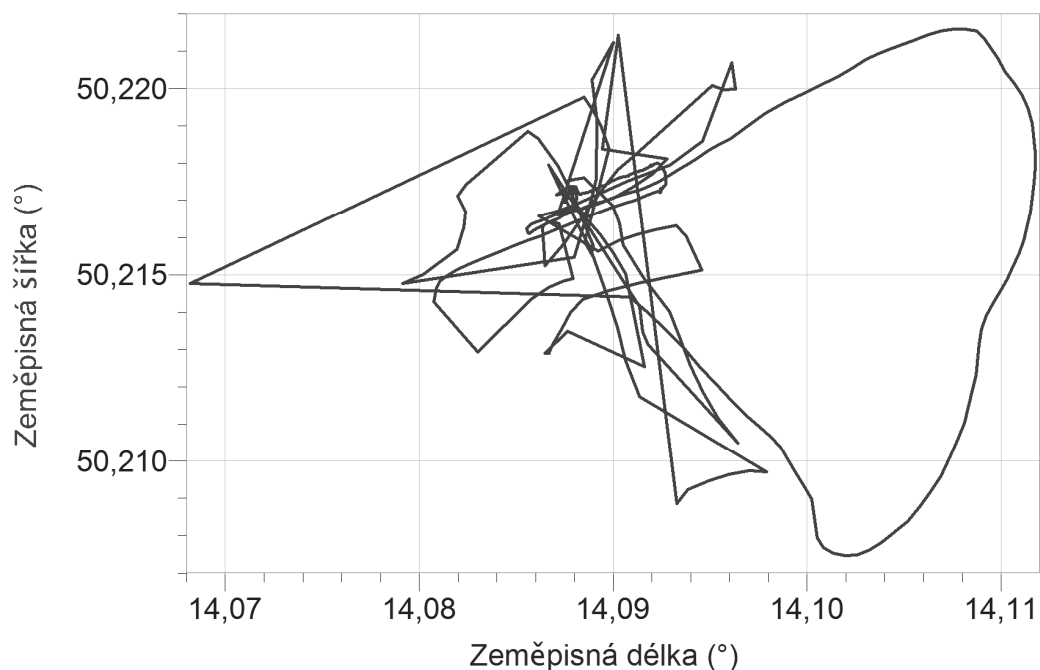
Data z GPS modulu

GPS modul integrovaný v dataloggeru LabQuest 2 [1] byl umístěn v kokpitu letadla. Bohužel kdykoliv bylo letadlo během akrobatické sestavy hlavou dolů, GPS modul „neviděl na oblohu“ a v datech se to projevilo skokovou změnou polohy.

Přesto jsou data z GPS velice zajímavá a dají se pěkně vizualizovat v programu Vernier Logger Pro [5]. Na obrázku 4 je hezky vidět trajektorie letadla nad letištěm a v jeho okolí a také krásný mohutný oblouk při přistávání.

Program Logger Pro umožňuje zpětné přehrávání dat. Můžeme tedy nechat grafy (trajektorii, tlak, tep a podobně) postupně vykreslovat, a to v reálném čase, zpomaleně nebo zrychleně.

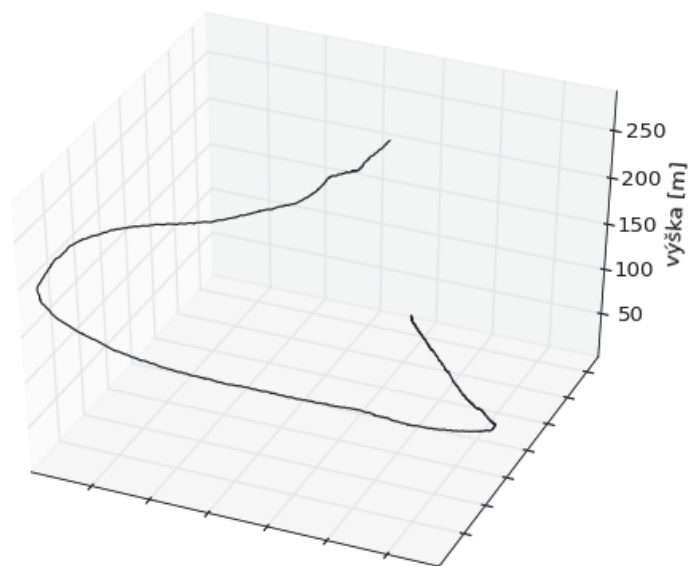
Data lze též vyexportovat do Google Maps, takže vidíme trajektorii na reálném mapovém podkladu. Dříve (ještě v části roku 2012) Google umožňoval zobrazit ve svých mapách prakticky neomezené množství dat, například deset tisíc záznamů polohy, rychlosti, okamžitého hluku a teploty atd. To umožňovalo jít terénem (nebo třeba městem) a každou sekundu automatizovaně změřit pomocí LabQuestu příslušné údaje a polohu, kde byly naměřeny – a pak celou procházku včetně naměřených dat zobrazit v mapě. Zdá se, že před nedávnou dobou Google změnil svoji politiku a aktuálně umožňuje najednou zobrazit do mapy jen několik málo stovek dat, což stačí například biologům pro terénní měření, ale pro trajektorii pohybu je to nedostatečné. Budeme tuto věc nadále zkoumat.



Obr. 4. 2D trajektorie letu získaná pomocí GPS modulu v LabQuestu 2.

3D trajektorie pohybu letadla

Protože máme data (i když zatížená určitými chybami) o poloze (z GPS) i výšce (z barometru), můžeme sestavit také trojrozměrný model trajektorie akrobatického letu.



Obr. 5. Trojrozměrná trajektorie pohybu letadla.

Na obrázku 5 je ukázka 3D grafu, který vytvořil v Pythonu student Gymnázia PORG Libeň David Roesel. V Davidově programu lze pohyb animovat a také s grafem libovolně otáčet. Zde je zachycena poslední část letu s velkým obloukem okolo letiště.

Některá zajímavá čísla

Při startu trvalo zrychlení z 0 na 200 km/h pouhých 20 s při zrychlení 3 m/s^2 a celkové uražené dráze cca 650 m.

Maximální rychlost stoupání byla 30 m/s.

Maximální přetížení při otočce bylo okolo 5 g (člověk váží $5\times$ víc).

Celá sestava trvala okolo 10 minut a bylo při ní spotřebováno okolo 20 litrů paliva.

Maximální dosažená výška při jedné ze sestav byla pouhých 400 až 500 m.

Rychlost při přistávání byla cca 150 km/h. Rychlost klesání při přistávání je asi 2 m/s.

Pokračování projektu

Máme přislíbeno, že budeme moci provést ještě jedno měření. Rádi bychom se podruhé vyhnuli některým chybám a získali ještě lepší data a lepší podklady pro video. Vše bychom pak rádi uveřejnili, například na www.fyzweb.cz.

Kde získat data a video

Video pořídila Lucie Filipenská (lucie.filipenska@mff.cuni.cz). O pořizování dat systémem Vernier se staral Pavel Böhm (pavel.bohm@mff.cuni.cz). V případě zájmu o data a video tedy můžete napsat na některou z výše uvedených e-mailových adres.

Poděkování

Děkujeme panu Petru Kořínkovi a panu Miroslavu „Evženovi“ Čihákovi, bez jejichž nadšení a ochoty by tento příspěvek nemohl vzniknout.

Děkujeme také Střední škole automobilní a informatiky, Weilova 1270/4, Praha za zapůjčení bezdrátového měřiče tepové frekvence Vernier EHR-BTA.

Literatura

- [1] <http://www.vernier.cz/LABQ2>
- [2] <http://www.vernier.cz/ACC-BTA>
- [3] <http://www.vernier.cz/BAR-BTA>
- [4] <http://www.vernier.cz/EHR-BTA>
- [5] <http://www.vernier.cz/LP>

Zobrazení v IR oblasti s využitím termocitlivých fólií

ZDENĚK BOCHNÍČEK

Přírodovědecká fakulta MU, Brno, Kotlářská 2, 611 37

Úvod

Pokusy s infračerveným zářením se staly tématem již několika příspěvků na minulých ročnících Veletrhu nápadů. V demonstračních experimentech můžeme infračervené záření detekovat v podstatě třemi způsoby:

1) Fotodiodou [1]. V oblasti p-n přechodu fotodiody vzniká absorpcí IR záření elektrické napětí. Pro demonstrační účely je vhodné jej převést na akustický signál. Fotodiody jsou pouze bodové detektory a neposkytují informaci o prostorovém rozložení infračerveného záření.

2) Digitálním fotoaparátem nebo videokamerou [2,3]. Citlivost křemíkového CCD nebo CMOS čipu, kterým jsou běžné přístroje standardně vybaveny, sahá až po vlnovou délku záření asi $1,1\ \mu\text{m}$, tedy do blízké infračervené oblasti (absorpční hrana křemíku). U barevných přístrojů je tato vlastnost nežádoucí a citlivost v IR oblasti je snížena absorpčním filtrem, který je umístěn před vlastním snímačem (případně je již nanesen na samotném čipu). Levné černobílé kamery často filtr nemají a jsou pro tyto účely vhodnější. Ideální je videokamera, která je vybavena režimem IR nočního vidění, při kterém se absorpční filtr vysouvá. Pokusy s videokamerou jsou velmi působivé, některé však vyžadují dobře zatemněnou místnost. Určitou nevýhodou může být skutečnost, že IR záření je zviditelněno přístrojem – „černou skříňkou“ a vlastní fyzikální princip je skryt.

3) Termocitlivými fóliemi [4]. Fólie využívají tepelných účinků IR záření, nejsou tedy omezeny absorpční hranou použitého polovodičového materiálu. Na druhé straně měřitelný ohřev fólie získáme pouze s intenzivními zdroji IR záření. Za velkou výhodu lze považovat skutečnost, že experimenty nevyužívají žádnou „černou skříňku“, nepotřebují zatemnění a jsou velmi názorné.

V tomto článku se budeme věnovat pouze experimentům s termocitlivými fóliemi. Příspěvek je doplněním a rozšířením příspěvku z Veletrhu nápadů č. 12 [4].

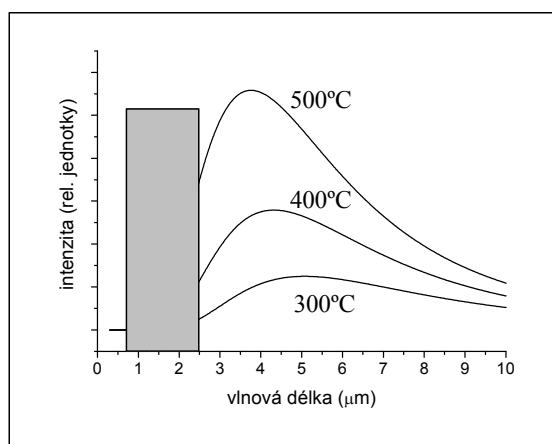
Termocitlivé fólie, někdy zvané teplotní nálepky, jsou komerčně běžně dostupné jako orientační snímače teploty. Pro níže popsané experimenty jsou nejvhodnější velké fólie o rozměrech $30 \times 30\ \text{cm}^2$, které získáme za cenu cca 700 Kč [5]. Malý rozsah teplot je na jedné straně zárukou vysoké citlivosti, na druhé straně komplikuje experimenty v případě, kdy se teplota v učebně mění. Pro spolehlivé použití fólií za různých teplotních podmínek je nutné mít několik kusů různého teplotního rozsahu.

Použití skleněné optiky pro IR záření

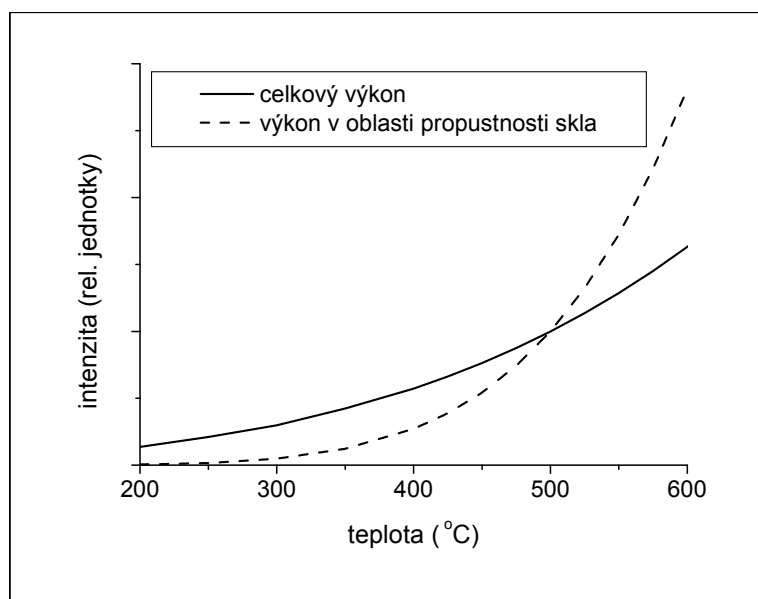
Běžné prvky skleněné optiky jsou konstruovány pro viditelnou oblast elektromagnetického spektra a mají jen omezené možnosti zpracovávat jiné druhy záření. Je všeobecně dobře známo, že běžné sklo nepropouští UV záření, přesněji: propouští jen velmi úzkou oblast těsně sousedící s viditelným světlem. V této části spektra je záření pohlcováno elektronovými přechody. V IR oblasti je situace složitější a propustnost velmi kolísá. IR záření je pohlcováno kmity krystalové mříže a propustnost klesá pro různé druhy skel v oblastech od $2,5\text{ }\mu\text{m}$ do $4\text{ }\mu\text{m}$ [6]. Absorpční spektra různých druhů skel jsou dostupná, obvykle však nevíme, z jakého skla jsou vyrobeny čočky, které máme k dispozici. V dalším tedy budeme počítat s nejméně příznivou variantou, kdy sklo začíná pohlcovat IR záření již od vlnových délek $2,5\text{ }\mu\text{m}$.

Je zřejmé, že tento fakt je velmi nepříznivý: hlavním cílem většiny níže uvedených experimentů je zobrazovat tepelné záření těles, které zanedbatelně září ve viditelné oblasti, tedy do cca $500\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při těchto teplotách však většina vyzařované energie leží v dlouhovlnné IR oblasti, pro niž jsou skleněné čočky nevhodné. Situace je dobře patrná z obrázku 1, na kterém je spektrální hustota vyzařování dokonale černého tělesa podle Planckova zákona pro vybrané teploty. S růstem teploty nejen roste celková vyzářená energie (Stefanův Boltzmannův zákon), ale celá křivka se posouvá směrem ke kratším vlnovým délkám (Wienův posunovací zákon). V důsledku toho zářivý výkon v oblasti propustnosti skla s teplotou velmi prudce roste. Kvantitativně to znázorňuje obrázek 2, kde je srovnána teplotní závislost celkové vyzářené intenzity a její části omezené pouze na oblast, kde sklo záření propouští. Pro lepší přehlednost jsou křivky normovány na intenzitu při teplotě $500\text{ }^{\circ}\text{C}$. Z obrázku je zřejmé, že zářivý výkon, který máme k dispozici po průchodu běžnou skleněnou optikou, roste s teplotou mnohem rychleji než se čtvrtou mocninou absolutní teploty, se kterou roste celkový vyzářený výkon.

Z výše uvedených výpočtů plyne, že zobrazit tepelné zdroje IR záření běžnou optikou je možné pouze je-li jejich teplota dostatečně vysoká, téměř $500\text{ }^{\circ}\text{C}$, přičemž každých $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ navíc ztlačně usnadňuje provedení experimentu. Musíme se tak pohybovat na samé hranici teplot, kdy objekt již začíná vyzařovat viditelné světlo.



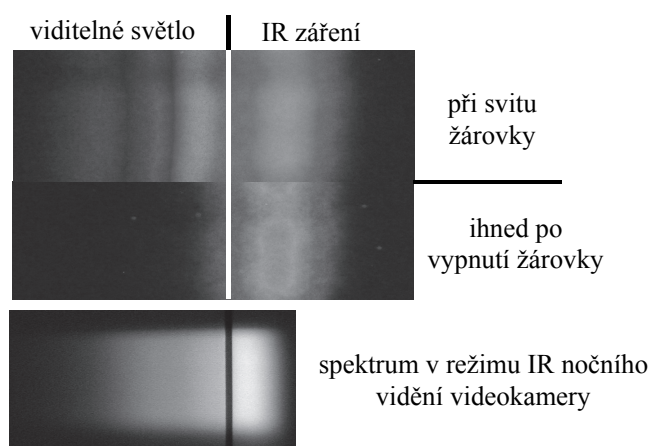
Obr. 1. Záření černého tělesa pro tři vybrané teploty. Šedá oblast vyznačuje část spektra, která dobře prochází sklem.



Obr. 2. Srovnání celkové vyzářené intenzity a intenzity vyzářené v oblasti do $2,5\ \mu\text{m}$ vlnové délky. Křivky jsou normovány na intenzitu při teplotě $500\ ^\circ\text{C}$.

Zobrazení IR spektra

Pomocí termocitlivé fólie lze dosáhnout zobrazení části IR záření žárovky. Použijeme klasické uspořádání hranolového spektrometru. Zdrojem záření by měla být co nejsilnější žárovka. Ideální je lineární halogenová žárovka, která poskytuje vysoký jas v podlouhlém vlákne. Lineární zdroj světla již nevyžaduje štěrbinu – čočkou zobrazujeme přímo samotné vlákno. V tomto uspořádání získáme o dva až tři řády vyšší intenzitu ve srovnání se situací, kdy bychom použili stejně výkonnou klasickou halogenovou žárovku a štěrbinu.



Obr. 3. Zobrazení spektra žárovky na termocitlivou fólii a jeho srovnání s IR obrazem z videokamery [7].

Pro přesvědčivé znázornění přiložíme k termocitlivé fólii umístěné na stínítku bílý papír, na kterém čarou označíme červený kraj viditelného spektra. Po jisté době ozařování stínítka se fólie v předpokládané IR části spektra ohřeje a zřetelně změní barvu. Po vypnutí zdroje záření vidíme, že v místech, kam dopadalo viditelné světlo se fólie prakticky neohřála, viz obrázek 3. To je v souladu s dobře známou skutečností, že většina energie vyzařované žárovkou je v IR části spektra. Zajímavé je porovnání rozsahu spektra IR záření zaznamenaného na fólii a pomocí kamery s IR nočním viděním [7]. Fólie detekuje záření mnohem dále, nejméně do vlnové délky $2,5\text{ }\mu\text{m}$, zatímco citlivost kamery končí přibližně u $1,1\text{ }\mu\text{m}$ vlnové délky.

Zobrazení horkého objektu

Z výše uvedeného textu je zřejmé, že při snaze zobrazit horký objekt obyčejnou skleněnou optikou potřebujeme, aby teplota povrchu tělesa byla blízká $500\text{ }^{\circ}\text{C}$. Této teploty dosahuje například plotýnka spirálového elektrického vaříče (ale nikoliv vaříče s rovnou souvislou plotýnkou). Elektrický vaříč má však značný celkový zářivý výkon, který nežádoucím způsobem ohřívá celé okolí. Lepší výsledky získáme s topnými tyčemi, například z elektrických grilů. Pokud nechceme amatérsky upravovat nějakou součást elektrického spotřebiče, můžeme zakoupit tzv. elektrický zapalovač dřevěného uhlí – obnažená topná tyč s profesionálním bezpečnostním krytím. Příklad zobrazení zapalovače pomocí termocitlivé fólie je na obr. 4. Vidíme, že obraz je převrácený, stejně jako při zobrazení v optickém oboru.



Obr. 4. Obraz zapalovače dřevěného uhlí. Povrchová teplota zdroje $500\text{ }^{\circ}\text{C}$, čočka s průměrem 12 cm a ohniskovou délkou 24 cm, přibližně symetrické uspořádání polohy předmětu a obrazu. Postříbřená část je kontrastnější než ostatní části (viz dále).

Vliv emisivity

Reálné zdroje záření za dané teploty vyzařují menší zářivý výkon než dokonale černá tělesa, mají tedy emisivitu menší než 1. V IR oblasti je emisivita všech izolantů vysoká a blízká emisivitě dokonale černého tělesa. A to bez ohledu na to, jsou-li ve viditelné oblasti světlé nebo tmavé. Kovové lesklé povrchy na druhé straně mají emisivitu vždy nízkou. Toto ukazuje experiment na obr. 5. Zoxidovaná plotýnka vaříče má vysokou emisivitu. Ústa a kulaté oko jsou natřeny stříbrenkou, která má emisi-

vitou nízkou (přibližně 0,25). Křížek na místě druhého oka je z bílé žáruvzdorné barvy. I když je bílý, jeho emisivita v IR oblasti je vysoká. Při zobrazení na termocitlivou fólii jsou proto kulaté oko a ústa mnohem více kontrastní, než křížek.



Obr. 5. Vaříč s motivem a jeho obraz. Obraz je pouze náčrt. V černobílém podání fotografie není patrný žádný kontrast. Při pozorování prostým okem je však pokus přesvědčivý.

Překvapivě odlišný efekt pozorujeme, pokud stříbrenkou natřeme část topné tyče zapalovače. Elektrický příkon podél tyče můžeme považovat za konstantní. Snížení emisivity povrchu tedy znamená zvýšení teploty příslušné části tyče. I když celkový vyzářený plošný výkon musí být v ustáleném stavu nezávislý na emisivitě povrchu, v části pokryté stříbrenkou je větší část emitovaného spektra v krátkovlnné oblasti, a proto větší část emitovaného záření prochází skleněnou čočkou. Toto je zřejmé i na obrázku 3, kde obraz stříbrenkou pokryté části (pravý meandr předmětu, levý meandr obrazu) je jasnější, než obraz zbylé části topného tělesa.

Literatura

- [1] Tokar J.: Zařízení pro pokusy s infračerveným světlem. Veletrh nápadů učitelů fyziky 4. Příbram 1999
- [2] Bochníček Z.: Amatérská videokamera jako detektor infračerveného záření. Veletrh nápadů učitelů fyziky 10. Praha 2005.
- [3] Polák Z.: Náměty na experimenty s infračerveným zářením. Veletrh nápadů učitelů fyziky 15. Praha 2010.
- [4] Bochníček Z., Strumienský J.: Pokusy s ultrafialovým a infračerveným zářením. Veletrh nápadů učitelů fyziky 13. Plzeň 2008.
- [5] http://www.omegaeng.cz/ppt/pptsc.asp?ref=LCS_LABELS&Nav=temf01.
- [6] TIE-35: Transmittance of optical glass. Dostupné online: http://www.schott.com/advanced_optics/german/download/schott_tie-35_transmittance_october_2005_en.pdf.
- [7] Bochníček Z.: An amateur video camera as a detector of infrared radiation. *Physics Education*. vol. 43, no. 1, p. 51-56.

Nové vzdálené experimenty řízené přes internet

PAVEL BROM, FRANTIŠEK LUSTIG, LUCIE FILIPENSKÁ, JIŘÍ DVOŘÁK
UK MFF – Kabinet výuky obecné fyziky

Abstrakt

V příspěvku představujeme nové reálné experimenty řízené přes Internet prostřednictvím JAVA objektů. Tyto experimenty jsou fyzicky umístěny ve vzdálené laboratoři UK MFF a jsou volně přístupné komukoliv a kdykoli na adrese [1]. V rámci strategie výuky zvané integrovaný e-learning jsou doplněny e-texty s teorií a popisem, případně vhodnou simulací a multimediálními objekty (např. krátká instruktážní videa). Podrobněji jsou popsány dva experimenty: a) vnější fotoelektrický jev a b) studium radioaktivity a způsoby ochrany před ionizujícím zářením. Reálná data z těchto experimentů lze jednoduše stáhnout do programu typu MS Excel a následně statisticky a graficky zpracovat. Experimentální data lze využít jednak ve vyučovací hodině, tak i při domácí práci studentů, a to ve fyzice, informatice (práce s MS Excel) i v základech statistiky (radioaktivita jako přírodní zdroj náhodných čísel).

Úvod

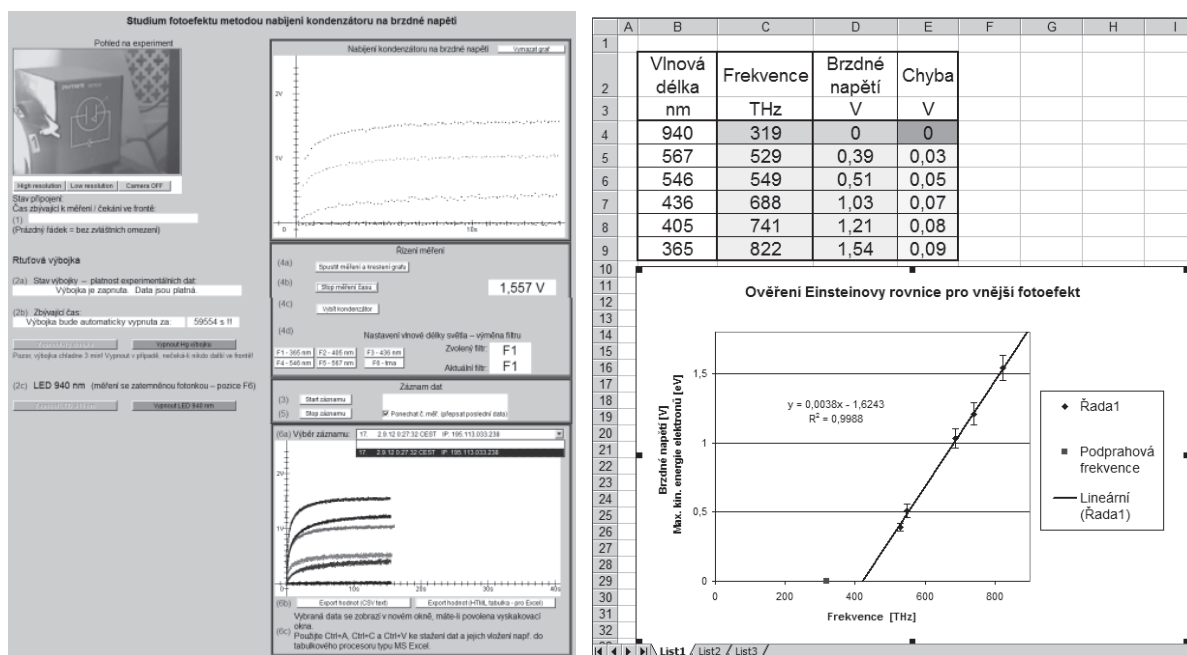
V některých tématech z fyziky není možné provádět experiment, protože škola nemá potřebné, zpravidla nákladné pomůcky (např. vakuovou fotonku), protože experiment je komplikovaný nebo časově náročný (zdlouhavá a jednotvárná měření radioaktivity) anebo z důvodu nebezpečnosti experimentu (např. práce se silnějšími radioaktivními zářiči). Řešení přináší strategie integrovaného e-learningu, jejímiž prostředky jsou e-texty či e-učebnice s teorií, simulace (aplety) a především reálné vzdálené experimenty volně přístupné komukoliv, kdykoliv a odkudkoliv přes Internet.

Experimenty v české vzdálené laboratoři [1] poskytují reálný obraz měřicí aparatury prostřednictvím webkamery, průběžný grafický náhled změřených hodnot (tyto se neukládají) a záznam dat podle přání uživatele. Data lze nakonec jednoduše stáhnout do běžných tabulkových procesorů (MS Excel, OpenOffice Calc apod.). Následně se studenti mohou zaměřit na vědecké metody zpracování vlastních naměřených hodnot, což zahrnuje především použití statistiky a grafické zpracování dat (proložení hodnot očekávanou modelovou funkcí, v MS Excel *přidání spojnice trendu*).

Dále uvádíme pro inspiraci příklady použití dvou vzdálených experimentů jak ve vyučovací hodině (výklad, zkoušení), tak při domácí práci studentů včetně typických výsledků. Jedinou podmínkou je stabilní a dostatečně rychlé připojení k Internetu (vyzkoušejte si ve své škole) a instalace JAVA Runtime Environment (JRE) – volně stažitelného z [2]. Pro **přípravu** na hodinu vždy doporučujeme rezervovat si čas a k úloze se přihlásit přes *rezervační systém* [3] a v předstihu si připomenout ovládání aparatury, popř. spustit záznam změřených hodnot, které lze v hodině přímo ukázat.

a) Vnější fotoelektrický jev

Učitel i studenti si mohou pro vzdálené experimentování vybrat jednu ze dvou běžných metod: 1) jednodušší nabíjení kondenzátoru na brzdné napětí, což je vhodné k demonstraci ve vyučovací hodině, nebo 2) komplexnější studium voltampérových charakteristik vakuové fotonky, z nichž je nejprve třeba vyhodnotit brzdná napětí pro různé vlnové délky elektromagnetického záření dopadajícího na fotokatodu. K dispozici jsou i podprahové frekvence, při nichž k vnějšímu fotoefektu zjevně nedochází.



Obr. 1. Uživatelské rozhraní vzdáleného experimentu na vnější fotoefekt – nabíjení kondenzátoru na brzdné napětí (vlevo). Ukázkové zpracování v MS Excel (vpravo).

Při domácím samostatném zpracování by studenti měli vyhodnocená brzdná napětí vynést do grafu v závislosti na frekvenci elektromagnetického záření. V případě nabíjení kondenzátoru hodnoty přímo odečtou z uživatelského rozhraní a chybu odhadnou anebo mohou v záznamu měření zprůměrovat hodnoty, kdy je napětí na kondenzátoru již dobře ustálené a odpovídá hodnotě brzdného napětí. Před měřením nesmíme kondenzátor zapomenout vždy vybit! V případě V-A charakteristik se brzdné napětí vyhodnocuje jako střední hodnota průsečíku charakteristiky s vodorovnou osou napětí na fotonce, kdy se objevuje fotoproud. (Nepatrný parazitní fotoproud z anody lze vůči fotoproudu z katody zanedbat, popř. při nejmenším zesílení si ho nevšimneme.) Jeli-kož v této úloze měříme velmi malé fotoproudy s šumem, měření brzdných napětí je nevyhnutelně zatíženo relativní chybou okolo 10 %, na což bychom měli studenty upozornit.

Ukázka vypracování je na obr. 1, příslušný dokument MS Excel lze stáhnout z [4]. Všechny 5 bodů ležících v přímce potvrzuje platnost Einsteinovy rovnice pro vnější fotoelektrický jev. Ze směrnice přímky kolem $0,0038 \text{ V/THz} = 3,8 \cdot 10^{-15} \text{ V} \cdot \text{s}$ lze po vynásobení nábojem elektronu získat experimentální hodnotu Planckovy konstanty

asi $(6,1 \pm 0,7) \cdot 10^{-34}$ J·s. Průsečík se svislou osou neboli absolutní člen ve směrnice-
vém tvaru přímky potom odpovídá výstupní práci v jednotce elektronvolt – tzn.
($1,6 \pm 0,2$) eV, kterou lze obdobně po vynásobení nábojem elektronu převést na jouly
(J). Z e-návodu se studenti dozvědí, jak do společného grafu vynést vybrané body
a proložit jimi modelovou funkcí, dále jak přidat body, které jsou zatíženy hrubou
chybou měření či které na modelové funkci neleží (zejména ověření podprahové
frekvence). Téma vnějšího fotoefektu je rovněž vhodné k uvedení problematiky chyb
měření a jejich znázornění pomocí chybových úseček. Zpracování úlohy je zároveň
vynikající cvičení na zápis čísel i popis os v semilogaritmickém tvaru, resp. procviče-
ní dílčích a násobných jednotek soustavy SI (nano, tera).

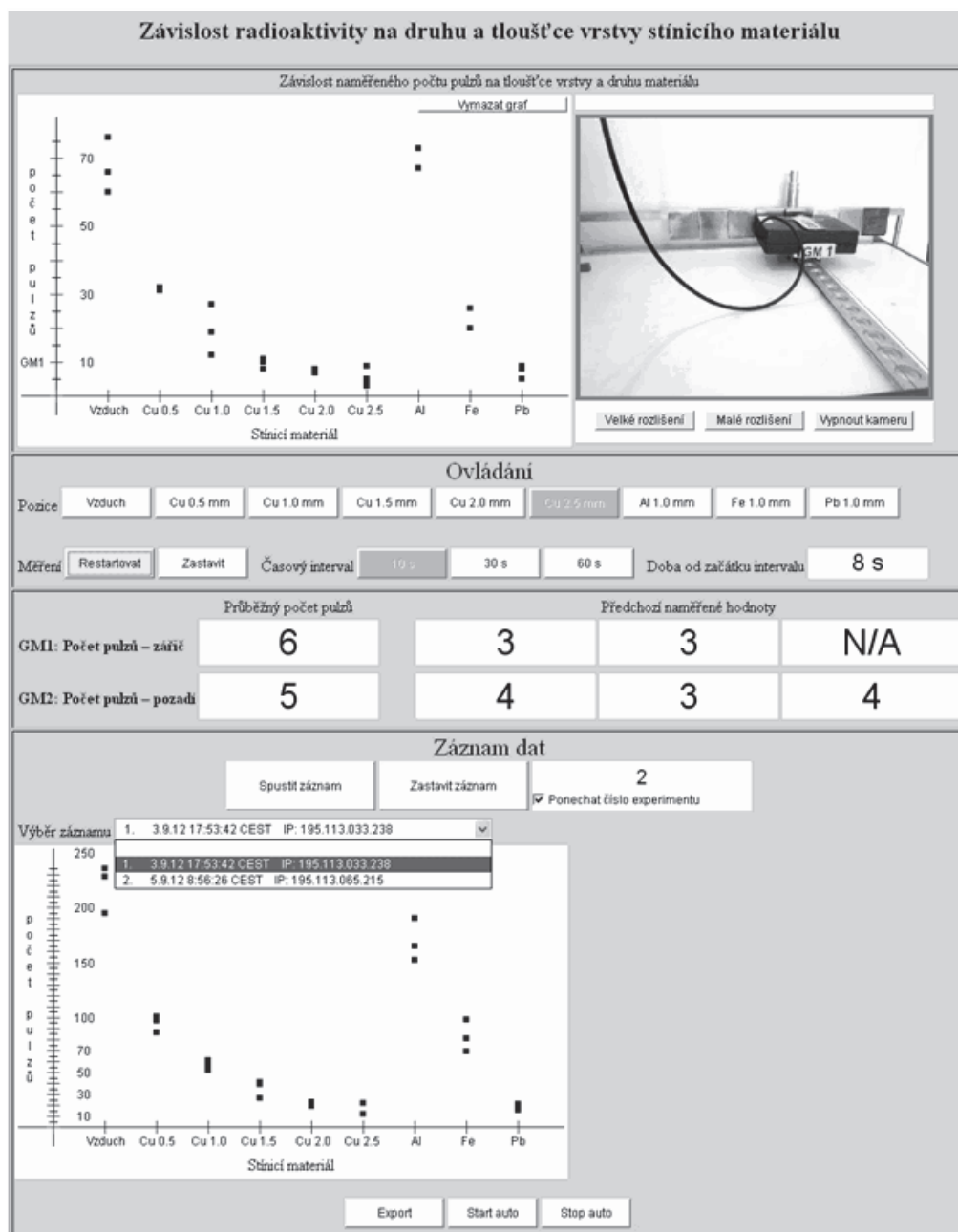
b) Studium radioaktivity

Nový vzdálený experiment ke studiu radioaktivity využívá dva Geigerovy-Müllerovy
čítače – jeden je odstíněn od zářiče a průběžně monitoruje přírodní radioaktivní poza-
dí, druhý je připojen k XY polohovacím zařízení. Díky tomu lze zkoumat závislost
poklesu počtu pulzů jednak na *vzdálenosti od zářiče*, jednak s *rostoucí tloušťkou vrst-
vy* i podle *druhu stínícího materiálu*. S úlohou lze demonstrovat, že 1) přírodní radio-
aktivní pozadí je přirozenou součástí životního prostředí, že má náhodný charakter,
případně že jako příklad řídkého náhodného jevu jej popisuje tzv. Poissonovo rozdě-
lení; 2) že ochrana vzdáleností od radioaktivního zářiče i dobou expozice jsou jedno-
duché a intuitivní způsoby naší ochrany před zdroji ionizujícího záření a 3) že
ochrana stíněním je velmi efektivní způsob ochrany před ionizujícím zářením
v průmyslu či zdravotnictví. Viz obr. 2.

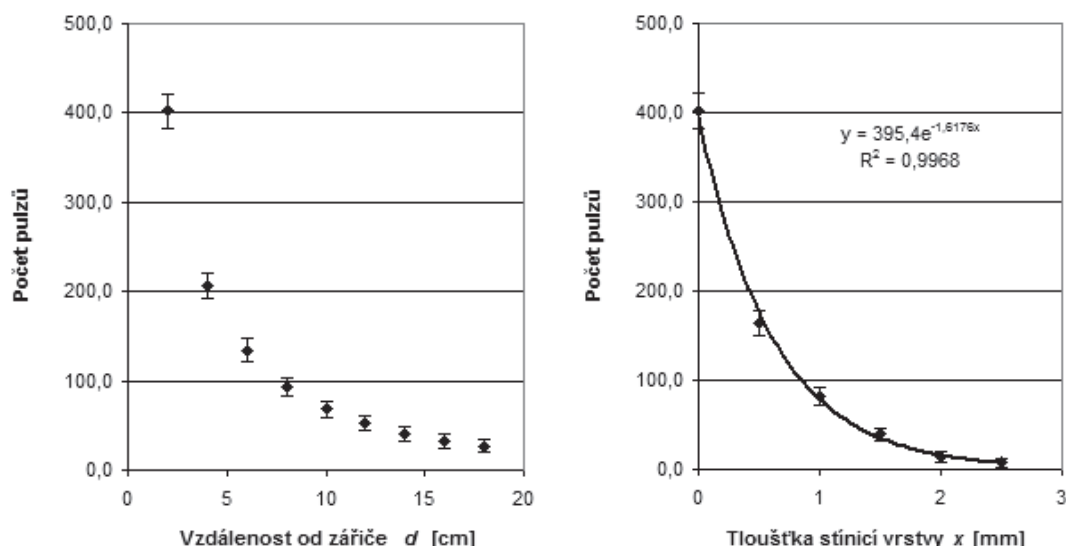
V úlohách 1) lze vysvětlit a procvičit základy statistického zpracování – průměrná
hodnota a výběrová směrodatná odchylka, případně rozdělení četností výskytu při
ověření Poissonova rozdělení – podrobněji viz e-texty k úloze [1]. Úlohy 2) a 3) de-
monstrují význam statistiky při popisu náhodných jevů, kdy jednotlivá měření mají
nízkou vypovídací hodnotu, zatímco průměrné hodnoty konvergují k očekávaným
hladkým závislostem. Demonstrace závislosti 2) je vhodná do vyučovací hodiny (lze
využít tlačítko Start AUTO a po dokončení automatického měření si prohlédnout vý-
sledek). Zákon převrácených čtverců odvozený pro bodový zdroj zde však
s experimentálními hodnotami nesouhlasí přesně, což lze zdůvodnit geometrií uspo-
řádání pokusu (nemáme bodový zdroj a účinná plocha G-M trubice neodpovídá před-
pokládané sférické ploše). Naopak v úloze 3) lze ověřit platnost Lambertova-Beerova
zákona, kdy lze všemi 6 zprůměrovanými hodnotami proložit exponenciální funkci
s ohledem na chyby měření (tj. výběrové směrodatné odchylky). Případné větší od-
chylky lze vždy zdůvodnit náhodnou chybou při měření. Navíc náhodnost radioaktiv-
ního rozpadu umožňuje snadno odhalit kopírované protokoly.

Pro každou z úloh 1–3) lze využít hodnoty naměřené při opakování experimentu.
V případě, že žádný uživatel není vzdáleně přihlášen, měřicí server provádí minutová
měření ve všech pozicích. Tato data z **dlohodobého** automatizovaného měření lze
stáhnout přes zvláštní rozhraní a provést statistické zpracování na rozsáhlejších statis-
tickém souboru. (Takto lze např. demonstrovat význam počtu opakování měření při
statistickém zpracování: jednotlivá měření pravděpodobně budou velmi rozptýlena

kolem očekávané hladké závislosti (modelové funkce), zatímco průměrné hodnoty se k ní velmi dobře přibližují s rostoucím počtem měření. Podrobnější návod ke statistickému zpracování v MS Excel s využitím funkce KDYŽ (IF) je rovněž uveden v e-textech, účastníci konference najdou ukázkový dokument MS Excel na adrese [4]. Do pracovního listu MS Excel stačí postupně přidávat změřené hodnoty z libovolně zvoleného období (které mohou zvolit studenti v hodině) a pozorovat konvergenci průměrů k jisté hladké závislosti. Viz též obr. 3.



Obr. 2. Uživatelské rozhraní vzdáleného experimentu ke studiu radioaktivity.



Obr. 3. Ukázka zpracování z dlouhodobé statistiky v MS Excel – ochrana před zdroji ionizujícího záření *vzdáleností* (vlevo) a *stíněním* (vpravo).

Závěr

Vzdáleně řízené experimenty umožní zpestřit a obohatit výuky fyziky, matematiky a informatiky, a to zejména pro vybraná témata, kde se klasický pokus zpravidla neprovádí. Využívá se sdílení nákladného či složitého experimentálního vybavení prostřednictvím Internetu a dalších výhod integrovaného e-learningu (non-stop provoz měřicích serverů, dlouhodobé měření pro získání rozsáhlého statistického souboru, neomezený přístup do vzdálené laboratoře). Studenti se mohou seznámit s metodami vědecké práce a ověřit si soulad teorie a experimentu pro mnoho zajímavých jevů – z kvantové fyziky a optiky např. studium vnějšího fotoelektrického jevu, ověření Heisenbergových relací neurčitosti; nově testujeme studium spektra atomu vodíku a ověření Ritzova-Rydbergova kombinačního principu pro Balmerovu sérii spektrálních čar. Z optiky jmenujme studium a praktické využití polarizace světla. Viz rozcestník na jednotlivé experimenty s teorií ve vzdálené laboratoři [1].

Poděkování

Vznik nových vzdálených úloh a výzkum jejich efektivity byly podpořeny grantem MŠMT – FRVŠ č. 957/2012 a grantem GAUK č. 4466/2011.

Literatura

- [1] Lustig F., Brom P., Dvořák J.: Česká vzdálená laboratoř – rozcestník na vzdálené experimenty včetně studijních textů. <http://www.ises.info>
- [2] Java Runtime Environment (JRE). <http://www.java.com/en/download/index.jsp>
- [3] Lustig F.: Rezervační systém. <http://kdt-12.karlov.mff.cuni.cz/rezervace.php>
- [4] Brom P.: Ukázky zpracování. <http://kdt-38.karlov.mff.cuni.cz/Veletrh/17.zip>
http://www.ises.info/ises_data/experiment/radioactivity/Veletrh/17.zip

Centrum Nauk Przyrodniczych w Publicznym Gimnazjum Nr 6 w Opolu

*BEATA BUJAK, ZOFIA GODLEWSKA, MAŁGORZATA OCIEPA,
ALEKSANDRA OPASKA, KRYSZYNA RACZKOWSKA-TOMCZAK,
ANNA TRZEBUNIAK*

Centrum Nauk Przyrodniczych w PG 6 w Opolu

Translated by: KRZYSZTOF GULCZYŃSKI

Abstract

We are going to show how we integrate the content of physics, mathematics, chemistry and biology with the humanistic subjects during our lectures in the Natural Science Center. The Center was established in the Public Junior High School No. 6 in Opole in the school year 2011/2012.

Teachers who are conducting classes have a common theme – the air.

We will present a short video that will describe this element and posters which show selected experiences that we practise during our classes.

The Natural Science Center in Opole

The Natural Science Centre is the first institution of this kind which is acting at school in Poland. Through coming years we will be carrying out project „Four Elements”. This year we focused on the first element - air. Classes are conducted for kindergartens, primary schools and junior high schools. For the new school year also for children with physical disabilities. Pupils from our school will help them during the experiences.

All participants take part in the cycle of four classes of biology, chemistry, physics and mathematics. For these classes there are coming organized groups from all kinds of schools. On Saturdays, there are open classes for pupils and their parents.

During the all classes, the experiments with available devices are performed and its simple versions with use objects and materials of everyday use was prepared, which pupils can repeat at home.

Polish – The film "Four Elements" is an introduction to discussed issues. In the framework of the project implementation "Four Elements", which assumes integration between the subjects and joins natural sciences with humanistic ones, teachers and pupils created the film "Four Elements".

To reach this target there were used photographs available on the internet. Four elements were presented from the smallest particles – e.g. lumps of earth, droplets of water, sparks of the fire, bubbles of air – to phenomena in the macro dimension of the

river, seas, oceans, fields of the earth seen from the flight of a bird, fires absorbing vast areas, hurricanes and whirlwinds constituting a real danger for the man.

Carefully selected music had to illustrate the shown element. The text was drawn up together with Mrs Bożena Jeluków.

The whole film was carried out with using the straight in service the Movie Maker program (by Anna Trzebuniak).

Model plots handed over on classes at individual subjects and descriptions of experiences illustrating discussed issues.

Biology, chemistry, physics

The earth's atmosphere – held thanks to the gravity. It is a combination of gases: nitrogen (78 %), oxygen (21 %), and 1 % of argon, carbon dioxide, helium, neon light, krypton, xenon, methane and hydrogen. If the planet has the same size as an orange, then the thickness of her atmosphere would be equal to the thickness of the paper in which it was wrapped up.

Along with the increase of the height the atmosphere is undergoing the rarefaction: the 80 % of her mass is falling on bottom 10 km (at this height air isn't suitable already for any respiration). There is already only 1 % of her mass above 30 km. By 800 km on 1 cm³ only 106 atoms are falling to the height (gas rules aren't applicable here), above 1500 km 1 atom is falling on 1 cm³ – this density is comparable with the density of interplanetary vacuum

The atmosphere is divided into 5 layers:

Troposphere – here all physical phenomena affecting the weather are reached to the about 11 km. Being a part of the stratosphere heights from 19 to 23 km is particularly rich in ozone. It is called the ozone layer and plays an important role in the safeguard of all living organisms against the detrimental action of the ultraviolet radiation, emitted by the Sun.

In this layer the temperature is decreasing monotonously with the increasing in the height about 0,6°C/100 m and on the upper limit of the troposphere achieves value from -55 °C (above polar areas) to -80 °C (above equatorial areas).

Stratosphere – to the about 50 km, in this area a majority of long-range and military planes are moving. There is the ozone layer which is consuming a large portion of the energy of the sun. It contributes to the temperature rise in the height of about 50 km, and it achieves positive values.

Mesosphere – up to the about 80 km – a low temperature rules in it but air is still enough thick that falling meteors can be burnt in it. In mesosphere the aurora appears. The air temperature is decreasing with increasing of the altitude.

Thermosphere (ionosphere) – up to the about 800 km – in this layer space shuttles orbit (350 km), the temperature is rising in relation to absorbing the solar radiation and achieves values higher than 1500 °C).

Exosphere above – 800 km the most outside layer of the earth's atmosphere consists mainly of hydrogen and helium. The temperature is decreasing close to the absolute zero (-273,15 °C). It is going into the interplanetary space.

Possibility of existing on various heights

Simple Respiration – 100 % of oxygen on the sea level, where the human organism is functioning normally.

Heavy breathing – 75 % of oxygen on the height of 2500 m above sea level (e.g. Rysy – Tatry Mountains of 2499 m above sea levels). At this height every organism feels the influence of thin air. Breath becomes faster because there is less oxygen in blood. The brain is swelling slightly, causing headaches and nausea.

Civilization stops here – 50 % of oxygen at 5000 m above sea level. The highest town in the world is Rinconada in Peru (5099 m a.s.l.). There is about 30 000 inhabitants. Above this point there aren't any human settlements.

No man is able to adapt of one's organism for all-year-round staying in conditions prevailing above 5000 m a.s.l. Lungs expels more carbon dioxide, disturbs the balance in the pH process of blood (pH blood becomes more alkaline). Kidneys secrete more water so that blood can reach the appropriate level of acidity. This leads to the organism's dehydration.

The greater quantity of erythrocytes causes the increasing of the blood viscosity what is hindering the action of the heart. Therefore, people born on the greater height (e.g. Szerpowie – inhabitants of Himalayas in India and Nepal) they have bigger hearts, which pump blood more effectively. Their lungs and tissues have more capillaries so the transport of oxygen is more facilitating.



Zone of the Death – 30 % of oxygen on the height of 8850 m a.s.l. On the Earth, there are fourteen of such peaks – 10 in the Himalayas and 4 in Karakorum. On the Mount Everest (8848 m a.s.l.) the pressure is taking out about 280 hPa, that is approximately 3,5 times smaller than on the sea level.

Therefore Himalayan mountaineers have pains and the giddiness, palpitation of the heart – even during the rest, the sleeplessness, the poor appetite, irritation, pains in the muscles, nausea, vomiting, swelling on the face, hands and feet, problems with the miction. Lowering the pressure surrounded by the man causes the gasses' expansion contained in digestive tract, middle ear, imprecisely filled dental losses. As a re-

sult of it there appear health problems like: flatulences, intestinal colics, earaches, teeth aches and bay aches.



During the violent and big decrease of pressure, gasses expand suddenly in lungs. It can lead to pulmonary oedemas. A pulmonary tissue can be damaged. However the cerebral oedema is responsible for hallucinations – seeing apparitions or hearing sounds, e.g. orchestras.

Physics and biology

Experiment 1

In the plastic bottle we do three holes with the needle heated up. Next we fill the bottle up with water and observe reaches of streams flowing out from individual holes.

The pressure decreases with altitude.



Experiment 2

Empty bottle made of soft plastic is filling with hot water up to the about 2–3 cm from the bottom, then we turn it off. Next we cool down the bottle in the cold water. The pressure inside is decreasing so the external pressure is crumpling the bottle.



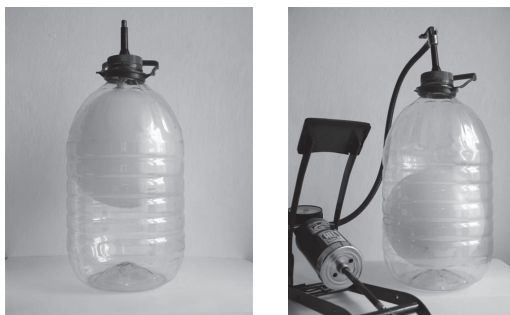
Experiment 2a

Into the empty can we are pouring waters into the about 1 cm and we warm it on the gas cooker (bringing the water to the boil). Next with pliers we should take the can from the burner and turn it away, then we plug it in the bowl with the cold water. The can with a rumble is crushed.

Experiment 2b

We fix a car valve to a cap of 5 litre bottle. We put a little balloon into the bottle and pump it to make it touch bottle's walls. Then we turn on a cap and with a car pump we compress air in a bottle until a balloon starts to fall.

The pressure higher than the atmospheric one is able to crumble us.



Experiment 3

Under the lampshade of a vacuum pump we put the pigs' lungs. After pumping air out lungs enlarge greatly.



Experiment 3a

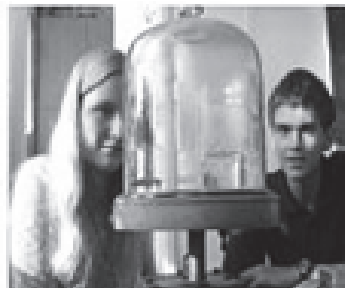
Into the 2 litre bottle made of the hard plastic we cut the bottom and put on it the thin rubber glove which will perform the role of the diaphragm. Next we fit the cork with two holes in which we put two glass tubes. To the ends of the tubes we fix two balloons. Next we cork it tightly, this way that balloons nailed to tubes are found inside the bottle. We demonstrate the rule of operation of lungs: stretched glove – lowered pressure inside the bottle – lungs are increasing in their volume, not stretched glove – lungs are reducing their volume.

Experiment 3a was presented by Italians during Physics on Stage 3 in Netherlands 2003.



Experiment 4

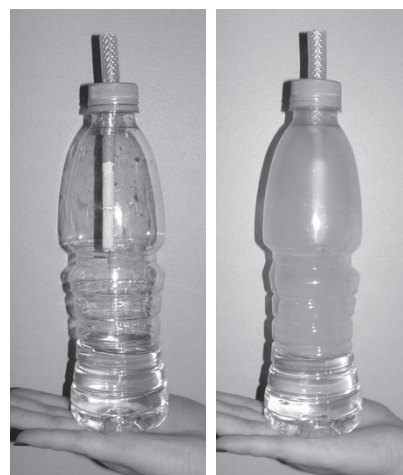
We put a glass filled with 70 °C water under the cover of vacuum pump. After the air is pumped out water boils in the reduced pressure.



Another danger is the phenomenon of boiling body liquids, which may be dangerous in stratospheric flights. On the height of 19,2 km the pressure is so low that the temperature of boiling water equates 37 °C. It is relevant for the temperature of human body. We can deduce then, that on this height human body liquid can be boiled. Such experiments were run on animals in pressure chambers.

Experiment 5

In plastic 0,5 litre bottle we do the small hole (on the height of the about 1 cm from the bottom). We pull the 10 cm rubber tube through the screw cap of the bottle. In the bottle we stop the hole, pouring waters into it, and to the rubber tube we put the cigarette. After light the cigarette, we remove the stopper in the bottle. Water leaking out causes sucking of the cigarette smoke. When water leaks out, we put the cigarette out, and then we twist the bottle off. We take a clean piece of cotton and we pour out the water which stayed at the bottom on it. The chemical substances contained in the cigarette smoke will settle on cotton.



<http://patrz.pl/filmy/jak-oduczyc-sie-palenia>

Chemistry

Detection of air

Experiment 1 (Detection of air)

Into the plastic bottle we put the rubber balloon and we try to fill it with the exhaled air. Next into the same bottle we put the tube to drinks and again we blow the balloon up. In both cases we are observing the degree of filling the balloon.



Experiment 2

We are filling the big dish with water. From a sheet of paper we shape the ball and put it at the bottom of the plastic small mug. We invert the cup upside down and submerge in a bowl of water. After taking the mug out we are checking how the paper ball looks like.

Weighing the air

Experiment 3

We are putting two glass bottles closed tightly on small scale pans of the food scale with vacuum corks. Using weights we lead the weight to the equilibrium position. Using a vacuum pump from one bottle we are pumping air off. Then again we lead the weight to the equilibrium position.



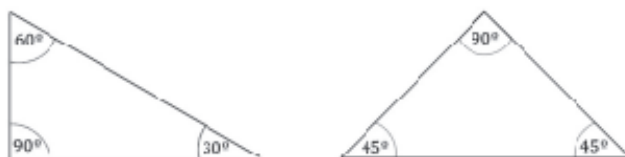
Appointing the density of air

Experiment 4

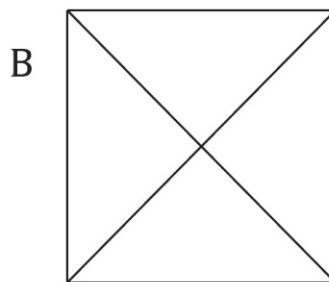
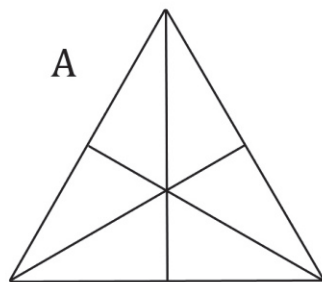
We are filling the bottle from previous experience up with water and we close it tightly with vacuum cork. Next we are pouring water to the cylinder and read the volume of liquid out equivalent of capacity of the bottle. Then we calculate the density of air dividing the air mass appointed in previous experience by the volume the bottle.

Mathematics – How many walls does the air have?

Class topic like “How many walls does the air have” forces all attendees to resist. Have you ever heard about such thing? The air having walls? The answer could be found in ancient times! Many ancient cultures gave already some theories according to which the whole world is build up from basic elements. Plato (427-347 B.C.) presented his Geometric Atomism Theory in which he marked two geometrical forms to be the basics matter structure. To be precise two types of right-angled triangles: equilateral right-angled triangle and different-arm right-angled triangle with 30, 60 and 90 degree angles. He explained the variety of matter due to infinite number of those elements possible combinations.



Folding appropriate amounts of right-angled triangles of one kind, participants in classes are creating arrangements called by the Plato “mathematical elements”.



First from elements, equilateral triangle is an object of pupils' further action. Students using play dough and plasticine should build equilateral triangles.

Resources	Task
3 sticks	One equilateral triangle
4 sticks	Two equilateral triangles
6 sticks	Four equilateral triangles

To obtain a tetrahedron – the first of Plato solids use six bars – create four equilateral triangles. Plato thought that the world consists of four basic elements like: water, fire, earth and air which are built from corresponding regular polyhedrons.

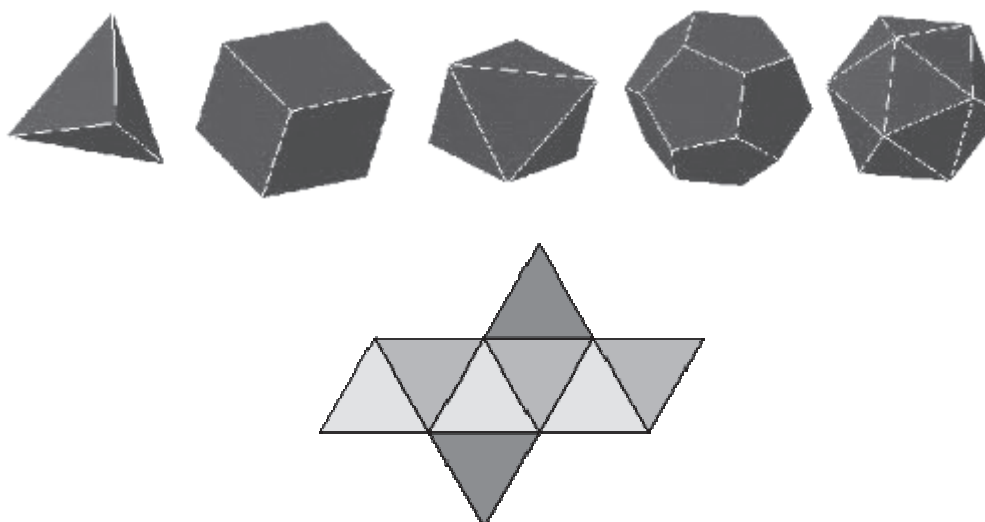
Fire – tetrahedron

Earth – hexahedron

Air – octahedron

Cosmos – dodecahedron

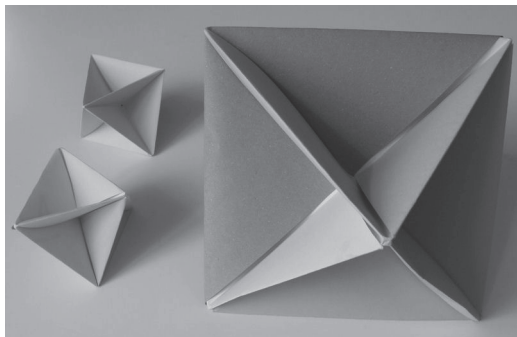
Water – icosahedron



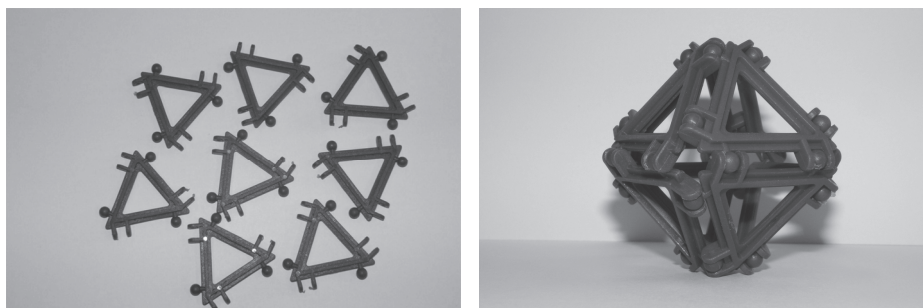
Assuming the theoretical part the answer for given question seems to be quite clear.

Creating an octahedron model made from previously built mesh is definitely an educational task; additionally your spatial intelligence will be strongly used and even improved.

The air models can be done due to origami technique (www.matematyka.wroc.pl)



The easiest octahedron model version may be made from REGO blocks.



References:

- [1] D. Tokar, B. Pędzisz, B. Tokar; Doświadczenia z fizyki dla szkoły podstawowej, z wykorzystaniem przedmiotów codziennego użytku, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1990
- [2] National Geographic, maj 2003. s. 98
- [3] Współczesny świat w nauce; Świat Książki, Warszawa 2003, s.290
- [4] Dougal Dixon; Encyklopedia „Wiedzy i Życia” , „Atmosfery i oceany”, Wiedza i Życie 1991, s.22.
- [5] Robert J. Brown; 200 doświadczeń dla dzieci, Wydawnictwo Prószyński i Spółka, Warszawa 1999
- [6] Hermann Krekeler, Marlies Rieper-Bastian Fascynujące eksperymenty łatwe, odkrywcze, zaskakujące, red. Katarzyna Andrzejczuk, Warszawa 2002
- [7] Janice Van Cleave 101 ciekawych doświadczeń, Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1993
- [8] Bertrand Russell, Dzieje filozofii Zachodu; Fundacja Aletheia 2000
- [9] Anne Rooney, Fascynująca matematyka; Bellona 2011
- [10] Małgorzata Mikołajczyk, Ośmiościan dla leniwych; www.matematyka.wroc.pl
<http://meteorologiaonline.republika.pl/atmosfera.htm>
- [11] Mountain A; Nurkowanie; Galaktyka, Łódź 2003

Korespondenční semináře MFF UK pro studenty se zájmem (nejen) o fyziku

ALENA BUŠÁKOVÁ

*Studentský seminář a časopis M&M pořádaný MFF UK v Praze
alcabusakova@gmail.com, <http://mam.mff.cuni.cz>*



KAREL KOLÁŘ

*Fyzikální korespondenční seminář pořádaný MFF UK v Praze
karel@fykos.cz, <http://fykos.cz>*



Abstrakt

Korespondenční semináře M&M a FYKOS jsou určeny pro žáky, které baví uvažovat o světě skrze fyziku a nebojí se matematiky. V příspěvku chceme seznámit učitele s tím, jak semináře fungují, jaké typy úloh (teoretických i experimentálních – „Co se stane, když...?“) studenti řeší a co dalšího jim účast v semináři přináší (soustředění, pokusy a exkurze na vědecká pracoviště v rámci Dne s experimentální fyzikou, soutěž Fyziklání a mnohé další).

Co je to korespondenční seminář

Seminář je forma soutěže pro studenty probíhající během školního roku, kdy studenti několikrát dostanou zadání několika úloh v sérii. Úlohy jsou tak zvané neučebnicové, tedy nikoli typu „spočítej...“, ale často nastolí zajímavou otázku „co se stane, když...“. (Příklady úloh jsou uvedeny dále.) Řešitelé mají zhruba tři týdny na přemýšlení a poté svá řešení, která mohou být i jen částečná, pošlou organizátorům, kteří je opraví, obodují a pošlou zpět řešiteli.

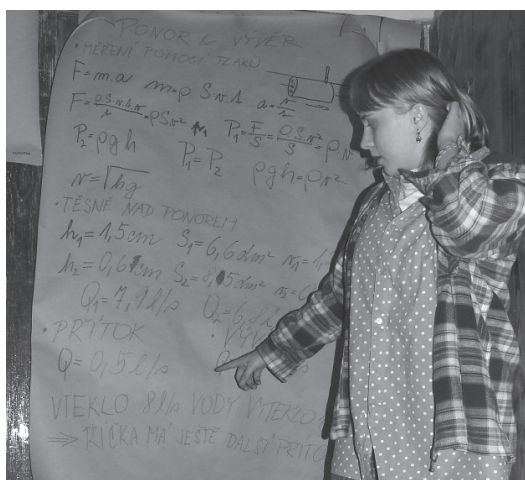
Podle počtu získaných bodů se stanoví výsledková listina, podle níž jsou řešitelé dvakrát ročně zváni na soustředění a jsou také odměňováni cenami. Úspěšným řešitelům obou seminářů jsou **odpuštěny přijímací zkoušky na MFF UK**.

Pod slovem seminář se však skrývá nejen soutěž, ale spousta dalších aktivit, jako jsou odborná soustředění, soutěž Fyziklání (jak naživo v Praze, tak v online variantě), zajímavé články v časopise nebo návštěvy pracovišť v rámci Dne s experimentální fyzikou.

Semináře organizují především studenti MFF UK pod odborným vedením garantů z řad akademických pracovníků fakulty. Záštitu finanční a organizační, ale hlavně podporu organizátorského nadšení poskytuje Oddělení pro vnější vztahy a propagaci fakulty. Toto fungování má již více než dvacetiletou tradici.

Jak probíhají soustředění

Soustředění probíhají dvakrát do roka v různých částech republiky na základně blízko přírody. Pro účastníky je připraven odborný program, tj. dopolední přednášky na nej-různější témata (náhled do vysokoškolské látky či přiblížení zajímavých témat současné vědy) a večerní práce na projektu, jehož výsledky si pak vzájemně přednášejí v rámci konferenčního večera, kde si vyzkoušejí zpracování dat i ústní prezentaci vlastní práce. Častými projekty jsou nejrůznější fyzikální experimenty, třeba měření ohybu laserového paprsku v různě slané vodě, nebo hravá témata, například zkoumání toho, jak výhodné je používání pokličky při ohřevu vody (tj. přivedení k varu či udržování v něm) v nádobách z různých materiálů při různém stupni výkonu vařiče.



Obr. 1. Prezentace měření průtoku potoka.

Nedílnou součástí je také program zážitkový, tedy různé hry, pohybové i tvůrčí aktivity atd., to vše tematicky zasazeno do legendy soustředění (například stavba železnice, dobytí severního pólu, olympijské hry). Hry slouží jednak jako odlehčený protipól k přednáškám, ale také k bližšímu seznámení účastníků (a účastnic).



Obr. 2. Stavba trebuchetu.

Především na soustředění naváží řešitelé kontakty se studenty MFF, kteří jim rádi pomohou v hloubání nad složitějšími matematickými či fyzikálními problémy. Díky návštěvám a přednáškám učitelů z fakulty, ale i díky seznámení se s jejími studenty získají řešitelé obrázek o tom, jaké je to studovat na Matfyzu, což je při výběru školy určitě výhoda.

Časopis M&M

Je zaměřen na fyziku, matematiku i informatiku. Nabízí řešitelům kromě tradičních zadání úloh také seriál, témata a možnost otištění vlastních článků.



Obr. 3. Narozeniny maskota M&M – Rikiho.

Seriál je povídání na pokračování z určité oblasti (loni to bylo téma na pomezí fyziky a informatiky – číslicové obvody). V každém čísle vyjde další část článku, který objasní danou problematiku, jejíž pochopení využije řešitel při řešení přidružené úlohy.

Témata jsou problémy bez předem daného řešení či přístupu, které jsou nastíněny řešitelům, a jejichž řešení mohou pojmut volně, přičemž výsledky jejich práce jsou otisknuty v časopise jako článek (s dodatky a komentáři od organizátorů). Téma se podobně jako seriál vine celým ročníkem, takže řešitelé mohou vycházet z předchozích článků jiných řešitelů nebo na ně reagovat, stejně jako napsat článků více, když ty další zpřesní nebo dostanou nový nápad. Příkladem loňských témat jsou třeba Sociální sítě, kdy řešitelé zkoumali, kolik máme známých, kolik známých známých a jak to vlastně zjistit, či jak rozumně odhadnout nebo spočítat, přes kolik lidí známe každého obyvatele České republiky. Příkladem fyzikálního tématu, které více přiblížíme dále, je například Neznámý materiál.

Články řešitelů jsou velmi vítanou součástí čísla. Většinou vznikají na základě prezentace na soutředkové konferenci, ale vítány jsou i vlastní náměty řešitelů. Články jsou také bodově ohodnoceny, podobně jako příspěvky k tématům.

Fyzikální korespondenční seminář = FYKOS

FYKOS má v každé sérii různé typy úloh, z toho je vždy jedna úloha experimentální a jedna seriálová s doprovodným studijním textem. Tématem seriálu v loňském škol-

ním roce 2011/2012 byla astronomie a astrofyzika, v dalším školním roce to bude plazma. Celé seriály z minulých let můžete najít v ročenkách v archivu [1].

Výpočty fyzikálních úkolů = Výfuk [2]

Součást FYKOSu běžící prakticky jako samostatný seminář pro základní školy a nižší ročníky víceletých gymnázií. Má vlastní úlohy, vlastní pořadí, vlastní tábor.

Den s experimentální fyzikou = DSEF [3]

Jeden den, obvykle v březnu, v jehož průběhu mají účastníci semináře možnost navštívit různá experimentální pracoviště. Dopoledne bývá obvykle program na části MFF UK a odpoledne se přesouváme na některé pracoviště FzÚ AV ČR.

Týden s aplikovanou fyzikou = TSAF [4]

Akce, která dříve navazovala na DSEF. Další TSAF je již plánován, a to na přelom listopadu a prosince. Tentokrát ho pojmem ve velkém stylu a vypravíme se do zahraničí na poznávací zájezd. Hlavním cílem bude **CERN**, dalšími pak technická muzea, automobilka Audi a další. Podrobnosti najdete na webu akce, až bude podoba zájezdu finální. Zájezd bude přístupný i novým řešitelům FYKOSu.

FYKOSí Fyziklání [5] a Fyziklání online [6]

Jednorázové týmové soutěže v počítání fyzikálních a matematických příkladů. FYKOSí Fyziklání probíhá tradičně v Praze. 15. února 2013 proběhne její 7. ročník. Fyziklání online je obdobná soutěž, která probíhá v online formě. Její druhý ročník proběhne nejspíš na začátku prosince.

Přednášky pro středoškoláky [7]

FYKOS v průběhu zimního semestru pořádá přednášky na zajímavá témata, která mohou sloužit i jako příprava na Fyzikální olympiádu. Probíhají jednou za 14 dnů na MFF UK v Troji a je v plánu je vysílat i online na [8].

Sekce EXperimentování [9]

Stránky FYKOSu obsahují i část věnovanou experimentům. Každý zde může najít částečný seznam experimentů, které se na soustředěních FYKOSu prováděly, seznam našeho vybavení, které v případě zájmu jsme schopni půjčit a v neposlední řadě i návod na to, jak experimenty zpracovávat [10].

Ukázky úloh a témat

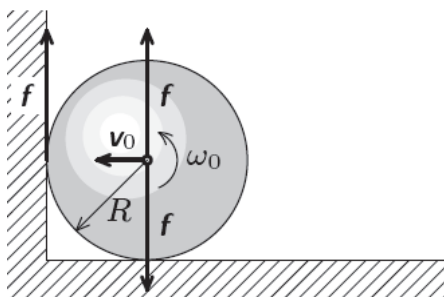
Řešitelé řeší jak teoretické, tak experimentální úlohy. Zadání všech úloh je možné najít přehledně v archivech seminářů na [1] a [11]. Úlohy jsou často zajímavé, hravé a netradiční a v archivu je lze seřadit podle obtížnosti a oboru (pro časopis M&M) nebo vyhledávat podle fyzikálních oborů (FYKOS). Každá úloha má i sepsané řešení, úlohy tedy mohou být i zdrojem inspirace pro školní výuku.

M&M: Téma: Neznámý materiál

Řešitelům přišly v obálce kromě zadání také dva kousky jakéhosi plíšku z neznámého materiálu a jejich úkolem bylo zjistit, o jaký materiál se jedná. Brzy přišli na to, že hustota nebude dostatečně určující ani dostatečně přesně určitelná. Za další zkoumané vlastnosti si volili například elektrickou vodivost (vypočtenou skrze naměřený elektrický odpor tenkého úlomku vzorku), tepelnou kapacitu a tvrdost. Někteří se pustili i do zkoumání reakcí s různými kyselinami, což vyžaduje sice přesah do chemie, ale vede k velmi dobrým výsledkům.

FYKOS: 25-3-Exp: hopík

V úloze *hopík* řešitelé zkoumali, jak závisí vzdálenost dopadu hopíku po odrazu od této stěny při kutálení proti ní na počáteční rychlosti jeho pohybu.



Obr. 4. Rozklad sil při odrazu od stěny.

FYKOS: 25-5-Exp: kávu si osladím

Úloha *kávu si osladím* patří spíše mezi ty hravé. Řešitelé dostali v obálce spolu se zadáním sáček s neznámým sladidlem (buď glukopur, fruktopur či fruktafam). Měli zkoumat pocitovou sladkost nápoje při různých koncentracích sladidel, tedy sladivost sladidel, pro sladidla, která sami sehnali, a určit totéž u neznámého vzorku. Výsledkem byl jednak poměr sladivosti jednotlivých cukrů při daných koncentracích, jednak zjištění, že jako ostatní smysly je i vnímání chuti logaritmické.

Odkazy

- [1] Archiv úloh FYKOSu: <http://fykos.cz/ulohy/archiv>
- [2] Web Výfuku: <http://vyfuk.fykos.cz>
- [3] Web DSEFu: <http://dsef.cz>
- [4] Web TSAFu: <http://tsaf.cz>
- [5] Web FYKOSího Fyziklání: <http://fyziklani.cz>
- [6] Web Fyziklání online: <http://online.fyziklani.cz>
- [7] Přednášky pro středoškoláky: <http://fykos.cz/akce/prednasky>
- [8] Online vysílání přednášek: <https://connect.cesnet.cz/fykos/>
- [9] Sekce Experimentování: <http://fykos.cz/sex>
- [10] Návod na zpracování experimentů: <http://fykos.cz/sex/jak-na-to>
- [11] Archiv úloh M&M: <http://mam.mff.cuni.cz/?s=azad>

Střípky z Hrajme si i hlavou 5

ČESÁKOVÁ JANA, KŘÍŽOVÁ MICHAELA

Univerzita Hradec Králové, Přírodovědecká fakulta,
Katedra fyziky



Abstrakt

Hrajme si i hlavou [1] je název i motto akce, kterou pořádá Katedra fyziky Přírodovědecké fakulty Univerzity Hradec Králové pro školy a širokou veřejnost. Ve fyzikální laboratoř pod širým nebem se proměnilo Tylovo nábřeží již popáté. Tento příspěvek je zaměřen na představení několika experimentů, které byly mimo jiné k vidění na letošním ročníku, který proběhl ve dnech 21.–22. 6. 2012.

Do jaké výšky můžeme nasát vodu?

Mnoho učitelů fyziky (i díky Veletrhu nápadů učitelů fyziky) do výuky zařazuje Torricelliho pokus s hadicí vody. Tento pokus jsme na akci předvedli také (Obr. 1), protože je přehledný a názorný. Nicméně děti nemají ten správný prožitek (kromě těch, které drží konce hadic), jak „VELKÝ“ atmosférický tlak vlastně je.



Obr. 1. Torricelliho pokus s vodou – vyznačená výška hladiny vody v hadici.

Proto jsme tento pokus doplnili o závod, kdo nasaje vodu do největší výšky. Prakticky jsme to provedli takto – ze dřeva a plastových trubek jsme vyrobili 9-ti metrovou podporu, na kterou jsme nalepili plastovou hadičku ($6,7 \times 9,5$ mm) a opatřili ji měřítkem. Tuto konstrukci jsme postavili na náplavku (Obr. 2). Pro porovnání a důkaz, že nám v pokusu jde opravdu o výšku vodního sloupce, nikoli o délku hadice, byla připravena hadice o stejném průměru i délce, která byla položena na zemi. Abychom dodrželi hygienické zásady, děti si na konec hadice vždy izolepou nalepily kousek svého brčka. Potravinářským barvivem obarvenou vodu potom nasávaly pomocí této

násosky. Děti ale i dospělí si tak na vlastní plíce vyzkoušeli, že udržet i malý sloupec vody dá opravdu pořádně zabrat! Rekordem akce byla výška necelých 6 m. (Obr. 3).



Obr. 2. Odvážlivci zkoušející své schopnosti v sání vody do výšky.



Obr. 3. Detail rekordní výšky hladiny nasáté vody.

Stěhování sochy z Velikonočního ostrova

Většina učitelů se snaží o oživování výuky zařazováním poutavých témat ze života nebo zajímavostí ze světa. Zřejmě z tohoto popudu vznikl před několika lety článek uveřejněný na FYZWEBU [2]. Autor v něm popisuje, jak si ve třídě jednoduše vyzkoušet stěhování soch z Velikonočního ostrova. Na akci Hrajme si i hlavou jsme zařadili tento jednoduchý pokus se stěhováním PET lahví také, ale posloužil jen jako zkušební nácvik pro skutečné stěhování sochy. Aby si děti samy vyzkoušely, jak se cítí Ing. Pavel Pavel, který sochy na ostrově „rozchodil“, postavili jsme obří sochu, kterou pak děti pomocí lan stěhovaly.

Na výrobu sochy (Obr. 4) jsme použili staré krabice naplněné papírem. Sochu jsme poté pomocí zmačkaných papírů a izolepy vytva-



Obr. 4. Děti stěhují sochu z papíru.

rovali a ovázali ji zahradnickou textilií. Vyrobit podobnou sochu můžete samozřejmě různými způsoby. Nechte děti tyto způsoby vymýšlet. Vlastní výrobu sochy pak můžete zařadit do nějakého tematicky zaměřeného projektu nebo do různých školních předmětů.

Neuvěřitelný fakír



Obr. 5. Levitující profesionální fakír.

Tento námět vznikl díky našim studentkám, které se vrátily z výletu do Londýna, kde viděly pouličního levitujícího kouzelníka a byly naprosto fascinované, protože netušily, jakým způsobem se fakír udržuje ve vzduchu (Obr. 5). Příprava pokusu je složitější (alespoň pro většinu běžných učitelů) proto, že je potřeba svařovat kovové trubky. My jsme požádali kolegu, který nám konstrukci vyrobil. Hledání nějakého známého nebo šikovného rodiče se však vyplatí. Efekt je dokonalý! Konstrukce je v podstatě jednoduchá. Kovová tyč, která vypadá jako hůl, o kterou se fakír opírá, je zatlačena hluboko do země. Pod volným oblečením fakíra vede kolmo od hole kovová tyč k malému zahnutému sedátku, na kterém sedí fakír. Efekt můžeme zvýšit pomocí nastrčeného plastového ukončení tyče u země, podobně jako je tomu u skutečných holí.



Obr. 6. Fakírka se souká do stoličky.



Obr. 7. Fakírka již „levituje“.

Neviditelný pro termokameru aneb lepší než James Bond

Na jednom ze stánků naší akce si děti samy vyzkoušely, jak funguje taková termokamera, co se s ní dá všechno pozorovat a k čemu se v praxi používá. Abychom dětem ukázali něco vzrušujícího, použili jsme pro naše pokusy s termokamerou záchrannářskou fólii. Využili jsme toho, že termokamera zachycuje tepelné záření, které vyzařuje každý člověk. I v temném lese tedy odhalí živou bytost, protože člověk má vyšší teplotu než jeho okolí. Termokamera tedy „vidí“ i ve tmě. Když ovšem použijete záchrannářskou fólii, zabráníte úniku tepelného záření, a tak se stanete pro termokameru neviditelným!



Obr. 8. Obraz člověka v termokameře.



Obr. 9. Člověk „mizející“ termokameře pod fólií.

Malý tip pro dokonalost projektů

Pro poutavost a oživení různých projektů, výuky či dalších akcí potřebujeme občas vyrobit nějakou křížovku. I když to není náš „výrobek“, rádi bychom vám dali tip na jednoduchý generátor různých typů křížovek, který je zdarma dostupný na internetu, viz [3].

My jsme využili tvorbu osmisměrky (Word search). Děti dostaly do rukou obrázek s tématy stánků, které mohly na naší akci najít. Vybraná slova vážící se k tématům stánků potom tvořila legendu k osmisměrce (Obr. 10).

Na uvedených internetových stránkách si můžete zvolit velikost křížovky a slova pro legendu. Můžete si navolit, zda se písmena budou používat opakovaně, nebo každé pouze jednou. Podle počtu písmen potom můžete zvolit požadovanou tajenku. Výsledek se musí zkontrolovat, protože při špatné volbě velikosti křížovky může program nějaké slovo vynechat. Nicméně i tak funguje velmi dobře. Posledním upozorněním je, že program je v angličtině, a tak neumí používat diakritiku. Při volbě použití každého písmene pouze jednou vám tento problém vadit nebude. Jinak si můžete vypo-moci málo používanými písmeny abecedy.

Do výuky fyziky můžete křížovky zařadit nejen v různých projektech, ale třeba i pro zpestření opakování látky. V legendě osmisměrky mohou být správné odpovědi na opakovací otázky a tajenku tedy získá ten, kdo správně odpoví všechny otázky a najde odpovědi v křížovce.

E V A S A H Í Y Y Y Š
T C V K C T T E T M I
K Ě A U I E U L E A F
T L D K K Z E A N L R
J Z A A I V Y N G O Y
V A R M I N H F A V T
R A J T Y M U E M A O
S I A A D O V M I L V
H C B A R V Y L O H I
E D O P R A V A A K Ž
Ň E H O A L Z U O K V
O U D A P D O Z E M Ě



Obr. 10. Osmisměrka z Hrajme si i hlavou.

Závěr

„Pohrát“ s fyzikou si na Hrajme si i hlavou přišli nejen žáci a studenti základních a středních škol, ale i všichni ostatní, kteří si rádi hrají, přemýšlejí a bádají. Připraveno bylo množství stánků, ve kterých si zájemci sami vyzkoušeli spoustu zajímavých fyzikálních experimentů, mohli řešit hlavolamy a šifry nebo dalekohledem pozorovat Slunce. Nejoblíbenější byly pokusy s ohněm, suchým ledem, magnetickou kapalinou, obří bubliny či hrátky se škrobem. Připraveny byly také parní stroje, fotovoltické hračky, různá letadélka, vznášedla a rakety. Každou hodinu pak probíhaly čtyři fyzikální show, kde jsme mimo jiné předvedli pokusy s kapalným dusíkem, levitaci, ohňová kouzla i fyzikálního fakíra.

Účastníci akce si procvičili nejen hlavu ale i své svaly! Mohli si totiž porovnat svůj skok do dálky se skoky zvířat, zvednout kladkostrojem těžká břemena nebo chodit po laně. Na své si přišel opravdu každý! Účastníků bylo bezmála 2 500!

Díky zpětné vazbě víme, že alespoň u některých žáků ZŠ a SŠ se nám podařilo zvýšit zájem o fyziku. Pevně věříme, že se nám to bude dařit i v dalších ročnících Hrajme si i hlavou.

Literatura

- [1] <http://www.hrajme-si-i-hlavou.cz/>
- [2] <http://fyzweb.cz/materialy/sily/stehov/stehov.php>
- [3] <http://www.discoveryeducation.com/free-puzzlemaker/?CFID=2782481&CFTOKEN=52842493>

Zdroje obrázků:

Obr. 5 - <http://www.wisdomportal.com/Levitation/LevitationLiterature.html>
Ostatní obrázky jsou dílem autorek tohoto článku.

Measuring Planck's konstant with LED's

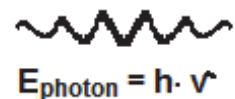
GERBEN DE JONG

Marnix College



Background

The relation between the frequency ν of an electromagnetic photon and its energy E_{photon} is described by Planck's constant. In the shape of a formula this yields: $E_{\text{photon}} = h \cdot \nu$.



The unit of this constant is joule·second. The energy is calculated in joule. But the unit of Planck's constant can also be eV·s. Now the energy is calculated in eV (1 eV = $1.6 \cdot 10^{-19}$ J approximately).

The purpose of the experiment

The purpose of this experiment is the measurement of Planck's constant. This is done with monochromatic LED's of various colors.

Theory

LED's are light sources that emit light of a specific color. The energy of the emitted photon prescribes the voltage that is needed to generate this photon. When a LED emits a photon with the energy of 2.45 eV, then the LED needs a voltage of 2.45 Volt. The voltage over the LED is measured. This voltage directly gives the energy E_{photon} of the emitted photon in eV. Next the wavelength of the photon is determined with a diffraction grating slide. The angle α between the light beam from the LED and the first order maximum behind the diffraction grating slide can be calculated with: $\tan(\alpha) = \frac{x}{l}$. (see the drawing in the next section) The grating width is:

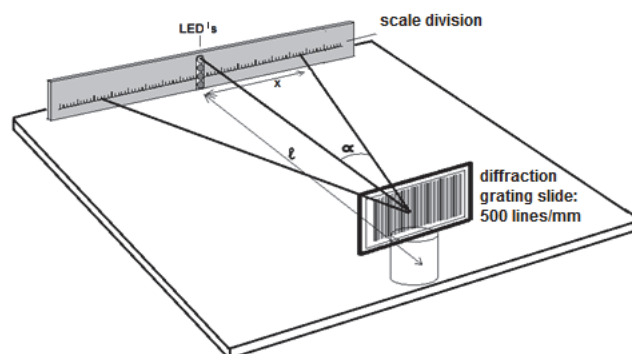
$$= \frac{1.0 \cdot 10^{-3}}{\text{lines per mm}}.$$

With these data the wavelength λ of the photon can be calculated: $\lambda = d \cdot \sin(\alpha)$. This wavelength can be used to calculate the frequency ν : $\nu = \frac{c}{\lambda}$. So Planck's constant h is

$$\text{now: } h = \frac{E_{\text{photon}}}{\nu}.$$

Set-up

On a base of plywood is a strip with a scale division. Four LED's are mounted in the center: a blue, green, yellow and red one. These LED's can be activated with a carousel button behind the strip. The voltage over a single LED can be adjusted with a potentiometer. The voltage is measured with a digital voltmeter. The first order maximum can be spotted through the diffraction grating slide. The position can be determined on the scale division.



Operation procedure

The experiment is carried out in an obscured room, so you will need a small pocket light. Set the multimeter on 20 V DC. Activate the first LED and adjust the voltage in such a way that the LED is just giving off a trace of light. Write down the value of the voltage. Then turn up the voltage. Look through the diffraction grating slide and determine the position of the first order maximum. If the LED is not monochromatic then there will be several maxima. Just take the one closest to the center. Write down the distance of the first order maximum to the center: x . Do this on both sides and calculate the average of both readings. Write the value of x down in the table below. Repeat this procedure for all the other LED's.

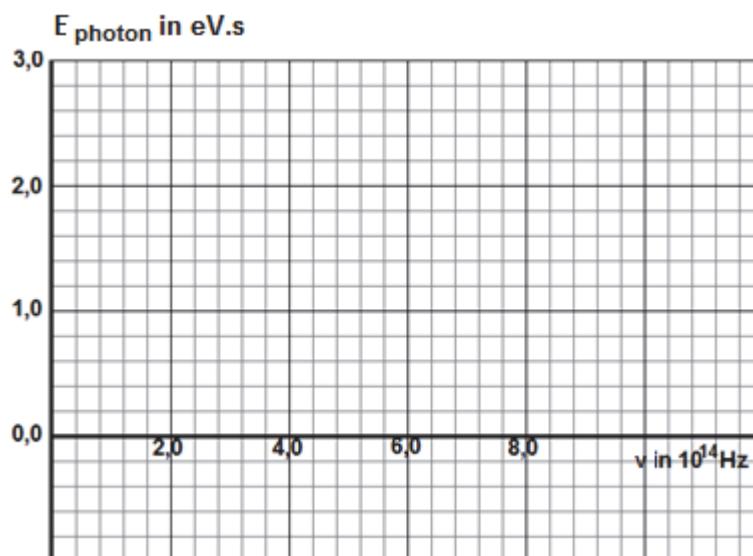
Evaluation

Fill in the first two columns with the values of the voltage and the average distance x . Calculate the values required in the two remaining columns.

Draw a graph of the voltage U (and thus the photon energy: E_{photon} in eV) against the frequency ν . Draw a straight line and determine the slope. This is Planck's constant in eV·s. The unit of the constant can be converted to J·s by multiplying with $1,602 \cdot 10^{-19}$.

	U (V)	x (m)	λ (m)	ν (Hz)
blue				
green				
yellow				
red				

You can also use a graphic calculator to draw a graph of E_{photon} against ν . Chose the option of a straight line. Planck's constant will be the a in " $y = a \cdot x + b$ ".



Conclusion

Check the experimental obtained value of Planck's constant with the value that can be found in literature. Determine whether the experiment has been carried out properly and evaluate whether there are any improvements that can be made.

Využití elektronické stavebnice ve výuce

MGR. JAN DIRLBECK

Gymnázium Cheb

Abstrakt

Elektronická stavebnice umožňující připojení k PC. Možnost využití v různých tematických celcích. Materiál pro laboratorní práce.

Úvod

Elektronická stavebnice Boffin 750 obsahuje 80 součástek a umožňuje minimálně 750 různých zapojení. S elektromotorem ze stavebnice se dají demonstrovat stroboskopické jevy, nebo jak lze ovlivnit rychlost otáček motoru či funkci elektronické pojistky. Jiné součástky mohou vytvářet nejrůznější zvuky, nebo naopak na zvuky reagovat. Stavebnice umožňuje ukázat různé funkce integrovaných obvodů včetně zvuků řízených světlem. Dále stavebnice nabízí tranzistory a jejich použití v zesilovači, porovnávat různé tranzistorové obvody, stavět tónové generátory, a rozhlasové přijímače. Součástí je také 7-segmentový displej, paměťový integrovaný obvod, solární články, elektromagnet a feritové jádro, ampérmetr a nebo transformátor. Existuje mnoho pokusů, jak tyto součástky využít a představit jejich funkce.

Tato stavebnice se může propojit s počítačem a tak je možné demonstrovat v hodině propojením s dataprojektorem před celou třídou jevy jako modulace, filtrace, nebo funkce mikrofónu, zvukového generátoru, playbacku, nahrávání, rádia, či oscilátoru.

Výhodou je nejenom to, že součástky jsou pohromadě a rychle dostupné, ale i způsob zapojování, který je na patenty. Obvody se dají během dvou, tří minut sestavit nebo během vyučovací hodiny rychle modifikovat. Napájení je ze dvou maximálně čtyř článků AA. S výhodou se dají použít dobíjecí články.

Rozmanitost součástek je možné využít i při laboratorních pracech, k proměřování nejrůznějších veličin nebo zjišťování jejich vzájemných závislostí. V neposlední řadě je tato stavebnice dost rozšířená mezi žáky a tak je možné je znovu získat pro pokusy s ní. Dokonce je mohou předvést a vysvětlit v hodině.

Ukázka použití

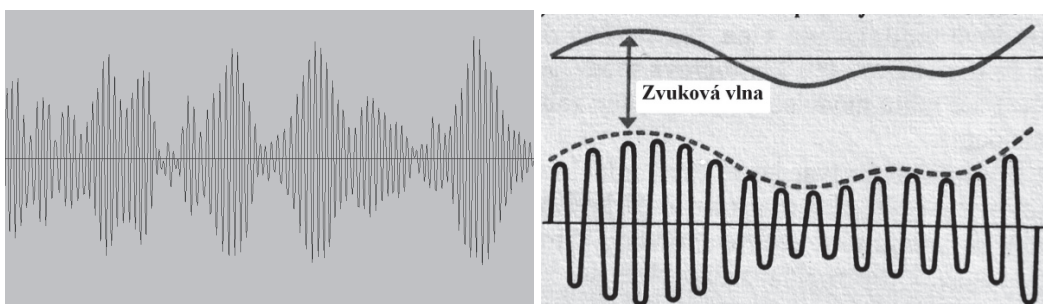
Jak se dá využít Boffinu 750 v jedné hodině k demonstraci rozdílu mezi amplitudovou a frekvenční modulací? Žáci si dovedou v hodině vybavit nápis na displeji rozhlasového přijímače a to AM a FM. Zkratku nerozluští. Jestliže připomeneme z kapitoly o zvuku vztah mezi vlnovou délkou, rychlostí a frekvencí $\lambda = \frac{v}{f}$ a dáme

k řešení: Jak pomocí elektromagnetického vlnění přenést hlas o frekvenci 3 000 Hz a jak dlouhá bude vysílací a přijímací anténa? Docházíme k nepraktickým výsledkům. Zřejmě to tak v praxi není. Chceme-li řeč, nebo hudbu přenášet elektromagne-

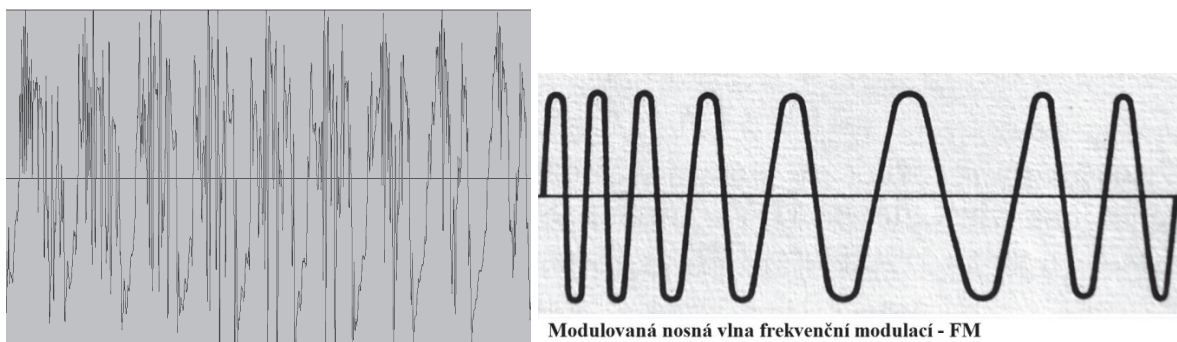
tickými vlnami, je nutné jiné řešení. Teorii je možné přiblížit několika grafy na obrázcích, které obsahuje každá učebnice fyziky.

Pomocí elektronické stavebnice se dá sestavit v několika minutách radiový přijímač, který zachytí amplitudově modulované vysílání. Pokud sestavujete obvod rádia s AM modulací, vyzkoušejte si, zda můžete naladit nějakou stanici. Totéž vyzkoušejte v učebně. Stává se, že v určitém místě vysílání nezachytíte. U FM vysílání takové problémy nejsou a naleznete více stanic, které v tomto módu vysílají. Je možné ukázat velikost antény, která zachytí tyto elektromagnetické vlny a porovnat s předchozím výpočtem.

Zvuk z reproduktoru ucho nerozliší jako amplitudově modulovaný, ale připojením reproduktoru ke zvukové kartě počítače a s programem oscilátoru je možné okamžitě ukázat průběh AM vlnění.



Ve velmi krátké době je možné AM rádio přestavět na rádio s frekvenční modulací. Připojením ke zvukové kartě počítače je možné pomocí softwaru oscilátoru ukázat průběh vlnění FM, které toto rádio dokáže zachytit. Protože součástky jednotlivých typů rádií jsou dobře viditelné, je vhodné upozornit i na rozdílné obvody, které se v rádiu starají o zpracování signálu s rozdílnou modulací.



Pomocí těchto dvou pokusů s AM a FM rádiem si žáci mohou vytvořit představu o amplitudovém a frekvenčním přenosu zvuku. Mělo by jim být jasné, že obrázky v učebnici vychází ze skutečných záznamů měření. Další výhodou u těchto pokusů je počet stanic, které je možné zachytit na AM přijímači a FM přijímači, což koreponduje i se zkušenostmi žáků při ladění stanic. Je možné řešit v diskuzi. Více využívání FM modulace.

Další využití a závěr

Mnozí žáci mají tuto elektronickou stavebnici doma. Využijí ji tak, že si doma připraví pokus a ve škole jej předvedou. Někteří svou demonstraci zpestří i o hádanky třídy ve formě: např. co se stane, když změním hodnotu této součástky?

Výhodně je možné stavebnici získat na internetu (poslední informace stavebnice Boffin 750 hledaná Heureka 1300–1800 Kč). Při takovém množství součástek je to cena schůdná i pro školy. Výhodou této stavebnice je rychlost sestavení pokusu, jejich názornost a to zejména ve funkcích diskrétních součástek a v některých pokusech propojení s PC. Zakrytované moduly jsou v příručce stručně popsány. Pokusy je možné demonstrovat před celou třídou a díky patentovému spojování jsou rychle obměnitelné. Využití diskrétních součástek je možné snímat kamerou a pomocí dataprojektoru opět celé třídy předvádět.

20 let vzdělávacího programu ČEZ „Svět energie“

ING. MARIE DUFKOVÁ
ČEZ, a. s.

Již 20. rok nabízí ČEZ, a. s., školám v České republice rozsáhlý vzdělávací program, jehož cílem je jak osvěta a zvýšení informovanosti o energetice a všem, co s ní souvisí, tak povzbuzení zájmu mladé generace o studium energetiky a budoucí zaměstnání v ní. Aktuální nabídku programu najdete na www.cez.cz/vzdelavaciprogram, tel.: 211042681.

Součástí programu

Vzdělávací tiskoviny – Encyklopedie energetiky, Člověk na svém místě (rady k výběru povolání), Bezpečně s elektřinou, snímky pro dataprojektor s tématy klasické energetiky, jaderné energetiky a obnovitelných zdrojů, návody na pokusy s elektřinou, magnetismem, transformátory, obnovitelnými zdroji, zákony v jaderné fyzice atd., metodické materiály pro výuku fyziky, plakáty a mnoho dalších materiálů.



Videofilmy na DVD.

Počítačové programy a internetové aplikace – Duháček v lese (přírodověda), Miniencyklopedie elektřiny, Miniencyklopedie jaderné energetiky, simulace Jaderný reaktor na vašem PC, elektronická verze Encyklopedie energie, virtuální realita Temelína, atd.

Besedy a přednášky.

Semináře pro studenty i učitele.

Soutěže pro talentované studenty – Cena ČEZ, Cena Nadace ČEZ, soutěž středoškoláků.

Exkurze do informačních center i do provozů elektráren.

Dozimetrická souprava Gamabeta pro pokusy s ionizujícím zářením.

Vzdálená laboratoř – pokusy s Gamabetou prostřednictvím internetu.

Jednotlivé výukové materiály a akce můžete objednávat on-line na web stránce www.cez.cz/vzdelavaciprogram.

Popularizační časopis 3pól

Elektronický časopis popularizující vědu a techniku s důrazem na energetiku. Vychází od roku 2001, k dispozici jsou všechna archivní čísla, od r. 2008 elektronicky.

Najdete jej na **www.tretpol.cz**.



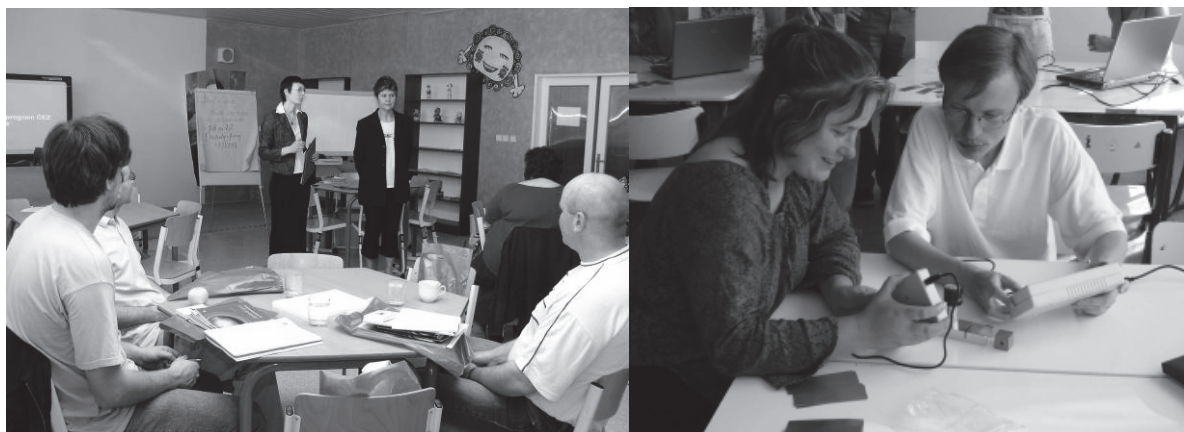
Semináře pro učitele SVĚT ENERGIE

Zveme učitele z celé ČR na celodenní semináře o vzdělávacím programu Svět energie. Seminář představí moderní metody výuky přímo související s materiály určenými (nejen) pro výuku fyziky a energetiky. Veškeré aktivity spojené s výukou jsou plně v souladu s požadavky Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání a gymnaziální vzdělávání. Zařijete skupinovou práci se zvoleným výukovým materiálem, ochutnáte konkrétní metodiku výuky s tématem Svět energie – zaměření pro oblasti fyziky, chemie či environmentální výchovy, následuje diskuse o aplikovaných metodických postupech.

Kapacita kurzu je 20 účastníků. Semináře mají akreditaci MŠMT, uznávají se jako další vzdělávání pedagogických pracovníků. Nabízíme i specializované semináře s dozimetrickou soupravou Gamabeta.

V případě zájmu pište na e-mailovou adresu darina.boumova@amic.cz nebo volejte na tel.: 234124112, 724966035.

Další informace na **www.cez.cz/vzdelavaciprogram**.



Exkurze

Navštivte se studenty naše informační centra a elektrárny. Podrobnosti o nich najdete na www.cez.cz, objednat se můžete elektronicky nebo telefonem:

Přečerpávací vodní elektrárna Dlouhé Stráně – 585438100, 602322244

Jaderná elektrárna Temelín – 381102639

Jaderná elektrárna Dukovany – 561105519

Přečerpávací vodní elektrárna Dalešice – 561105519

Vodní elektrárna Lipno – 380746621, 607673651

Vodní elektrárny Štěchovice – 602107453, 603769197, 608308759

Informační centrum Obnovitelné zdroje Hradec Králové – 492110160, 725781564

Malá vodní elektrárna Vydra a Čeňkova pila – 376599237, 840840840

Uhelná elektrárna Ledvice – 411102313

Uhelná elektrárna Tušimice – 471112221

Vodní elektrárna Orlik – 737506950

Vodní elektrárna Slapy – 602219360

Vodní elektrárna Střekov – 411122121, 724829796

Navštívit můžete i provozy ostatních elektráren Skupiny ČEZ. Informace k objednání – 211042681.



Besedy pro studenty ENERGIE - BUDOUCNOST LIDSTVA

Pro střední školy nabízíme otevřené **besedy o energetice**. Na besedách přednášejí pedagogové z VŠ, nezávislí odborníci na energetiku a operátoři a fyzici jaderných reaktorů z Temelína a Dukovan. Beseda trvá 2 vyučovací hodiny a skládá se z výkladu, promítání filmů a diskuse se zodpovídáním otázek posluchačů. Obsahuje globální pohled na energetiku v současném světě, nutnost uvědomění si hodnoty energie a důležitosti jejího dostatku, představí stručně všechny typy zdrojů energetického mixu. Je doprovázená promítáním atraktivní prezentace fotografií, grafů a kreseb. Obsah úvodního výkladu a prezentace faktografických údajů jsou dílem kolektivu předních českých odborníků v oblasti fyziky a energetiky z ČVUT, Státního úřadu pro jadernou bezpečnost a energetické společnosti ČEZ.

Objednání:

Telefonicky na 261213978, 261214221 nebo 211042681, faxem na 261214249 nebo 211042006, mailem na info@jlmpraha.cz (Agentura JLM pro ČEZ besedy administruje).

V objednávce uveďte název a adresu školy, požadovaný termín, čas zahájení besedy, počet besed (zpravidla organizujeme v jednom dnu dvě besedy na jedné škole), jméno a spojení na kontaktní osobu ve škole. Obratem se s Vámi spojíme.



SVĚT ENERGIE

Pozvánka do Klubu Světa energie

Vážení pedagogové,

vzdělávací program energetické skupiny ČEZ pro Vás připravil speciální příležitost pro setkávání – **Klub Světa energie**.

Nabízíme Vám

- přednostní informování o novinkách a chystaných akcích
- zasílání elektronického klubového informačního listu
- semináře a setkávání s odborníky na pedagogiku, fyziku a energetiku
- nabídku exkluzivních exkurzí do energetických provozů a na vědecká pracoviště
- slevy na placené materiály ze vzdělávacího programu ČEZ
- spolupráci na vytváření moderních učebních materiálů

Uvítáme všechny pedagogy všech stupňů škol, které zajímá fyzika a energetika, chtějí se setkávat mezi sebou a s osobnostmi z oboru, chtějí získat pro sebe a své žáky atraktivní materiály a informace a podívat se na zajímavá místa.

Členství je bezplatné. O dosavadní činnosti Klubu se dozvíte více na

<http://www.cez.cz/cs/vyzkum-a-vzdelavani/pro-pedagogy/klub-svet-energie.html>

Přihlašujte se, prosím, na mail: marie.dufkova@cez.cz.

Uveďte adresu své školy a mail, na který si přejete posílat informace.

Těšíme se na Vás!

S úctou

Ing. Marie Dufková

Vzdělávací program Svět energie

Energetická Skupina ČEZ

www.cez.cz/vzdelavaciprogram

Laborky se představují

MILAN DUNDR

Gymnázium Václava Beneše Třebízského ve Slaném

Co všechno lze s nadšenci pro přírodní vědy stvořit? Největší Wimshurstův přístroj v České republice? Světově největší vzduchové dělo? Běh bažinou? Ano, Laborky jsou důkazem, že to není problém. Čtěte dále...

Úvod

Laborky vznikly z popudu studentů, kteří si chtěli ve školní laboratoři vyzkoušet pokročilejší pokusy. Zde se také zrodila základní koncepce – jsme zcela dobrovolnou a hierarchicky prostou skupinou. Nikdo není k ničemu nucen, ale vzájemně si pomáháme realizovat své nápady. V neformálním prostředí se tak dnes setkávají současní ibývalí studenti, kantoři i přátelé školy. Zapojit se může každý bez ohledu na věk, důležité je nadšení a chuť poznat nové oblasti chemie, fyziky či biologie. Naším heslem je: „Vyšší výkon!“ V Laborkách jsme tak v duchu tohoto hesla vyrobili podle malé školní pomůcky výkonný Wimshurstův generátor statické elektřiny, magneticou dráhu pro supravodivou levitaci a chystáme další velké experimenty.

Některé naše pokusy

Wimshurstův přístroj

Ze školních lavic každý jistě zná Wimshurstův generátor statické elektřiny. Ten, kdo seděl v poslední lavici, stěží okem dohlédl na nevýraznou jiskřičku na katedře. Do Laborek se dostal podobný nefunkční přístroj k opravě. Všichni jsme se nejprve začali poohlížet po principu funkce tohoto generátoru. Stroj se skládá ze dvou opačně synchronně rotujících plexisklových disků, dvou přenašečů, které spojují protilehlé polepy disků, čtyřech sběračů a dvojice kondenzátorů. Je úžasné, že z náhodného náboje na některém plíšku polepu disku se násobením generuje velmi vysoké napětí. Kola s polepy tvoří soustavu kondenzátorů, které jsou přenašeči postupně spojovány. Tímto dochází k násobení a separaci kladného a záporného náboje u sběračů, které je v našem případě korunovým výbojem předávají do kondenzátorů, k nimž je paralelně připojeno modifikovatelné jiskřiště, na kterém dojde po překročení kritické intenzity elektrického pole daného dielektrickou pevností vzduchu k výboji. Toto se cyklicky opakuje. Podrobnější vysvětlení lze nalézt na:

<http://fyzweb.cz/materialy/videopokusy/POKUSY/JISKRENI/INDEX.HTM>

Naše konstrukce velkého Wimshurstova přístroje byla limitována rozměry dveří učeben ve škole. Začali jsme konstrukcí dřevěného rámu o rozměrech 78 cm × 120 cm. Pro jednodušší manipulaci byl opatřen pojezdovými koly. Na laserové páliče jsme nechali vyříznout plexisklové disky o průměru 1 m a polepy z hliníkového plechu. Složená hřídel byla vysoustružena podle našich výkresů. Jiskřiště a kompletní vodivé části byly vyrobeny z měděného topenářského potrubí. Jako kondenzátory v našem případě slouží dvě duté ocelové koule s chromovaným povrchem o průměru 40 cm.

Tímto přístrojem dosahujeme výbojů délky 20 cm. Při zkušebním provozu jsme zjistili, že při této velikosti disků již nelze použít kluzné uložení, ale hřídel musí být opatřena kuličkovými ložisky. Studenti se při realizaci tohoto projektu seznámili s principem fungování přístroje a při stavbě byli nuceni řešit i konstrukční a technické záludnosti. Přístroj je využíván při výuce a na požádání ho předvádíme i ostatním zájemcům.



Obr. 1. Stavba statiky se blíží ke konci.

Nenewtonovská kapalina

Tento experiment vznikl na základě zvědavé otázky studenta primy vyslovené při biologické procházce okolo nedalekého rašeliniště. Co jiného udělat na dotaz: „Dá se ta bažina přeběhnout?“ než to nějak bezpečně laboratorně ověřit. Studenti se tak začali zajímat o Nenewtonovské kapaliny, jejich rozdělení a chování. Jako nejjednodušší se nám nabízel známý pokus se škrobem ve vodě. Při pomalém silovém působení se podobá tvárné „kaši“ při prudkém úderu apod. se chová jako dosti tuhé těleso.

Naše začátky s řádově kilogramy škrobu a litry vody nám neumožnily fundovaně vyzkoušet, zda lze Nenewtonovskou kapalinu překonat. V duchu původní zvědavé otázky jsme tento projekt nazvali lehce zkreslujícím názvem: „Běh bažinou“. Díky naší spolupráci s Českou televizí při realizaci pokusů pro populárně naučné pořady se nám podařilo splnit velký sen. Na realizaci Běhu bažinou bylo nutné zajistit:

- 3,5 t bramborového škrobu
- 1,8 m³ vody s modrým potravinářským barvivem
- 1 stavební domíchávač betonu Scania firmy Zapa
- Autojeřáb pro manipulaci s tunovým balením škrobu
- Bazén o rozměrech 1 m × 4 m × 1 m
- Mnoho dobrovolníků na práci

Směsí rozmíchanou ve stavebním domíchávači byl připravený bazén po okraj naplněn. Po hodinovém natáčení, které měla vyhrazená Česká televize, si studenti i široká veřejnost nadšeně vyzkoušeli, zda dokáží bazén překonat. Našli se i odvážlivci na kole, bobech, lyžích či skákacím balónu. Zábavně strávené odpoledne rozšířilo přítomným obzory a zpopularizovalo fyziku široké veřejnosti.



Obr. 2. Jeřáb plní škrobem domíchávač betonu.



Obr. 3. Běžící studentka.



Obr. 4. Zábava a poučení pro všechny příchozí.

Závěr

Je velmi důležité podchytit zvědavé, šikovné a talentované studenty a umožnit jim zrealizovat své nápady a sny. Špatným přístupem by bylo tyto „exoty“ omezovat v jejich rozletu, a to je také jeden z důvodů, proč vznikly Laborky. Další projekty naleznete na **www.laborky.cz**

Další nápady z Malé Hraštic 2: „špagetová fyzika“

LEOŠ DVOŘÁK

Katedra didaktiky fyziky MFF UK Praha

Abstrakt

Příspěvek informuje o několika pokusech a měřeních mechanických vlastností látek, k nimž lze využít poněkud netradiční materiál – nevařené špagety. Jde o náměty z jarního soustředění pro budoucí učitele fyziky. Jedná se o pokusy s jednoduchými pomůckami, které mohou být námětem například pro menší žákovské projekty.

Úvod: jarní soustředění na Malé Hraštic

Náměty na pokusy, které vzešly z jarního soustředění pro budoucí učitele fyziky „a spřízněné duše“ už byly na Veletrhu nápadů několikrát prezentovány – viz např. [1] a odkazy v daném článku uvedené. Připomeňme, že jde o soustředění trochu „mimo civilizaci“, resp. alespoň mimo školní třídy a laboratoře, kde po dobu 3–4 dnů začátkem května v kruhu patnácti až pětadvaceti účastníků „bádáme“ a ověřujeme, že fyzika funguje i v takto jednoduchých podmínkách. Na jaře 2012 nás bylo dvacet.

Na soustředění účastníci jednotlivě nebo častěji ve skupinkách pokusníci na témata, která si zvolí. Této formě práce říkáme „miniprojekty“. Na rozdíl od laboratorních prací či praktik jde o práci bez předem daných návodů. Na jedné straně to znamená, že výsledek není zaručen, a řada pokusů končí zjištěním, že „tudy cesta nevede“. Na druhou stranu je to činnost kreativní, umožňuje rozvinout třeba i nejasně formulované nápady, dává prostor vzájemné komunikaci... a prostě nás baví.

Pro miniprojekty je každý rok zvoleno jedno hlavní téma resp. spíše tematická oblast. Přiznávám, že občas rád volím téma, o němž toho vím málo, protože to dává příležitost se poučit. Přesně taková situace nastala letos, neboť hlavním tématem hraštického soustředění byla **fyzika materiálů**. Ta mě ve vysokoškolském studiu minula, přece jen byla daleko od relativistické fyziky. Naštěstí jsme s sebou měli experta, vedoucího naší katedry doc. Zdeňka Drozda, který přivezl i slušně vysokou hromádku odborné literatury, a významně přispěl i do seznamu námětů, co zkoumat.

Proč zkoumat vlastnosti špaget – inspirace a možnosti využití

Jak vůbec došlo na špagety? V seznamu námětů od Zdeňka Drozda byl jeden, kdy jsem vůbec nevěděl, o čem jde: „*Charpyho kladivo*“. Vrtalo mi to hlavou a byla to výzva. Zdeněk mi vysvětlil, že to je zařízení, kterým se měří energie potřebná k přerazení tyče resp. profilu ze zkoumaného materiálu. (Chápu to tak, že tohle souvisí s houževnatostí daného materiálu – křehký materiál se přerazí snáze.) Průřez tyče je normován, navíc je na něm definovaný vrub, kladivo je zavěšené na kyvadle, energie nárazu je desítky až stovky J, příslušná zařízení dodávají specializované firmy, celé je to přesně daná a už přes sto let používaná zkouška ve fyzice materiálů.

To byla výzva. Ovšem „klasické“ Charpyho kladivo může mít hmotnost 300 kg; takovou věc z latí na Hrašticí nesešroubuji. Co přerážet, abych vystačil s nižšími energiemi a konstrukce mohla být jednodušší? I špejle může být příliš tuhá. Návštěva místní samoobsluhy poskytla potřebnou inspiraci: špagety budou to pravé!

I vstřícný fyzikář se teď ale asi netrpělivě zeptá: **K čemu nám to může být ve škole?**

Je pravdou, že technické obory seznamují své studenty s profesionálními zařízeními pro mechanické zkoušky materiálů, takže měřit špagety by mohly jen jako kuriozitu. A rozhodně nechci vyhlašovat program „Charpyho kladivo na špagety do každého gymnázia“. :-) Nejde ale jen o přerážení. Ukazuje se, že na špagetách můžeme jednoduše měřit řadu dalších vlastností: pevnost v tahu i v tlaku a moduly pružnosti.

Špagety jsou z hlediska „školské fyziky“ poněkud netradiční materiál, takže snad i tím mohou pokusy s nimi vzbudit zájem žáků a studentů. Přitom je známe z běžného života, a tak se dá ukázat, že věci jako pružnost „fungují“ nejen na pružinách ze siloměrů či na gumovém vlákne, ale i u dalších materiálů. Navíc je to příležitost vidět, že chování reálných materiálů je složitější, než říkají jednoduché vztahy středoškolské fyziky. (Při ohýbání špaget se jasně projevuje plastická deformace.) Také můžeme klást otázky, které snad mohou provokovat zájem žáků. Například: Kolik špaget by bylo potřeba, aby udržely tíhu člověka? Odpovědi přitom nelze vyčíst z tabulek.

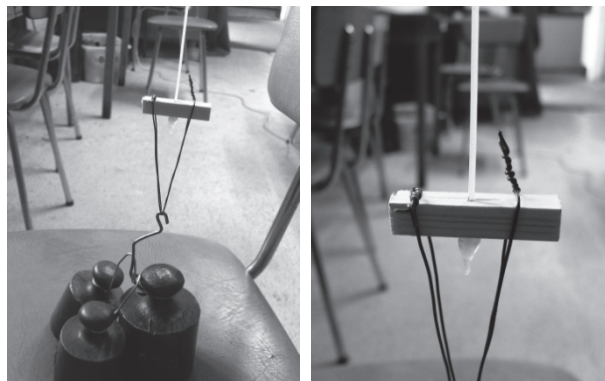
Poznamenejme ovšem, že „nic nového pod sluncem“. Na nápad měřit vlastnosti špaget přišla už dříve řada autorů a na webu, alespoň na anglických stránkách, lze najít i popisy laboratorních prací věnovaných například měření Youngova modulu pružnosti a dalších vlastností špaget (např. na Johns Hopkins University, viz [2]). A v potravinářství a podobných oborech zřejmě měření některých mechanických vlastností těstovin není ničím neobvyklým, viz [3].

Co a jak zkoumat

Dále uvedu náměty na jednoduchá měření mechanických vlastností *nevařených* špaget. Jde o měření nepříliš přesná, v nichž nám jde spíše o řádové hodnoty veličin. Ostatně, měřené hodnoty nepochybně závisí jak na druhu špaget, tak na dalších podmínkách, zejména na jejich vlhkosti. Budete-li provádět analogická měření, počítejte s tím, že se vaše výsledky mohou odchylvat od hodnot uvedených zde.

Pevnost v tahu

Pro určení pevnosti v tahu stačí špagetu zatížit dostatečným počtem závaží, jak to ukazuje obrázek vpravo. Horní konec špagety můžeme držet třeba v prstech – udržet takhle několik kilogramů se dá. Uchycení závaží ke spodnímu konci špagety lze vyřešit třeba tak, jak to ukazuje detailní obrázek vpravo. Špageta prochází dírou ve dřevěném špalíku. Aby dírou neprošel konec, obalíme jej

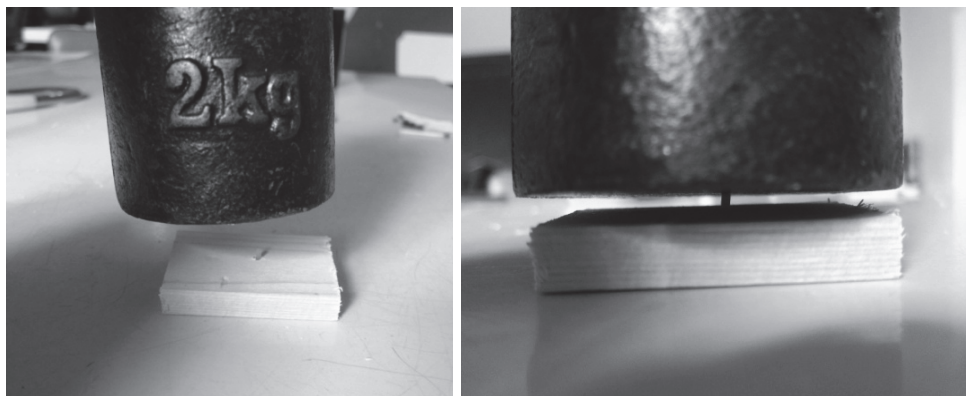


„bambulkou“ z tavného lepidla. (Špagetu nelepíme přímo ke špalíku.)

Pro žáky může být překvapující, že špageta v tahu udrží několik kg. (4 kg občas unesla, občas se přetrhla.) Po vydělení plochou průřezu špagety (asi $2,5 \text{ mm}^2$) vychází její pevnost v tahu 16 MPa. Ocelové lano to sice nenahradí (dle tabulek je ocel asi 40× pevnější), ale svazek třiceti až čtyřiceti špaget by udržel i solidního tloušťka. Podobná hodnota pevnosti vyjde i z momentu síly, jímž špagetu přelomíme.

Pevnost v tlaku

Jak změřit pevnost v tlaku? Stlačujeme-li dlouhou špagetu, vybočí se do strany. Řešením je vzít krátký kousek špagety a ještě jej raději strčit do otvoru vyvrtaného např. v dřevěné destičce. (Špageta musí jít do otvoru zcela volně, ale otvor by neměl mít příliš velký průměr, aby se v něm špageta „nekácela na bok“.) Na horní konec špagety pak můžeme opatrně postavit závaží, jak to ukazují fotografie.

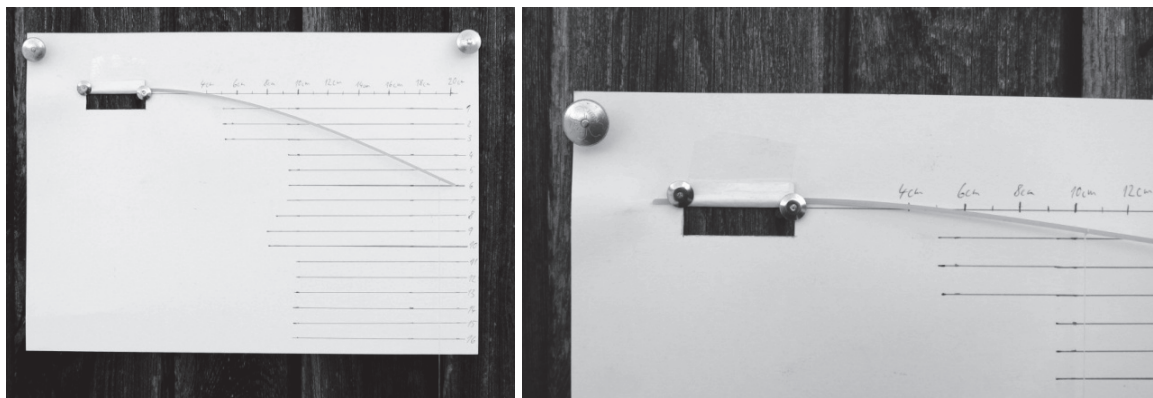


V našem případě špageta udržela 5 kg (při 7 kg chvíli držela, ale pak se její horní část rozdrtila); její pevnost tedy vychází na asi 20 MPa. To už je podle tabulek téměř srovnatelné s pevností dřeva v tlaku.

Modul pružnosti v tahu

Měřit Youngův modul pružnosti natahováním špagety by asi bylo obtížné. Mnohem jednodušší je určit tento modul z ohybu špagety. Pro špejle již tento způsob využil a prezentoval Miroslav Jílek [4]. Příslušná teorie je odvozena a vyložena např. v učebnici [5], vzorečky se však najdou i v řadě technických příruček a samozřejmě na internetu.

Měření ohybu lze realizovat velmi jednoduše, jak ukazují fotografie níže. Na papírovou čtvrtku narýsujeme síť rovnoběžných čar pro odečítání výchylky, přehnutím kusu čtvrtky vytvoříme kapsu, kam zasuneme špejli a její polohu fixujeme dvěma připínáčky. (V našem případě byla celá konstrukce připíchuta na starou okenici.) Silou, která špagetu ohýbá, je tíha jedné nebo několika kancelářských sponek zavěšených na niti přivázané ke konci špagety.



Youngův modul pružnosti E spočteme podle vztahu

$$E = \frac{4Fl^3}{3\pi dR^4}, \quad (1)$$

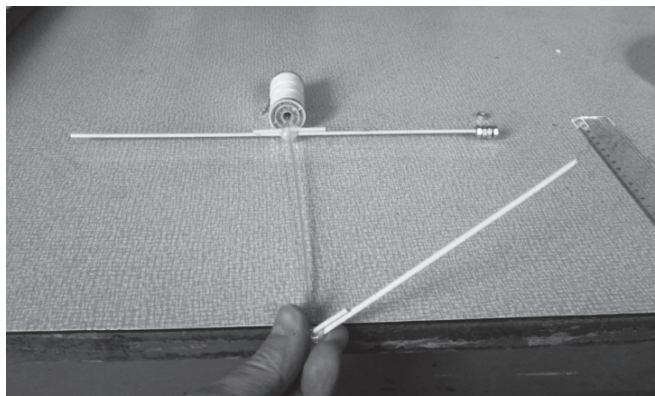
kde F je síla působící na konec špagety, l délka špagety, R její poloměr a d výchylka na konci. (Pozor, ve starších verzích článku [4] byl v tomto vzorci v čitateli uveden omylem faktor 2 místo 4; odvození ze vztahu 9(4.17) v [5] dá výsledek (1).)

Z naměřených dat v našem případě vyšla hodnota E necelé 4 GPa (konkrétně asi 3,6 GPa). To je opět hodnota asi padesátkrát nižší než pro ocel, ale asi jen 2–3-krát nižší než pro dřevo.

Modul pružnosti ve smyku

Modul pružnosti ve smyku, označovaný jako G , lze dobře spočítat z kroucení špagety. Tedy, „odborně řečeno“, z torze válcové tyče. Pro moment M síly, kterou musíme tyč kroutit, aby se její konec otočil o úhel φ , platí vztah (viz [5])

$$M = \frac{\pi GR^4 \varphi}{2l}. \quad (2)$$



Z něj už můžeme hodnotu modulu pružnosti ve smyku snadno určit.

Možnou realizaci měření ukazuje fotografie. Ke koncům špagety jsou tavným lepidlem připevněny špejle. Moment síly je realizován matičkami nasazenými na konec jedné špejle, druhý konec kroutime, sklon přední špejle určuje úhel φ . Zadní konec špagety je nasazen v cívce od nití, aby se mohl volně otáčet.

Z měření vyšla hodnota asi 1,5 GPa. To dobře souhlasí s výše změřenou hodnotou E , protože z teorie je známo, že musí platit $E/3 < G < E/2$.

Energie k přeražení špagety („Charpyho minikladivo“)

A konečně dochází i na malé Charpyho kladivo. Fotografie ukazují, že ho lze sešroubovat z latěk. Při přerážení špagety ho vychýlíme o definovaný úhel a pustíme. Po přeražení vykývne na druhé straně do menší výšky.



Z rozdílů výšek před a po přeražení špagety určíme energii, která byla k přeražení potřeba. V našem případě to bylo asi 11 mJ. Když kyvadlo přeráželo dvě špagety naráz, byla potřebná energie asi 19 mJ; můžeme tedy uzavřít, že energie na přeražení jedné špagety je asi 0,01 J. Někdy se jako výsledek uvádí energie dělená průřezem, ta by vycházela 4 kJ/m². Analogické měření pro dřevěnou špejli dalo asi 50 kJ/m², pro slanou tyčku vyšlo jen 1 kJ/m². Prostě, slaná tyčka je křehčí.

Závěr

U špaget lze měřit i další parametry, např. hustotu (v našem případě byla 1,5 g/cm³) nebo měrný elektrický odpor (vyšel řádově 10⁶ Ω·m) či leccos zajímavého stavět. Po slepení tavným lepidlem lze ze špaget udělat i miniaturní luk, ale to už jsou opravdu hříčky pro zasmání. „Špagetová fyzika“ je samozřejmě spíš kuriozita – ale třeba výše uvedené nápady někdy s vašimi žáky a studenty při výuce fyziky využijete.

Literatura

- [1] Dvořák L.: *Další nápady z Malé Hraštic: co s čočkami*. In: Veletrh nápadů učitelů fyziky 15. Sborník z konference. Ed. Z. Drozd, Prometheus, Praha 2011. ISBN 978-80-7196-417-9. s. 47-51.
- [2] Karweit M.: *Material testing*. Online: http://www.jhu.edu/virtlab/finals/FINALS/labs/17/materials_lab.pdf [cit. 28. 8. 2012].
- [3] Nedomová Š.: *Stanovení pevnosti syrových nevařených těstovin*. Online: <http://www.chempoint.cz/stanoveni-pevnosti-syrovych-nevarenych-testovin> [cit. 28. 8. 2012].
- [4] Jílek M.: *Ohýbání špejlí*. In: Dílny Heuréky 2003-2004. Sborník konferencí projektu Heuréka. Ed. L. Dvořák. Prometheus, Praha, 2005. s. 32–37. Verze článku je dostupná online: <http://fyzweb.cuni.cz/dilna/spejle/spejle.htm>
- [5] Kvasnica J. a kol.: *Mechanika*. Academia, Praha, 2004.

Fyzika aktivně, aktuálně a s aplikacemi

*LEOŠ DVOŘÁK, IRENA DVOŘÁKOVÁ, ZDENĚK DROZD,
VĚRA KOUDELKOVÁ, ZDENĚK ŠABATKA, PETER ŽILAVÝ*

Katedra didaktiky fyziky MFF UK Praha

Abstrakt

Príspevek informuje o časti projektu OPPA „Přírodní vědy a matematika na středních školách v Praze: aktivně, aktuálně a s aplikacemi“. V rámci fyzikální části projektu byly vytvořeny čtyři příručky pro učitele tematicky zaměřené na oblast elektřiny, elektrických obvodů a elektromagnetického záření. Příručky i další materiály kladou velký důraz zejména na reálné fyzikální experimenty využitelné ve výuce. Podat určitý nadhled nad touto problematikou je cílem paté, souhrnné publikace. Příručky jsou v elektronické formě volně dostupné na webových stránkách projektu a katedry didaktiky fyziky MFF UK v Praze.

Úvod

Projekt OP Praha – Adaptibilita „Přírodní vědy a matematika na středních školách v Praze: aktivně, aktuálně a s aplikacemi“ byl řešen na dvou fakultách Univerzity Karlovy v Praze: Přírodovědecké fakultě (PřF UK) a Matematicko-fyzikální fakultě (MFF UK). Týkal se šesti předmětů: na PřF UK šlo o biologii, chemii, geologii a geografii, na MFF UK o matematiku a fyziku. Informace o projektu lze najít na jeho webových stránkách [1].

V každém z předmětů byly vybrány čtyři tematické celky („moduly“). Pro každý z modulů byly vytvořeny materiály pro výuku, proběhly kurzy pro učitele, kteří pak pilotně ověřovali dané výukové postupy a materiály ve výuce (a pak je dále užívali). Důležitými výstupy projektu, které budou využívány i po jeho skončení, jsou výukové a metodické texty (příručky pro učitele). Pro každý modul byla vytvořena jedna takováto příručka v rozsahu 40 až 60 stran A4 doplněná doprovodným CD s dalšími materiály. Za každý předmět vznikla ještě souhrnná příručka; za celý projekt navíc jedna úvodní a jedna závěrečná příručka.

Ve fyzice byly pro moduly vybrány následující tematické okruhy z celku Elektřina, magnetismus a Elektromagnetické záření:

- Náboje, proudy a elektrické obvody
- Střídavé proudy
- Polovodiče a jejich aplikace
- Elektromagnetické záření

Stejně názvy nesou i čtyři vydané příručky. Souhrnná publikace za obor má název „Fyzika: Aktivně, aktuálně a s aplikacemi“.

Příručky fyzikální části projektu – a proč jsou orientované na pokusy

Ve fyzice byl v souladu se zaměřením projektu ve všech výukových modulech kladen důraz zejména na pokusy – a to na reálné pokusy využitelné ve výuce fyziky. Některé z těchto pokusů využívají i náročnější a dražší aparatury a výukové pomůcky. Tyto pokusy mohou učitelé se svými žáky přijít realizovat do *Interaktivní fyzikální laboratoře pro středoškoláky na MFF UK (IFL, viz [2])*. Řada pokusů však využívá běžné a často i velmi jednoduché pomůcky – přesto jde o pokusy, které někdy umožňují i kvantitativní měření. Někdy jde o pokusy známého typu; ty byly většinou pro potřeby projektu inovovány a všechny doplněny technickými a metodickými poznámkami. V některých případech jde o pokusy nové. Na doprovodných CD jsou k dispozici příslušné pracovní listy k pokusům.

Zaměření na pokusy samozřejmě neznamená, že by výuka fyziky na středních školách měla stavět výhradně a jedinečně na pokusech. Ze zkušenosti i z provedených výzkumů však víme, že pokusy jsou ve výuce fyziky z nejrůznějších příčin často Popelkou. Což je škoda, protože pokusy jsou pro žáky zajímavé, motivují je, mohou rozvíjet jejich dovednosti a při vhodném využití i fyzikální myšlení žáků. Příručky vytvořené v rámci projektu jsou nabídkou, z níž si učitelé podle podmínek své školy a svých tříd mohou vybrat, a výuku fyziky vhodně rozvinout a obohatit.

V dalším textu budeme stručně charakterizovat jednotlivé vytvořené příručky.

Náboje, proudy a elektrické obvody

Příručka [3] nabízí celkem 36 pokusů z oblasti elektrostatiky a stejnosměrných elektrických obvodů (a zčásti i jevů týkajících se proměnného elektrického proudu, jako je nabíjení a vybíjení kondenzátoru). Úvodní připomenutí teoretických poznatků je omezeno na nezbytné minimum. Nejde totiž o to, pojmy předem definovat, teoreticky naučit žáky příslušné vzorce a pak dané vztahy jen ověřovat nebo ilustrovat – i když i k tomu lze příslušné pokusy využít. Pro „teoretičtější zaměřené“ typy žáků může být takovýto deduktivní postup vhodný. Ovšem takovéto poznání může vypadat jako „shůry dané“, či jako něco, na co mohlo přijít pouze pár genialitou obdařených fyziků minulosti. Přitom právě pomocí sérií vhodných pokusů se mohou žáci s pojmy z oblasti elektrostatiky a elektrických proudů (jako jsou náboj, elektrická intenzita, napětí a potenciál, kapacita, elektrický proud a odpor) seznámit a vytvořit si o nich představu. A to představu většinou názornější, než při abstraktním výkladu. Je ovšem věcí učitele, které pokusy, případně skupiny pokusů si pro svou výuku vybere a jak je do výuky zařadí. Jak již bylo naznačeno výše, záleží to na konkrétních podmínkách školy, třídy, hodinové dotaci, vybavení fyzikálního kabinetu a dalších okolnostech.

Co se obsahu týče, v elektrostatice příručka přechází od jednoduchých pokusů s plastovými brčky k ověřování Coulombova zákona a ke zkoumání kapacity a vlastností kondenzátorů. V elektrických obvodech pokusy vycházejí z velmi jednoduchého zapojení využívajícího baterii, žárovku a věci běžně dostupné kolem nás. Pak se věnují sériovému a paralelnímu zapojení, Ohmovu zákonu (a případu, kdy neplatí) a dostávají se až k měření velmi malých proudů, například proudů procházejících dřevěnou špejlí.

Na doprovodném CD, podobně jako u ostatních publikací, je k dispozici jednak celá příručka v barevné verzi ve formátu PDF a další materiály, včetně pracovních listů (ve wordovských souborech, aby si je mohli učitelé dle svých potřeb upravovat).

Střídavé proudy

Příručka [4] nejprve ukazuje, jak zobrazovat reálné průběhy napětí a proudu v obvodech s rezistory, kondenzátory a cívkami pomocí osciloskopu nebo pomocí dataloggeru, konkrétně Vernier LabQuest. K pokusům je průběžně uváděna i potřebná teorie. Jsou přitom zobrazeny nejen „ideální učebnicové“ průběhy, ale též průběhy napětí a proudu po připojení k transformátoru napájenému ze sítě 230 V, kdy časový průběh napětí vykazuje odchylky od harmonického průběhu.

Další část se týká měření příkonu spotřebičů wattmetrem a pokusy objasňující efektivní hodnotu napětí, a to nejen pro sinusový, ale i pro trojúhelníkový a obdélníkový průběh napětí.

Následující kapitola s názvem „Co najdeme v elektrických rozvodech“ je přehledným výkladem, jak je v různých typech sítí (TT, TN-C, TN-S) zajištěna ochrana proti úrazu elektrickým proudem. Najdeme zde i popis funkce proudového chrániče a informace o pomůcce, která demonstruje ochranu samočinným odpojením od zdroje.

Polovodiče a jejich aplikace

Příručka [5] je zaměřena prakticky, na velmi jednoduché konstrukce se základními polovodičovými součástkami a na to, jak se pomocí jednoduchých pokusů od základů seznamovat s jejich vlastnostmi a chováním. Záměrně zde není uvedena teorie, kterou můžeme najít v učebnicích a podobných publikacích, tedy teorie vycházející z pásové struktury pevných látek, mikroskopický popis funkce chování PN přechodu apod.

Po stručném přehledu základních typů polovodičových součástek jsou uvedeny některé praktické rady včetně toho, kde lze polovodičové prvky sehnat a kde o nich sehnat potřebné informace, jak s nimi pracovat, čím vším je lze zničit apod. Poté následují jednoduché experimenty a měření. Nejprve jde o pokusy se svítivými diodami (LED), na nichž lze dobře ukázat například nelinearitu charakteristiky. Následují měření na usměrňovacích a Zenerových diodách a jednoduché konstrukce s těmito prvky; poté i zmínka o fototranzistorech a termistorech.

Pak již přicházejí na řadu pokusy a měření s bipolárními tranzistory. Ukazují a proměřují, jak tranzistor funguje jako spínač, jak zesiluje proud a jak může zesilovat napětí. I zde je uvedeno několik námětů na jednoduché konstrukce. Příručku uzavírají demonstrace chování tranzistoru řízeného polem, fototranzistoru, tyristoru a Hallovy sondy.

Elektromagnetické záření

Příručka [6] je zaměřena zejména na pokusy, které nabízí *Interaktivní laboratoř pro středoškoly* (IFL), její využitelnost je však samozřejmě širší. Po krátké (ale důležité) informaci o bezpečnosti při práci s lasery a stručném připomenutí pokusů z geometrické optiky se věnuje zejména vlnové optice.

Východiskem jsou názorné pokusy demonstrující vlastnosti vlnění na mechanickém vlnění pomocí vlnostroje. Hned další pokus ovšem patří k těm, které bychom v rámci středoškolské fyziky mohli označit za „špičkové“. Jde o měření rychlosti světla z dráhy a doby šíření. Následují pokusy s mikrovlnami včetně Michelsonova interferometru a difrakce mikrovln. Pak přicházejí na řadu spektroskopy (hranolový, digitální spektrometr spojený s počítačem i jednoduchý spektroskop z kousku CD), pokusy s Lecherovými dráty a připomenutí Hertzových pokusů s elektro-magnetickými vlnami. Poté jednodušší experimenty s infračerveným a ultrafialovým zářením, v obou případech v oblastech blízkých viditelnému spektru. Závěrečný pokus využívá opět poněkud dražší aparaturu (v IFL je dostupná) pro studium vnějšího fotoelektrického jevu. Z výsledků měření se určuje hodnota Planckovy konstanty.

Fyzika: Aktivně, aktuálně a s aplikacemi

Souhrnná publikace [7] za obor fyzika již až na výjimky nepřináší další dílčí pokusy, ale poskytuje určitý nadhled nad metodami aktivizující výuky a nad využitím pokusů ve výuce fyziky. Naši snahou přitom bylo prezentovat příslušné problémy a přístupy tak, aby učitelé fyziky nemuseli číst tuto publikaci s pedagogickým slovníkem v ruce. Hojně proto využíváme příkladů a snažíme se formulovat věci „lidsky“, aby text byl sdělný a zajímavý právě pro učitele v praxi.

Čtenáři tak v publikaci najdou „nenásilný“ popis toho, co ve výuce fyziky může znamenat např. „konstruktivismus“ nebo „badatelsky orientovaná výuka“. A poté možná poněkud jiný pohled na „kompetence“, než se kterým se dosud setkali. Věříme, že pro učitele bude zajímavá i kritická diskuse o roli pokusů ve výuce fyziky.

Následuje kapitola, která na konkrétním příkladu ukazuje, že pokusy mohou mít mnoho „vrstev“ a naznačuje, proč může být ve výuce fyziky takovýto „mnohovrstvý“ pohled užitečný.

V další části publikace se lze na zcela konkrétním testu z oblasti elektrostatiky seznámit s tím, co to znamená „konceptuální pochopení“, proč je důležité a jak ho lze testovat. V publikaci pak ještě najdete ilustraci, jak lze náměty z výše uvedených příruček propojovat a kombinovat, a také stručný přehled některých zdrojů, v nichž lze hledat další inspiraci pro pokusy ve výuce fyziky.

Poznámka na okraj:

Coby autoři této publikace chápeme, že učitelé fyziky (zejména ti, kdo jezdí na Veletrh nápadů učitelů fyziky) často cení spíše konkrétní náměty a návody na pokusy a rady, na co si dát pozor, případně jak určitý pokus využít ve výuce – a jsou leckdy spíše skeptičtí k textům, které přinášejí obecnější pohled. Takovéto čtenáře můžeme uklidnit: My, tedy autoři uvedené publikace, rozhodně nejsme fanatičtí zastánci žádné z výše uvedených metod. A žádnou z nich také nebudeme prosazovat jako „jedině správnou“ a „jedinou povinnou“ – ať už v jakýchkoli rámcových či jiných programech (na ty ostatně nemáme vliv), v přípravě budoucích učitelů fyziky nebo kurzech pro současné učitele. Přesto myslíme, že zamyslet se někdy obecněji nad našimi přístupy k výuce je užitečné. Právě proto v dané publikaci nabízíme některé obecnější pohledy – a doufáme, že to je v dostatečně „stravitelné podobě“.

Kde lze příručky získat

Výše uvedené publikace v tištěné podobě jsou určeny pro účastníky projektu z řad učitelů pražských středních škol. (Projekt byl vázán na Hlavní město Prahu.) Proto nemáme možnost distribuovat publikace v tištěné podobě mimopražským učitelům fyziky – to by šlo až při případném dalším vydání financovaném z jiných zdrojů.

Naštěstí, jak jsme zjistili dotazem na Magistrátu hlavního města Prahy, „*produkty, které v projektu vzniknou, mohou být přínosem pro školy v celé republice bez omezení*“. Zcela legálně proto můžeme dané publikace volně nabídnout všem učitelům fyziky na webových stránkách. Coby autoři jsme s tímto řešením nadšeně souhlasili, takže:

Všech pět výše uvedených publikací včetně všech doprovodných materiálů (pracovních listů atd.); je volně ke stažení na stránkách [8], tedy na adrese

<http://kdf.mff.cuni.cz/projekty/oppa>.

Projekt „Přírodní vědy a matematika na středních školách v Praze: aktivně, aktuálně a s aplikacemi“ řešený v letech 2010-2012 na Přírodovědecké fakultě a na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy v Praze byl v rámci operačního programu Praha – Adaptabilita financován Evropským sociálním fondem a Magistrátem hlavního města Prahy.

Literatura

- [1] <http://www.aaa-science.cz/> [cit. 1. 9. 2012].
- [2] *Interaktivní fyzikální laboratoř*. Online: <http://kdf.mff.cuni.cz/ifl/> [cit. 1. 9. 2012].
- [3] Dvořák L., Šabatka Z., Koudelková V., Dvořáková I.: *Náboje, proudy a elektrické obvody*. Výukový a metodický text. Projekt OPPA Přírodní vědy a matematika na středních školách v Praze: aktivně, aktuálně a s aplikacemi. P3K s.r.o. Praha 2012. ISBN 978-80-87186-78-7.
- [4] Žilavý P.: *Střídavé proudy*. Výukový a metodický text. Projekt OPPA Přírodní vědy a matematika na středních školách v Praze: aktivně, aktuálně a s aplikacemi. P3K s.r.o. Praha 2012. ISBN 978-80-87186-98-5.
- [5] Dvořák L.: *Polovodiče a jejich aplikace*. Výukový a metodický text. Projekt OPPA Přírodní vědy a matematika na středních školách v Praze: aktivně, aktuálně a s aplikacemi. P3K s.r.o. Praha 2012. ISBN 978-80-87186-83-1.
- [6] Drozd Z., Váchová P.: *Elektromagnetické záření*. Výukový a metodický text. Projekt OPPA Přírodní vědy a matematika na středních školách v Praze: aktivně, aktuálně a s aplikacemi. P3K s.r.o. Praha 2012. ISBN 978-80-87186-82-4.
- [7] Dvořák L., Dvořáková I., Koudelková V.: *Fyzika: Aktivně, aktuálně a s aplikacemi*. Výukový a metodický text. Projekt OPPA Přírodní vědy a matematika na středních školách v Praze: aktivně, aktuálně a s aplikacemi. P3K s.r.o. Praha 2012. ISBN 978-80-87186-67-1.
- [8] *Fyzika aktivně, aktuálně a s aplikacemi*. Online: <http://kdf.mff.cuni.cz/projekty/oppa> [cit. 1. 9. 2012].

Naváříme si elektřinu aneb výlet do světa elektrických dipólů

JIŘÍ ERHART, PETR DESENSKÝ

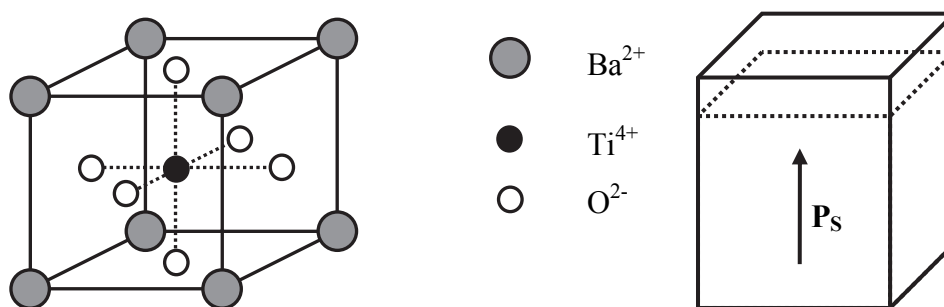
katedra fyziky, Fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická, Technická univerzita v Liberci

Abstrakt

Príspevek nabízí čtenářům základní informaci o piezoelektrickém a pyroelektrickém jevu, historii jejich objevování a základních vlastnostech keramiky PZT. Ve vlastním pokusu je demonstrován pyroelektrický jev pomocí náboje generovaného při zahřívání prvku z PZT keramiky. Jednoduchým měřením lze pak také odhadnout velikost pyroelektrického koeficientu.

Elektrická struktura látek

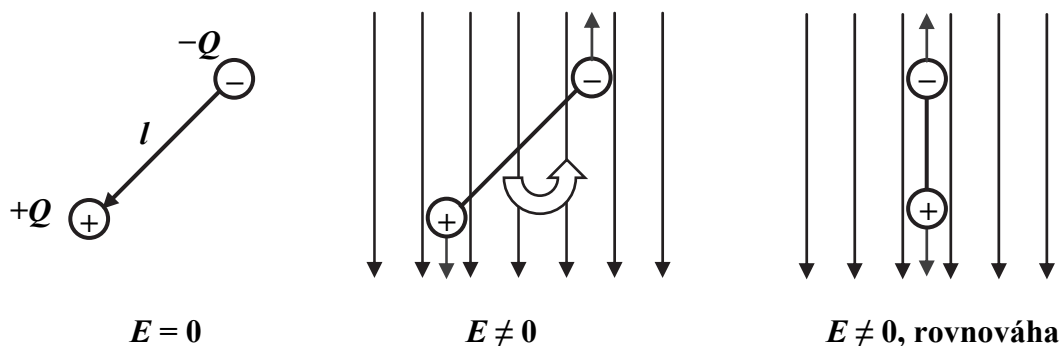
Elektrické náboje patří k látce zcela samozřejmě a zprostředkovávají řadu typů vazeb mezi atomy a molekulami látky. Mezi elementárními nosiči náboje – protony a elektrony – působí elektrostatická síla vyjádřena Coulombovým zákonem. V rovnovážném stavu je v látce stejné množství kladných a záporných nábojů, aby byla látka elektricky neutrální. Prostorové rozložení nábojů v rovnovážném stavu může být obecně symetrické i nesymetrické. Představme si pro jednoduchost základní buňku krystalové struktury titaničitanu barnatého (BaTiO_3)



Obr. 1. Základní buňka krystalové struktury BaTiO_3 a orientace dipólového momentu vznikajícího v tetragonální fázi.

S atomy Ba^{2+} umístěnými ve vrcholech krychle, s atomy Ti^{4+} v jejím středu a s atomy O^{2-} ve středech stěn krychle. V tomto symetrickém uspořádání je těžiště kladných i záporných iontů ve stejném místě, tj. ve středu krychle. Pokud se však centrální iont Ti^{4+} vychýlí ze své pozice, dojde k posunu těžiště kladných iontů tímto směrem a celá buňka pak reprezentuje elektrický dipól. I přesto, že výchylky iontů Ti^{4+} jsou velmi malé ($<10^{-10}$ m), získává látka značný dipólový moment vzhledem k velké hustotě elementárních buněk.

Elektrický dipól je nejjednodušším uspořádáním dvou nábojů stejné velikosti, ale opačného znamení (obr. 2). Ten se ve vnějším (statickém) elektrickém poli orientuje ve směru rovnoběžném se směrem tohoto pole. V jiné než této orientaci totiž působí na dipól moment dvojice sil, snažící se ho do této pozice natočit. Ve střídavém elektrickém poli koná dipól kmity kolem své rovnovážné polohy, což způsobuje frekvenční závislost elektrické permitivity látky.



Obr. 2. Orientace elektrického dipólového momentu ve vnějším elektrickém poli.

Uspořádání více než dvou elektrických nábojů stejné velikosti a různých znamení vytváří složitější multipóly (např. kvadrupól atd.) Dipól je charakterizován elektrickým dipólovým momentem

$$\vec{p} = Q\vec{l},$$

a dipólové momenty lze tedy zobrazovat jako vektory. Makroskopicky je pak důležitá hustota dipólových momentů v jednotce objemu, tzv. elektrická polarizace, která má podle Maxwellových rovnic význam plošné hustoty (vázaného) náboje na homogenně polarizované látce

$$P = \sigma = \frac{Q}{S}.$$

Spontánně existující elektrické dipóly v některých látkách jsou důsledkem strukturního fázového přechodu při změně teploty. Při takovém přechodu se nemění skupenství látky, ale jen její krystalová struktura. To se projevuje např. v BaTiO_3 vychýlením centrálního iontu Ti^{4+} ze své středové pozice a vznikem dipólových momentů (obr. 2). Titaničitanový iont se může v tomto konkrétním materiálu vychýlit ve směru hrany krychle a to šesti různými směry. Vzniká dipólový moment orientovaný ve směru této výchylky. Látka má možnost si „vybrat“ některý z těchto šesti směrů výchylky, neboli některý ze šesti doménových stavů v této tetragonální strukturní modifikaci. Pro úplnost uveďme, že BaTiO_3 prochází při různých teplotách celou řadou strukturních fázových přechodů od symetrické kubické fáze do nesymetrických fází tetragonální (při 120°C s 6 doménovými stavy), ortorombické (při 0°C s 12 doménovými stavy) a trigonální (při -90°C s 8 doménovými stavy). Dipólové momenty vznikají v látce v důsledku spontánního vychýlení atomů Ti^{4+} z jejich centrální polohy (ve směru hrany krychle, její stěnové nebo tělesové úhlopříčky) a existují v látce permanentně. Jde o elektrickou analogii permanentních magnetů s magnetickými

dipólovými momenty. Proto byl pro tuto vlastnost analogicky zvolen název feroelektrika. Všechny feroelektrické látky jsou současně pyroelektrické i piezoelektrické.

Stejně jako feromagnetická látka, jeví také feroelektrická látka typické vlastnosti způsobené existencí domén jako je např. hysterezní chování ve vnějším elektrickém poli (hysterezní smyčka pro závislost mezi indukci D a intenzitou E elektrického pole). Látka si „pamatuje“ předchozí uspořádání doménových stavů. Podobně se hystereze projevuje při deformaci feroelektrické látky v elektrickém poli (tzv. „butterfly“ křivka).

Pyroelektrika

Změnou teploty dochází ke změně meziatomových vzdáleností ve struktuře látky, tedy k délkové a objemové roztažnosti. Přitom se s ionty v krystalové struktuře přemísťují i jejich elektrické náboje. Jestliže však krystalová struktura látky není středově symetrická, dochází při posunech iontů ke změně v rozložení těchto nábojů. Těžiště kladných a záporných nábojů v krystalové struktuře mění svoji polohu a vzdálenost, čehož důsledkem je vznik elektrického dipólového momentu. Látka je **pyroelektrická**. Tento elektrický dipólový moment vyjádřený v makroskopické hustotě dipólových momentů v jednotce objemu je přímo úměrný změně teploty $\Delta\Theta$ [K]

$$D = p\Delta\Theta,$$

kde p [$\text{C}\cdot\text{m}^{-2}\text{K}^{-1}$] je pyroelektrický koeficient a D [$\text{C}\cdot\text{m}^{-2}$] je indukce elektrického pole. Ještě patrnější je situace ve feroelektrických látkách, kde již elektrické dipóly spontánně existují a s teplotou se tak mění pouze jejich velikost. K pyroelektrickému jevu existuje i jev inverzní, tzv. **jev elektrokalorecký**. Změna elektrického pole v pyroelektrické látce vede ke změně teploty látky. Pyroelektrický jev se využívá pro přeměnu změn teploty na elektrický signál v různých tepelných infračervených čidlech a detektorech. Elektrokalorecký jev nebyl dosud u žádné z látek zjištěn dostatečně velký pro možnou aplikaci při elektrickém chlazení. V magnetické podobě (magnetokalorecký jev) je tato vlastnost v současné době perspektivně zkoumána pro magnetické chladničky.

Piezoelektrika

V látkách s krystalovou strukturou bez středu symetrie lze podobně jako změnou teploty vytvořit dipólové momenty i mechanickým tlakem působícím v určitém směru. Látka je piezoelektrická a tento jev se označuje jako **přímý piezoelektrický jev**. Mechanický tlak vyvolá na plochách krystalu elektrický náboj přímo úměrný tomuto tlaku

$$D = dT,$$

kde D [$\text{C}\cdot\text{m}^{-2}$] je indukce elektrického pole, d [$\text{C}\cdot\text{N}^{-1}$] piezoelektrický nábojový koeficient a T [Pa] mechanický tlak. Je však třeba zapůsobit ve zcela určitém směru a také vznikající elektrický dipólový moment se může lišit směrem od směru tlaku. Piezoelektrické vlastnosti je třeba popisovat pomocí tenzorů (např. piezoelektrický koeficient je tenzorem 3. řádu), což je však již daleko nad rámec této základní informace.

K piezoelektrickému jevu existuje **jev inverzní**, kdy se piezoelektrická látka vložená do elektrického pole mechanicky deformuje. Dochází k přímé přeměně elektrické energie na energii mechanickou a naopak. Přímý piezoelektrický jev se používá pro velmi citlivé senzory síly, tlaku a zrychlení a pro generaci náboje např. v zapalovačích. Inverzní jev našel své použití pro jemné posuvy v optice (< 1 nm) nebo pro generaci mechanických vln jako je např. ultrazvuk. Piezoelektrické vlastnosti mají látky z 20 krystalových tříd symetrie, narozdíl od pyroelektriny, která je vlastní pouze 10 třídám symetrie.

Všechny feroelektrické látky jsou současně také piezoelektrické a pyroelektrické, ale ne naopak. Všechny pyroelektrické látky jsou současně piezoelektrické, ale ne naopak.

Historie objevu pyroelektriny a piezoelektriny

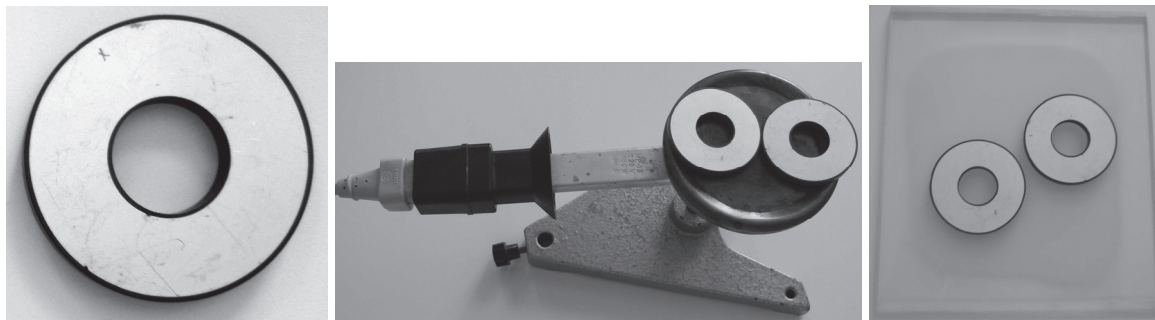
Jev, který dnes známe jako **pyroelektrický**, byl objeven již ve starém Římě ve 4. století př. n. l., kdy bylo pozorováno přitahování částeczek popela k chladnoucímu krystalu turmalínu. Byl pojmenován podle řeckého slova „pyros“ – oheň. Toto pojmenování navrhl D. Brewster, ale až mnohem později v roce 1824. Pyroelektrický jev dal turmalínu jméno, protože slovo turmalin, které je z jazyka původních obyvatel Srí Lanky, znamená „kámen přitahující popel“. Turmalín byl proto nazýván lapis electricus (elektrický kámen). Tuto znalost spolu s krystalky turmalínu přivezli z Cejlonu začátkem 17. století jako kuriozitu do Evropy holandsí kupci. Začátkem 18. století si Franz Ulrich Theodor Aepinus uvědomil, že jde o polární jev a v krystalku turmalínu je vytvářen elektrický dipól. Přitahování částeczek popela je projevem elektrostatických sil mezi náboji na krystalku a vlastního náboje částeczek popela. Pyroelektrický jev byl dále studován kvantitativně v roce 1828 A. C. Becquerelem (dědečkem pozdějšího objevitele radioaktivity H. Becquerela). První teorii pyroelektrického jevu podal v roce 1873 Lord Kelvin. Předpokládal sice ještě nesprávně existenci spontánních dipólových momentů, ale vyjádřil již správně přímou úměrnost mezi změnou teploty a vznikajícím dipólovým momentem. Pyroelektrický krystal turmalínu byl také jedním z prvních krystalů (spolu s křemenem) na kterém v roce 1880 a 1881 objevili bratři Jacques a Pierre Curieovi nejprve přímý a hned vzápětí inverzní piezoelektrický jev. Piezoelektrický jev byl nazván později podle řeckého slova „piedzó“ = tlačit. Bratři Curieové formulovali hned v prvních pracích základní vlastnosti piezoelektrického jevu. Byli také prvními vědci, kteří zavedli do fyziky principy symetrie ve vztahu k vlastnostem látek. A to nejen symetrie krystalové mříže (tzv. Neumannův princip), ale i vzhledem k symetrii vnějšího působení (tzv. Curieův princip). K hlubšímu studiu piezoelektrického jevu dále velmi přispěl také W.C.Röntgen, první nositel Nobelovy ceny za objev rentgenových paprsků. Konečně pak teorii v roce 1890 doplnil nezbytným tenzorovým počtem W. Voigt.

Keramika PZT

Tuhý roztok titaničitanu olovnatého (PbTiO_3) a zirkoničitanu olovnatého (PbZrO_3) je v současné době nejvíce komerčně vyráběným keramickým piezoelektrickým materiálem [1]. Základní buňky PbTiO_3 a PbZrO_3 se míchají nejčastěji v poměru 48-52 % PbZrO_3 a struktura je doplněna malým množstvím dopujících atomů, které způsobují specifické vlastnosti keramiky označované zkratkou PZT. Dopující atomy jako např. Fe^{3+} , Mn^{3+} tak způsobují, že keramika je tvrdá mechanicky, má menší piezoelektrické koeficienty a je odolná vůči vyššímu elektrickému a mechanickému namáhání. Tento typ PZT keramiky se označuje jako „hard PZT“ a je vhodný pro výkonové aplikace jako jsou např. měniče pro generaci ultrazvuku pro svařování a čištění. Naopak dopováním struktury atomy s vyšším mocenstvím (Nb^{5+}) vzniká keramika mechanicky měkká, ale s vysokými piezoelektrickými koeficienty avšak méně odolná vůči mechanickému a elektrickému působení. Tento typ keramiky se označuje jako „soft PZT“ a je vhodný pro citlivé senzory. PZT keramika je feroelektrickým materiálem a má tedy jak piezoelektrické, tak pyroelektrické vlastnosti. Teplotní mezí pro použití PZT keramiky je Curieova teplota, která typicky činí 150-360 °C pro měkkou PZT a 300-360 °C pro tvrdou PZT. Keramika se vyrábí metodou práškové metalurgie z oxidů TiO_2 , ZrO_2 a příměsí ve formě oxidů nebo uhličitánů. Po důkladném rozemletí surovin v kulových mlýnech dochází k několika výpalům pro vytvoření vlastního tuhého roztoku, přemletí na jemná zrna (1-10 μm), přidání organického pojiva a lisování do výsledného tvaru disků, desek, tyčinek, válečků atd. Následně se vypaluje organické pojivo, prvky se řezou diamantovými nástroji a brousí brusnými prášky SiC a sítotiskem se stříbrnou pastou nanášejí elektrody. Elektrody jsou dále vypáleny a prvek je elektricky polarizován. V procesu polarizace jsou keramické měniče ponechány po určitou dobu (typicky 5-20 min) v olejové lázni za vyšší teploty (typicky 60-150 °C podle typu PZT) v silném elektrickém poli (typicky 2-4 kV/mm). Tím dojde ke srovnání dipólových momentů v jednotlivých elementárních buňkách do jednoho směru. Po skončení polarizace pak prvek jeví nenulovou makroskopickou polarizaci. Po elektrickém otestování prvků je prvek zabalen a expedován zákazníkovi.

Naváříme si elektrický náboj

Pro demonstraci pyroelektrického jevu využijeme prvky (měniče) z tvrdé PZT keramiky ve tvaru prstence nebo disku. Měníč byl již v továrně pokryt stříbrnou elektrodou na obou protějších stěnách (obr. 3) a byl také zpolarizován.



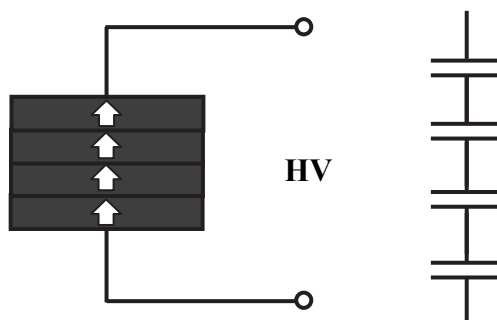
Obr. 3. Prvek z keramiky PZT (křížkem je označena polarita), prvky při ohřevu na vařiči a při chladnutí na skleněné desce (zleva doprava).

Prvek umístíme na plotýnku elektrického vařiče a ohřejeme zhruba o 50 °C. Plynový vařič není vhodný, neboť kolem proudícího medium může na prvek přenášet elektrické náboje a pyroelektrický jev nebude tak zřetelný. Teplotu kontrolujeme a odhadujeme letmým dotykem ruky na měniči, má být jen tak velká, abychom se při dotyku nepálili. Již během tohoto ohřívání nás měnič překvapí jiskrami, které jdou mezi oběma elektrodami měniče nebo mezi horní elektrodou a uzemněným povrchem vařiče. Pokud je měnič dostatečně ohřátý, uchopíme ho kovovou (elektricky vodivou) pinzetou, zkratujeme jeho elektrody a umístíme ho k vychlazení na pokojovou teplotu na izolační podložku. Podložka musí být co nejlépe elektricky nevodivá. Zcela pak postačí sklo, ale většina plastů ne. Teplotu měniče můžeme během chladnutí opět zkoušet letmým dotykem prstem ruky, ale jen na jedné elektrodě tak abychom nezkratovali elektrody. Po zkratování elektrod po skončení ohřívání došlo totiž k neutralizaci nábojů na elektrodách měniče. Při následném chladnutí se díky pyroelektrickému jevu opět vytvářejí na elektrodách náboje, tentokrát však opačného znaménka. Po vychlazení měniče na pokojovou teplotu si tak již můžeme „vychutnat“ požitek z pyroelektrického náboje. Uchopíme měnič prsty jedné ruky tak, abychom zkratovali obě jeho elektrody. Budeme překvapeni elektrickou ránou, kterou nám měnič uštedří. Během chladnutí totiž vzniká na měniči velmi vysoké napětí řádu několika kV, které je schopno elektricky prorazit např. vzduch. Elektrická pevnost vzduchu se uvádí v rozsahu 1-3 kV/mm podle obsahu vodní páry. Odolnější jedinci si také jistě rádi vyzkouší napětí sečtené na několika měničích. Máme-li k dispozici několik měničů stejných rozměrů, můžeme je po vychlazení poskládat na sebe a získat tak na nich součet napětí. Tímto způsobem vlastně sériově spojujeme měniče jako kondenzátory při zachování stejného náboje na elektrodách, ale se součtem napětí na nich (obr. 4).

Je však třeba dát pozor na stejnou orientaci napěťových spádů na měničích a během manipulace je nezkratovat. Pro identifikaci orientace dipólového momentu opatřuje výrobce měniče značkou (většinou ve formě černé tečky nebo křížku) na elektrodě,

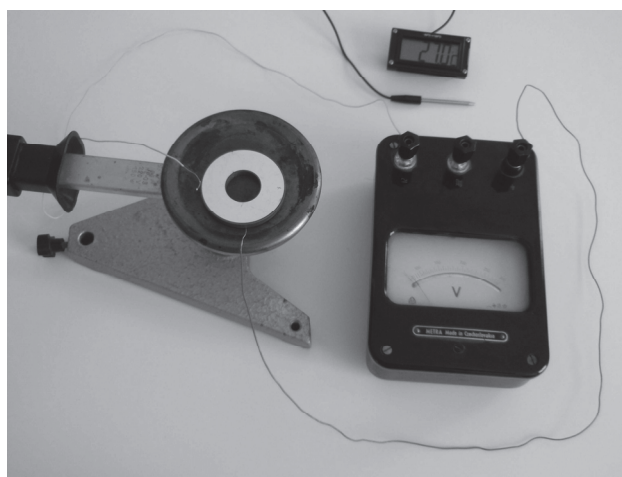
kteřou při polarizaci připojil na kladný pól zdroje. Spontánní elektrický dipólový moment je pak orientován ve směru od této elektrody k jejímu protějšku.

Pokus můžeme s tímtož prvkem opakovat mnohokrát beze ztráty vlastností měniče. Pouze nesmíme nikdy měnič ohřát nad Curieovu teplotu, čímž by došlo ke ztrátě uspořádání elektrických dipólů a tak ke ztrátě piezoelektrických a pyroelektrických vlastností. Typické vlastnosti použitých měničů jsou: pyroelektrický koeficient $p \approx 3 \cdot 10^{-4} \text{ C} \cdot \text{m}^{-2} \text{ K}^{-1}$, permitivita $\epsilon_r \approx 1500$, Curieova teplota $T_C \approx 350 \text{ }^\circ\text{C}$.



Obr. 4. Keramické prvky spojené sériově – skládání napětí při zachování stejného náboje na elektrodách.

Zkoumavější jedinci si také jistě rádi ověří velikost elektrického napětí vznikající změnou teploty při ohřívání měniče a odhadnou si velikost pyroelektrického koeficientu. Je k tomu třeba elektrostatického voltmetru s dostatečně velkým rozsahem a teploměru (např. teploměrné čidlo se zobrazovací jednotkou).



Obr. 5. Keramický měnič na vařiči při měření vzniklého napětí elektrostatickým voltmetrem a vzrůstu teploty.

Měnič položíme na vařič a podložíme zemnicí elektrodou připojenou na zemnicí svorku voltmetru. Vrchní elektrodu měniče kontaktujeme na měřicí elektrodu elektrostatického voltmetru a přiložíme na ni také čidlo teploměru. Napětí na voltmetru sledujeme současně s hodnotou teploty měniče získanou digitálním teploměrem. Při změně teploty o hodnotu $\Delta\theta \approx 1 \text{ K}$ dojde ke změně napětí na voltmetru přibližně o hodnotu $U \approx 300 \text{ V}$. Měnič ve tvaru prstence o průměrech $d_1 = 20 \text{ mm}$, $d_2 = 50 \text{ mm}$

má typickou kapacitu $C \approx 3 \text{ nF}$. Vytvořená plošná hustota pyroelektrického náboje na elektrodách prvku má velikost

$$\sigma = \frac{Q}{S} = \frac{CU}{S} = p\Delta\Theta,$$

kde $S = \frac{1}{4}\pi(d_2^2 - d_1^2)$ je plocha elektrod prvku. Odtud lze potom odhadnout hodnotu pyroelektrického koeficientu

$$p = \frac{4CU}{\pi(d_2^2 - d_1^2)\Delta\Theta} \approx 5 \cdot 10^{-4} \text{ C} \cdot \text{m}^{-2} \text{K}^{-1}.$$

Bezpečnostní pravidla a doporučení

Ohřívejte prvek pouze o 50°C , ne více! Při dlouhodobém vystavování prvku teplotám kolem $\frac{1}{2}$ Curieovy teploty a vyšším dojde k postupné ztrátě uspořádání elektrických dipólů a tím také ke ztrátě pyroelektrických vlastností.

Při zahřívání vzniká velmi vysoké elektrostatické napětí řádu několika kV. Toto napětí může zničit elektroniku (mobilní telefon, MP přehrávače, hodinky, kreditní karty atd.).

Osoby s elektronickými zařízeními zajišťujícími životní funkce (kardiostimulátor, inzulinová pumpa, kochleární implantát atd.) by neměly z bezpečnostních důvodů pokus aktivně absolvovat. Zásah vysokým napětím byť o malém výkonu by pro tato zařízení mohl být nebezpečný!

Závěr

Předvedená demonstrace pyroelektrického jevu je jednou z mnoha vlastností uspořádané struktury dipólových momentů v pevných látkách. Pro mnohé posluchače jde o vůbec první „dotyk“ s dipóly v látce. Využijte darovaných měničů z PZT keramiky k demonstraci jevu pro vaše žáky a studenty ve školách, byť jde o jev jdoucí už za rámec středoškolské fyziky. Doufáme, že vaše žáky a studenty bude tento efektní jev bavit nejen v praktické demonstraci, ale také ve vysvětlení, které čtenáři v tomto článku ve stručnosti předkládáme.

Poděkování

Použité měniče z keramiky PZT věnovala firma Noliac Ceramics, s.r.o., Hradec Králové. Autoři děkují za podporu grantu SGS FP-TUL 19/2012.

Literatura

- [1] Erhart J.: Piezoelektrické “chytré” materiály pro elektrotechniku, PZT keramika, Elektro 11 (2002) s.4-7

Animace letů vesmírných sond

TOMÁŠ FRANC

*Astronomický ústav Univerzity Karlovy, Matematicko-fyzikální fakulta,
Karlova Univerzita v Praze*

Abstrakt

Kosmonautika je opomíjená oblast fyziky, která může oživit výuku. Jednou z možností je znázornění letů vesmírných sond. V příspěvku je uveden stručný návod na vytvoření animací letů vesmírných sond a několik návrhů na využití v hodinách fyziky.

Úvod

Cílem příspěvku je ukázat možnost oživení výuky fyziky pomocí animací letů vesmírných sond. Takové animace sice nejsou k dispozici, nicméně není problém si vytvořit vlastní. K tomu je především potřeba získat data, kudy daná sonda letěla – to umožňuje webové rozhraní *HORIZONS Web-Interface* [1]. Dále je potřeba mít vhodný program, my jsme použili *Wolfram Mathematica* [2]. Kdo však nemá takový program k dispozici nebo nechce trávit čas vlastní tvorbou animací, může použít námi vytvořené animace, které plánujeme dát plně k dispozici. Na přehrání animací navíc není potřeba samotný program, ale stačí přehrávač takových souborů, *Wolfram CDF Player* [3], který je zdarma a umožňuje kromě přehrání animací i natáčení a přibližování 3D grafiky. Na konci příspěvku uvedeme možnosti využití animací v hodinách výuky fyziky.

Vytvoření animací

Stažení souřadnic

Nejprve je potřeba dostat se k potřebným datům, to umožňuje webové rozhraní *HORIZONS Web-Interface* [1], kde zvolíme následující nastavení (viz Obrázek 1):

Ephemeris Type: OBSERVER

Observer Location: Sun (body center)[500@10]

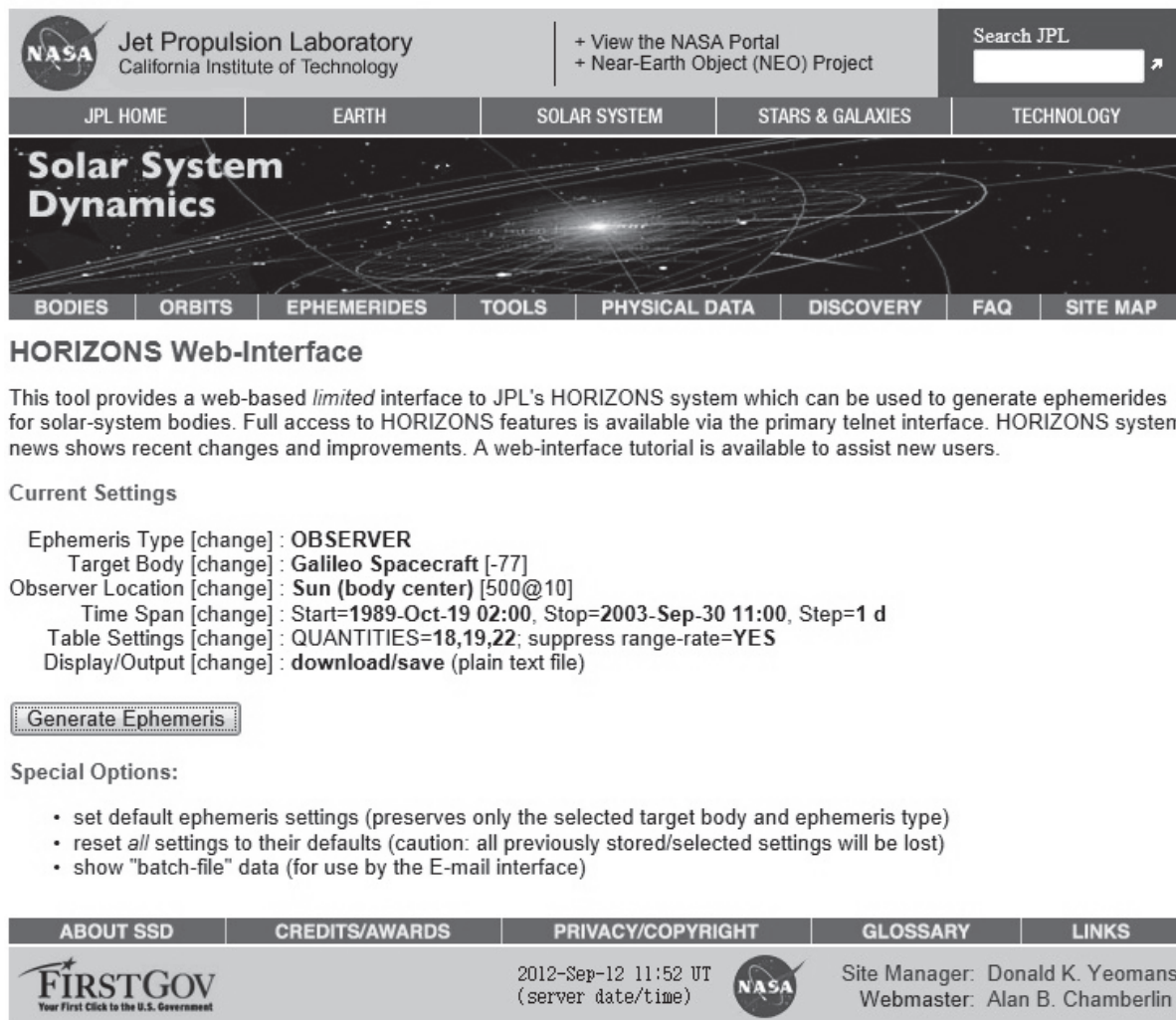
Table Settings: QUANTITIES=18,19,22; suppress range-rate=YES

Display/Output: download/save (plain text file)

Target Body – zde zadáváme jak jména misí, tak i planet, případně komet atd.

Time Span – pro danou volbu z *Target Body* je vždy k dispozici údaj o dostupném časovém rozsahu, zároveň máme na volbu z časového kroku (*Step Size*) – bohatě postačující je volba 1 den, ale lze zvolit i jemnější krok (my používáme 1 hodinu).

Po všech nastavených volbách zvolíme *Generate Ephemeris* a vygenerovaný soubor uložíme do počítače. Je velmi důležité zvolit vhodný způsob pojmenovávání souborů!



The screenshot shows the NASA Jet Propulsion Laboratory (JPL) Horizons Web-Interface. At the top, there's a navigation bar with links like JPL HOME, EARTH, SOLAR SYSTEM, STARS & GALAXIES, and TECHNOLOGY. Below this is a banner for 'Solar System Dynamics'. The main content area displays 'Current Settings' for the Ephemeris Type (OBSERVER), Target Body (Galileo Spacecraft), Observer Location (Sun), Time Span (Start=1989-Oct-19 02:00, Stop=2003-Sep-30 11:00, Step=1 d), Table Settings (QUANTITIES=18,19,22; suppress range-rate=YES), and Display/Output (download/save (plain text file)). A 'Generate Ephemeris' button is prominently displayed. Below the settings, there are 'Special Options' listed as bullet points. At the bottom, there's a footer with links like ABOUT SSD, CREDITS/AWARDS, PRIVACY/COPYRIGHT, GLOSSARY, and LINKS, along with a NASA logo and contact information for the Site Manager and Webmaster.

Obr. 1. Nastavení webového rozhraní pro získání souřadnic.

Příprava dat před importem do programu *Wolfram Mathematica*

Před vlastním vložením dat do programu *Wolfram Mathematica* je potřeba ve všech získaných textových souborech umazat jejich začátky a konce tak, aby v nich zbyly jen tabulky s údaji (úplně první údaj v souboru tak bude datum pro první souřadnici). Dále se ukázalo jako výhodné vytvořit textové soubory zvlášť pro každou souřadnici, datum i rychlost – to lze udělat např. pomocí programu *MS Excel* [4] takto: Volba *Otevřít – Všechny soubory*, dále *Zdrojový typ – Pevná šířka*, *Další*, vždy vybereme jen jeden sloupec, který chceme osamostatnit a zvolíme pro něj *Formát dat ve sloupcích – Text*, u ostatních sloupců zvolíme *Neimportovat* a vložený sloupec uložíme jako typ: *Text oddělený tabulátory* (u následné hlášky dáme *Ano* a při zavírání *Excelu* dáme naopak *Ne* u *Chcete uložit změny provedené...*). Toto provedeme pro všechny sloupce, které budeme chtít importovat do programu *Mathematica*.

Transformace souřadnic

Ještě před vlastním vytvářením animací je lepší heliocentrické sférické souřadnice převést do heliocentrických kartézských souřadnic (*Mathematica* umí vytvořit grafy i ze sférických, ale vykreslování trvá příslušnému příkazu déle než vykreslení kartézských souřadnic) – k tomu poslouží známá transformace souřadnic:

$$x = r \cos \theta \cos \varphi$$

$$y = r \cos \theta \sin \varphi$$

$$z = r \sin \theta$$

kde r je *Radial Distance*, θ *Latitude* a φ *Longitude*. Přepočtení lze provést v programu *Mathematica* a výsledky pak exportovat jako textové soubory.

Import dat do programu *Wolfram Mathematica*

Klasický příkaz `Import` se ukázal jako nepříliš efektivní (vlození velkých objemů dat dlouho trvá a počítač navíc obvykle zamrzne) – lepší je následující způsob:

```
f=OpenRead["C:\\MissionsGravitationalAssist\\Dawn\\DawnData\\xCoordinatesDawn.txt"];
xCoordinatesDawn=ReadList[f,Number];Close[f];Clear[f];
```

kde je zadána jak cesta a název zdrojového souboru, tak následné označení příslušné souřadnice (zde `xCoordinatesDawn`).

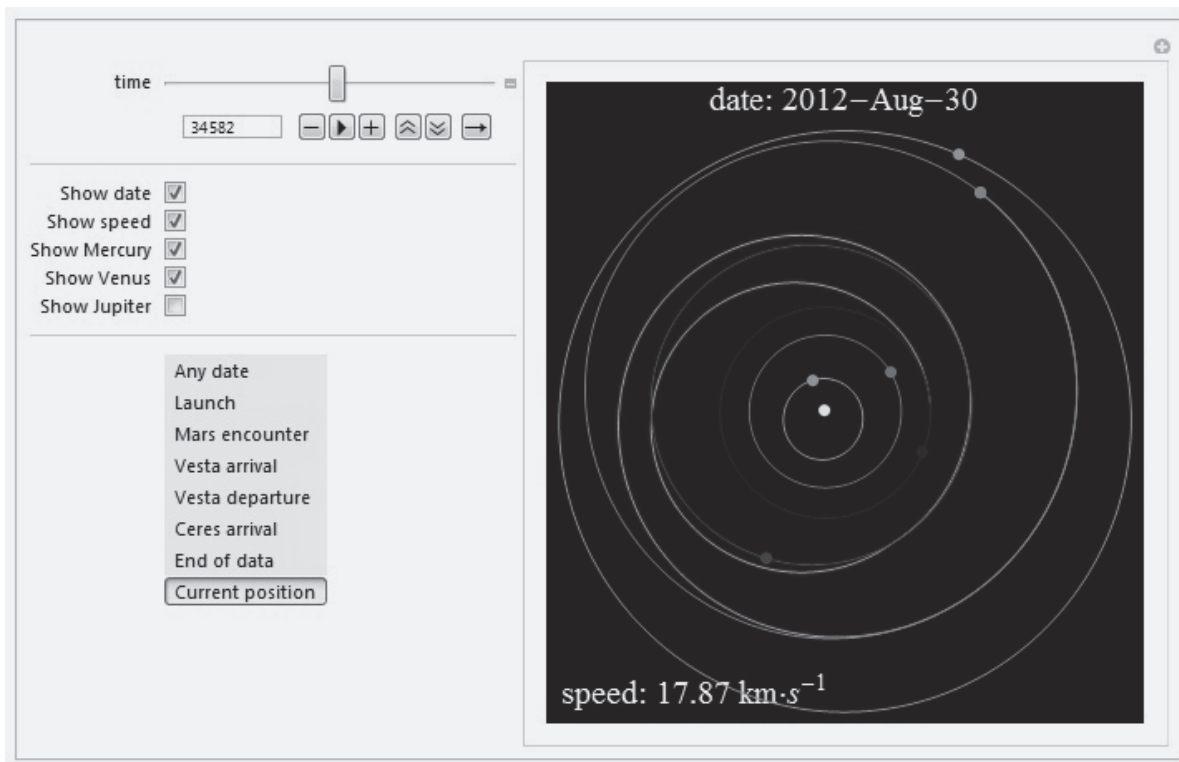
Vytvoření animace

Nyní zde pouze stručně nastíníme základní příkazy potřebné pro vytvoření animace:

```
Manipulate[Show[Graphics[{{Line[Table[
{xCoordinatesDawn[[i]],yCoordinatesDawn[[i]]},{i,1,k}]]},
{Point[{xCoordinatesDawn[[k]],yCoordinatesDawn[[k]]}]},
ParametricPlot[]]]],{k,1,lengthDawn,1}]
```

Příkaz `Point` vykreslí danou polohu sondy, příkaz `Line` vykresluje její trajektorii, `lengthDawn` označuje délku seznamu souřadnic. Pohyb planet získáme opět příkazem `Point`. Záměrně jsme nevyplnili příkaz `ParametricPlot`, který by měl vykreslit trajektorie planet, protože zde je menší problém. Trajektorie planet by bylo možné vykreslit příkazem `Line` stejně jako pro sondy, ovšem například pro Neptun se takto získá jen malý úsek jeho celé trajektorie – pokud si speciálně pro něj nenecháme vypsát souřadnice pro 165 let jeho oběžné doby. Lepší je takový postup, kdy získáme dráhové elementy planet (jde o text vymazávaný ze souborů získaných z [1] nebo je nalezneme v návodu [5]) a dále použijeme návod popsany v [5] (prakticky nejde o nic jiného než o rovnici elipsy ve 3D, která „prošla“ 3 otočeními v prostoru, které odpovídají Eulerovým úhlům – dráhovým elementům). Nakonec rovnici necháme vykreslit právě příkazem `ParametricPlot`. Je napínavé pak sledovat, jestli pozice planet získaných z [1] odpovídají trajektoriím vykresleným pomocí dráho-

vých elementů planet. Ukázka obrázku animace (vylepšené o několik nastavení) je na Obrázku 2. (Z předešlého je tedy zřejmé, že pohyby planet nemodelujeme řešením Keplerovy rovnice, používáme skutečné pozice planet v čase získané z [1], stejně tak nemodelujeme pohyby sondy v gravitačním poli Slunce).



Obr. 2. Ukázka z 2D animace letu sondy *Dawn*.

Možnosti využití animací ve výuce

Základní využití se přímo nabízí – studium průběhu letu sondy, vývoj rychlosti apod. (Totéž vlastně lze udělat jen pro samotné planety – studovat jejich pohyby – mj. i ve 3D, kdy studenti – možná poprvé – uvidí, že planety neobíhají Slunce v jedné rovině). Pokud však navíc vybereme nějakou zajímavou misi, možnosti se dále rozšiřují. Zajímavé jsou zejména mise, které během letu využily techniku tzv. *gravitačního praku*. Jde o techniku, kdy sonda vhodným způsobem přiletí k planetě a ta ji urychlí či zpomalí; tato technika se také používá ke změně směru letu (vše vztaženo vůči Slunci). Tato technika funguje díky zákonu zachování energie, což znamená, že v případě urychlení sondy je planeta zpomalena (a naopak, opět vše vůči Slunci). Takové mise jsou zajímavé z toho důvodu, že se sonda musí s planetou „potkat“ – je tedy napínavé sledovat, že k takovému setkání skutečně v uvedených misích dojde. Dále je možné zkoumat, zda sonda obletí planetu „před“ planetou nebo „za“ planetou – na tom totiž závisí právě to, zda je sonda urychlena nebo zpomalena (vzhledem k Slunci). V tento okamžik je velice užitečné sledovat i údaj o rychlosti sondy.

Animace je vhodné samozřejmě doplnit povídáním o přípravě mise, startu, problémech, financování, cílech mise a nových objevech, poukázat na to, jaké otázky mise zodpověděla a jaké naopak díky ní vyvstaly. Rovněž je nesmírně zajímavé zjistit, co

se stalo se samotnou sondou. To je ideální úkol pro studenty na doma, misí je dostatek, takže na všechny se jistě dostane. Součástí prezentace studentů mohou být také fotografie, které sondy pořídily a které bychom jinak nikdy nezískali. To vše by navíc mohlo vést k tomu, že se studenti zeptají, jak vlastně gravitační prak přesně funguje. Dále je možné hovořit o třech kosmických rychlostech, startu sond (s ohledem na vlastní rotaci Země, oběh kolem Slunce) či vhodné volbě vztažné soustavy (s tím se na středních školách příliš nepracuje). Pokud půjdeme ještě o trochu dále, lze se dostat i na mezipředmětové vztahy – většina stránek, ze kterých by studenti čerpali výše zmíněné informace, je v angličtině. Je možné se zabývat chemickým složením jiných planet, komet, asteroidů. A lze se dostat i k biologii, a sice zabývat se otázkou existence mimozemského života...

Něco z výše uvedených lze zařadit do běžné výuky, něco naopak jen do semináře. Další předností takové práce je použití **reálných** dat ve výuce.

Seznam misí, které využily gravitační prak

Pioneer 10 & 11, Mariner 10 (pro něj však data nejsou na [1] k dispozici), *Voyager 1 & 2, Galileo, Ulysses, Cassini, Rosetta, Messenger, New Horizons, Dawn, Juno*.

Celkem tak máme k dispozici minimálně 12 velice zajímavých misí, které během svého letu využily alespoň jednou gravitační prak u nějaké planety (některé navíc tuto techniku využily dokonce čtyřikrát během letu a pokaždé tedy došlo k setkání sondy a planety – a to vše bylo naplánováno dlouho před startem!).

Závěr

V tomto příspěvku jsme popsali postup, jak lze vytvořit vlastní animace letů kosmických sond. Uvedli jsme možnosti využití takových animací ve výuce. Animace plánujeme dát k dispozici, k jejich přehrání postačuje program *Wolfram CDF Player*, který je zdarma. Rovněž na internetové adrese <http://sirrah.troja.mff.cuni.cz/~franc/> zpřístupníme soubory stažené ze stránek [1] pro ty, co by si chtěli animace předělat podle svých představ a nechťeli se zdržovat zdoluhavým stahováním a úpravou textových souborů. (Budeme se snažit dát vše k dispozici nejdéle do konce listopadu – nyní „vychytáváme poslední mouchy“).

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory Grantové agentury Univerzity Karlovy (číslo smlouvy 341311). Dále děkujeme NASA za poskytnutí dat na adrese [1].

Literatura

- [1] <http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi>
- [2] <http://www.wolfram.com/mathematica/>
- [3] <http://www.wolfram.com/cdf-player/>
- [4] <http://office.microsoft.com/cs-cz/excel/>
- [5] http://ssd.jpl.nasa.gov/txt/aprx_pos_planets.pdf

Simple Friction Experiments

ANNA HAJDUSIANEK

Institute of Physics, Wrocław University of Technology

Abstract

In this article several experiments with friction are presented. They are easy to carry out and can be done with commonly available materials. Most of the described experiments kids can do it themselves under adult supervision.

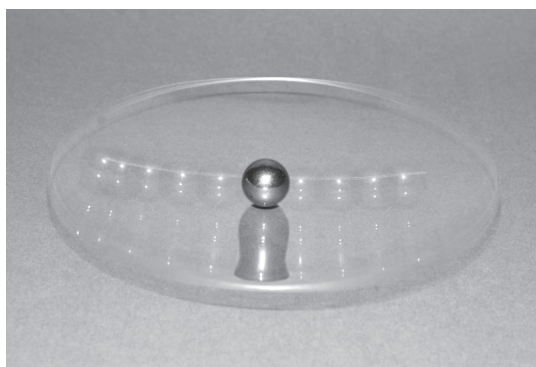
Introduction

The first scholar who has studied the phenomenon of friction was Leonardo da Vinci. He observed that the friction depends on the type of contacting bodies and that the friction increases proportionally to the body weight. Another scholar who has studied the friction was Guillaume Amontons. He noted that the friction is caused by rough surfaces.

Friction occurs widely in nature. With no friction people would have a problem with walking, driving a car and etc.

Experiments

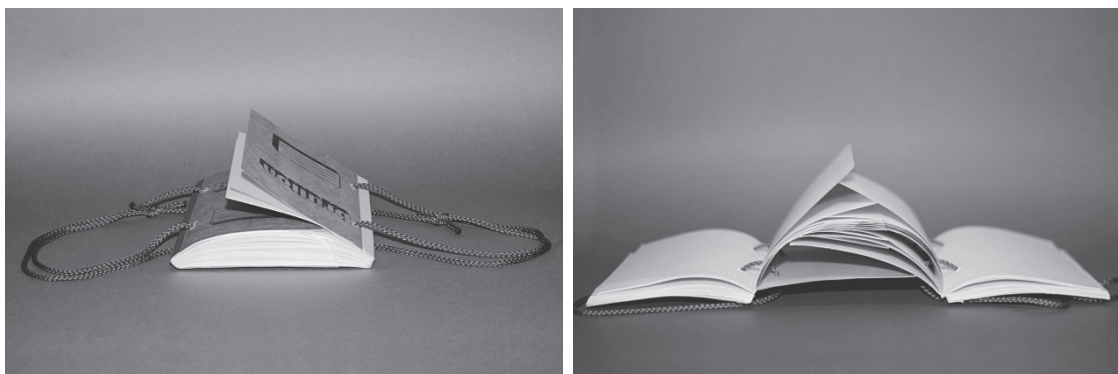
The simplest experiment showing the existence of friction and its properties was first described by Galileo. He put the small ball inside a spherical surface and watched its move. The ball once set in one place does not already returned to this same height.



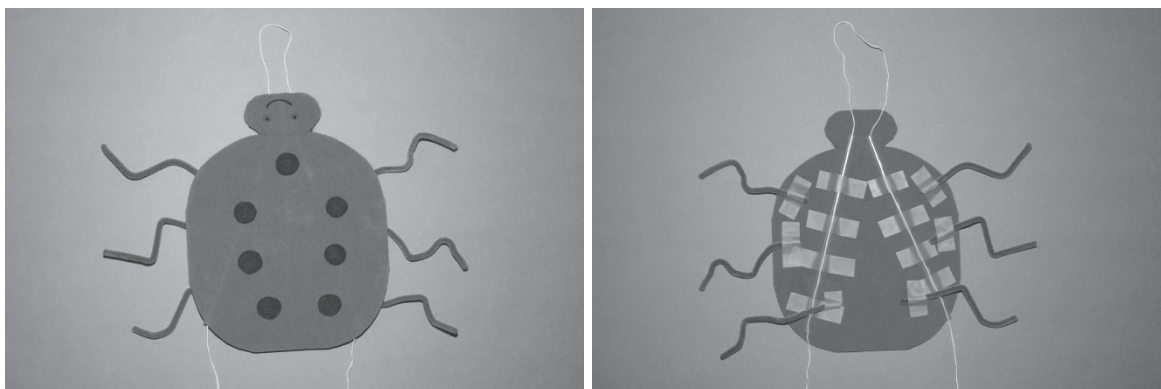
Similar phenomena can be made by observing the oscillating mathematical pendulum. The pendulum is swung from the position of equilibrium and it does not return to the same position. Galileo also observed the movement of hanging candle holder in the Cathedral of Pisa and noted that the amplitude of the oscillations decreases with time [2,3].

Another simple experiment that shows the effect of the friction is rubbing the hands. By rubbing our hands we are doing work against friction and warm up our hands.

Next simple experiment is a connection of two notebooks (see Fig.). Papers are connected only by the arrangement of alternating sheets. Separation of notebooks is not that easy, it requires using of excessive force.



Young children also like playing with a carton ladybug. They cut out the shape of ladybugs or other animal. They stick straws diagonally on the reverse of the cardboard. Then they put the thread through the straws (as shown in the Fig.) and fasten it high. They lead the other end of the thread, respectively. Ladybug will be moved up.



Another simple experiment illustrating the friction is inserting a pencil into a bottle. Bottle should be light and filled with rice. Put a pencil into a bottle and try to pull out the pencil. The bottle will pick up also.

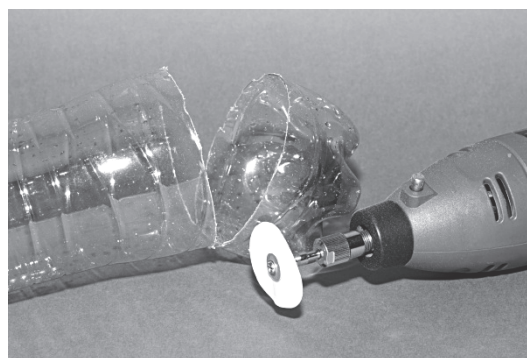


An important toy for future engineers is ball bearing construction. Experiment shows that the presence of large friction, particularly in mechanics, is not always desirable. Put ping-pongs or metal balls between two plates or lids (see fig), we can see how the ball bearing works. Children can try to move lids without the balls and with balls can see when it is easier one. Pouring balls with the oil can show how important is the role of the grease in the bearings.



Ball bearings were already known in ancient times. However, in the Middle Ages it was almost forgotten. Leonardo da Vinci used them as a part of the machinery constructed by him. Ball bearings were widely used after the construction of the P.M. Fisher automatic grinding the balls. Philip Vaughan was a Welsh inventor and ironmaster who patented the first design of a ball bearing in 1794 [1]. To the present day ball bearings are widely used in engineering.

Very spectacular experiment is cutting a bottle (or a pencil) by paper. Children think that this is not possible and after this experience they are very surprised. This experiment must be done by an adult or under his care. It can be dangerous to a small child. To complete the experience you need a drill and a paper disc. Rotating discs can cut a plastic bottle or some type of soft wood.



The experiments described in this article have been presented to children attending the Academy for Young Explorers and aroused their interest [4].

Photo was made by Ireneusz Hajdusianek.

Literatura

- [1] Kronika techniki, Wydawnictwo „Kronika”, 1992
- [2] Drzewiński A., Wojtkiewicz J. *Opowieści z historii fizyki*, PWN, 2001s.86
- [3] Wróblewski A.K. *Historia fizyki*, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2006
- [4] www.amo.if.pwr.wroc.pl

Mechanické kmitanie

PETER HORVÁTH

KTFDF FMFI UK, Bratislava

V príspevku je opísaných niekoľko experimentov s jednoduchými pomôckami, zameraných na zavedenie, objasnenie a utvrdenie pojmov opisujúcich mechanické kmitanie. Venujeme sa námetom na žiacke experimenty, ale aj učiteľským demonštráciám.

Kyvadlo

Veľmi vhodnou témou na samostatné žiacke aktivity je skúmanie, od čoho závisí perióda kmitu matematického kyvadla. Úlohu zvykneme zadať gymnazistom – tretiakom pred začiatkom preberania učiva o kmitaní a vlnení. Žiaci, rozdelení do dvoj- až trojčlenných skupín a dostanú úlohu: „Zistite, aká je perióda kmitov 5-metrového kyvadla so závažím s hmotnosťou 1 kg.“ Úloha vedie k samostatnému žiackemu objavaniu závislosti periódy kmitov od parametrov kyvadla. Zároveň žiaci bez toho, aby sa museli teoreticky učiť nejaké pravidlá, sami objavia, akým spôsobom je možné experimentálne získať nové poznatky. Podrobne opísaná žiacka aktivita bola publikovaná v [1], elektronickú verziu článku nájdete na adrese [2].

Pružinový oscilátor

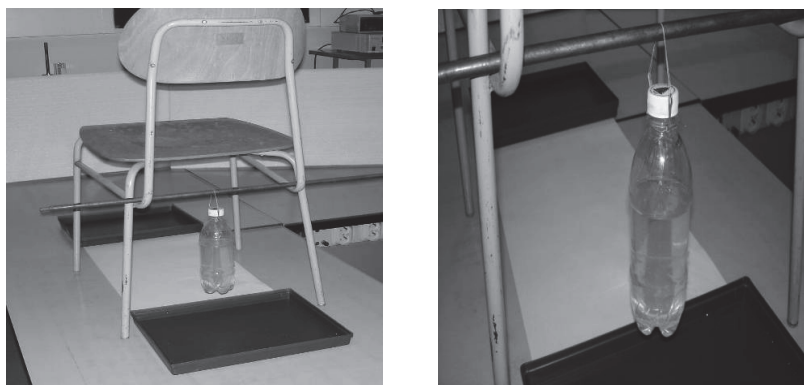
Pekným príkladom pružinového oscilátora je panáček alebo iná hračka na pružine. Za dôležité považujeme použiť pružinový oscilátor s dlhou dobou kmitania, aby sa dal robiť slovný opis jednotlivých polôh oscilátora v priebehu pozorovania jeho kmitavého pohybu. Vedíme so žiakmi riadený dialóg, pomocou ktorého ozrejmujeme pojmy súvisiace s kmitavým pohybom, ako okamžitá výchylka, amplitúda výchylky, okamžitá rýchlosť, maximálna rýchlosť, perióda kmitavého pohybu, vzájomné súvislosti medzi veličinami. Postupne sa zaoberáme tým, ako súvisí pôsobiaca sila s pohybom, analyzujeme, kde a kedy má teleso na pružine najväčšie zrýchlenie.



Obr. 1. Demonštračné oscilátory, kladivo na gume, panáček na pružine.

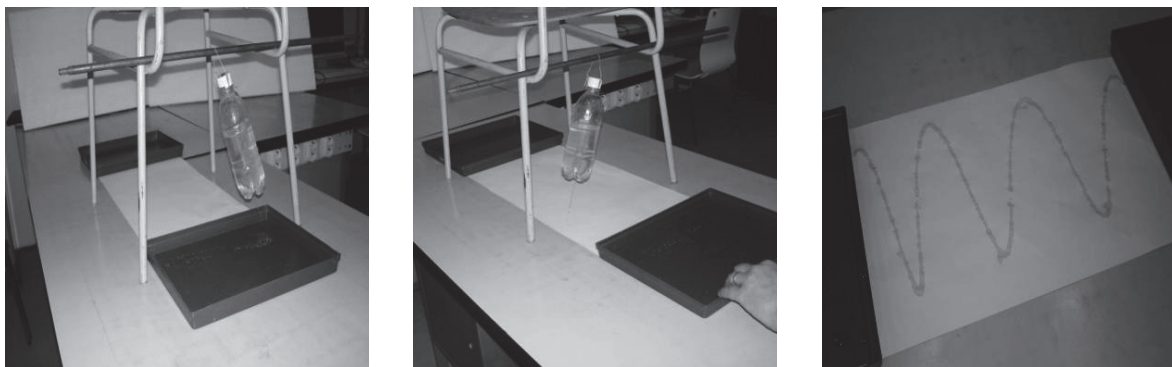
Časový rozvoj kmitania

Cieľom úlohy je žiakom vizuálne predviesť vznik sínusoidy – časového rozvoja kmitavého pohybu pomocou posúvania papiera. Experiment môže pripraviť a predviesť žiak.



Obr. 2. Aparatúra na zviditeľnenie časového rozvoja kmitania.

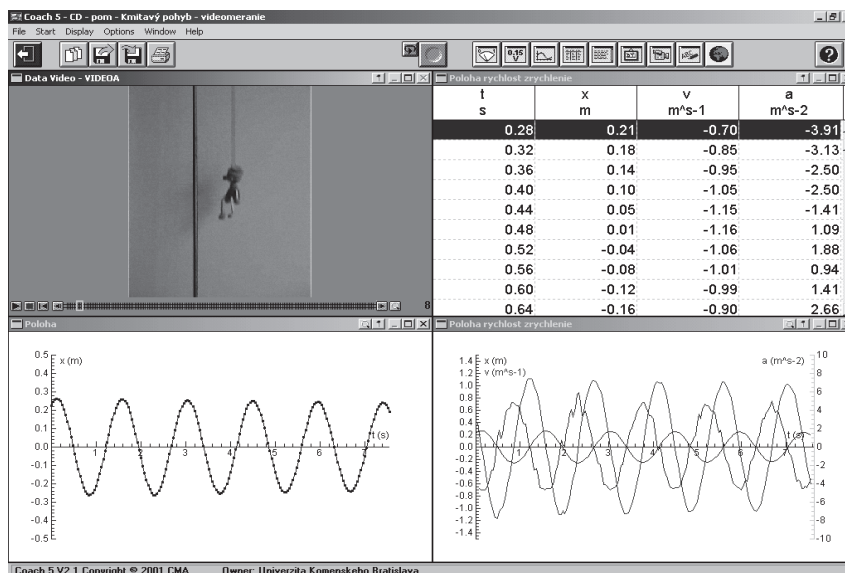
Pripravíme si $\frac{1}{2}$ litrovú PET fľašu s malinkou dierkou vyvŕtanou špenlíkom na dne. Na jej hrdlo upevníme drôtený záves tak, aby sa fľaša dala zavesiť na tyč od stojana, ktorá je umiestnená vodorovne na školskej stoličke (obr. 2). Do fľaše napustíme vodu a vrchnákom ju zavrieme. Zavesíme PET fľašu tak, aby sa mohla kývať a aby sme mohli pod ňou posúvať papier v smere kolmom na jej kmity. Pripravíme si misku, ktorou budeme na začiatku zachytávať vodu a podobne si pripravíme misku na koniec papiera. Uvoľníme vrchnák fľaše a voda začne vytekať. Rozkmitáme fľašu a pomalým rovnomerným pohybom posúvame papier umiestnený pod fľašou v smere kolmom na kmitanie. Po skončení experimentu budeme mať na papieri vykreslený časový rozvoj kmitavého pohybu fľaše.



Obr. 3. Fľaša kmitá, súčasne rovnomerne posúvame papier kolmo na kmitanie, pozorujeme obraz časového rozvoja kmitania fľaše.

Meranie a analýza časového rozvoja kmitavého pohybu

Experiment v ideálnom prípade uskutočňujú žiaci sami. Ich úlohou je nasnímať pomocou kamery alebo digitálneho fotoaparátu kmitavý pohyb, napríklad pohyb pružinového oscilátora. Následne pomocou vhodného programu (Coach, Tracker) uskutočnia analýzu tohto kmitavého pohybu. Výsledkom videoanalýzy je graf závislosti okamžitej výchylky od času, graf závislosti okamžitej rýchlosti závažia od času, prípadne aj graf závislosti okamžitého zrýchlenia od času. Porovnaním týchto grafov navzájom je možné napríklad zistiť, že najrýchlejšie sa závažie pohybuje pri prechádzaní rovnovážnou polohou, prípadne, že najväčšie zrýchlenie závažia je v krajných polohách.



Obr. 4. Kmity pružinového oscilátora spracované pomocou Coach.

Rezonancia

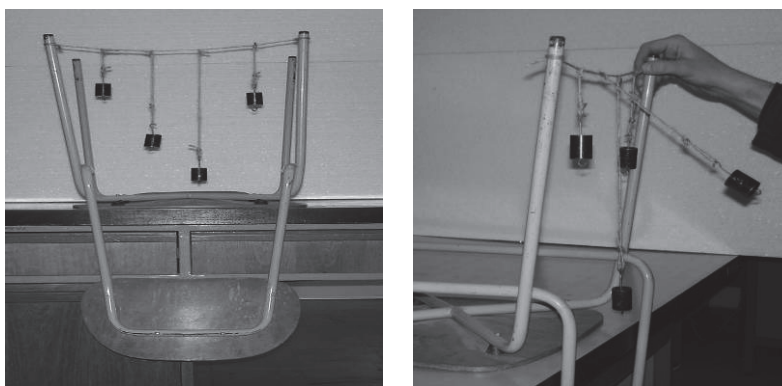
Námet na rezonátor pochádza od Doc. Júliusa Krempaského. Rezonátor môžeme pripraviť pred žiakmi. Stoličku vyložíme na lavicu hore nohami. Nohy stoličky pevne spojíme špagátom a naň pomocou lepiacej pásky zavesíme rôzne telesá, napríklad pero, nožnice, pravítko, a na záver samotnú lepiacu pásku. Teraz začne učiteľ kúziť.

Povie si napríklad: „Nožnice, rozkývajte sa!“ Rozkývajú sa nožnice. Potom si povie napríklad: „Pero, rozkývaj sa!“ Za chvíľu sa rozkýve pero. Spôsob nemusí žiakom prezrádať, prídu naň sami. Učiteľ telesá rozkmitáva nenápadným pohybom prsta na kraji špagátu. Ak bude dávať špagátu impulzy s frekvenciou, akou sa kývajú nožnice, podarí sa mu výrazne rozkývať nožnice. S perom postupuje podobne, len špagátu udeľuje impulzy s frekvenciou kývania sa pera. Odporúčame pred začiatkom „kúzlenia“ vyskúšať si kývanie použitých telies. Cieľom je ozrejmiť aj pojmy oscilátor, rezonátor, nútené kmity, rezonancia. Namiesto učiteľa môže po dohode demonštráciu pripraviť žiak.



Obr. 5. Rezonátor, „Nožnice rozkývajte sa!“, detail na pointu triku.

Po tom, čo žiaci objavia „kúzlo“, je vhodné nechať im priestor, aby si mohli sami vytvoriť podobný vlastný rezonátor so závažiami visiacimi na špagáte (obr. 6). Tento rezonátor sa dá, oproti rezonátoru z rôznych telies, ľahšie ovládať.

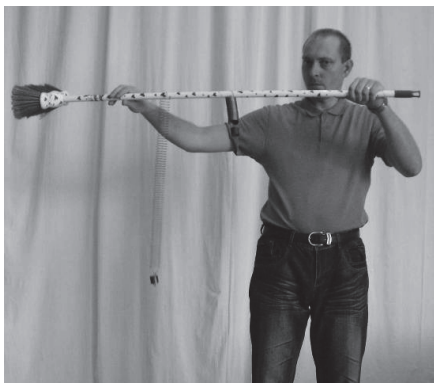


Obr. 6. Žiacky rezonátor.

Fáza kmitavého pohybu

O fáze kmitavého pohybu sa má so žiakmi význam rozprávať, ak porovnávame dva oscilátory. Pekná demonštrácia porovnávania fáz kmitania závažia na pružine sa dá realizovať zavesením dvoch rovnakých pružín so rovnakými závažiami na palicu – my sme kvôli motivácii použili metlu. Rozkmitať závažia s nerovnakou fázou nie je problém, ak už jedno kmitá, druhé rozkmitáme v napríklad keď prvé prechádza rovnovážnou polohou. Prípadne metlu na chvíľu rozkmitáme tak, že pravá strana ide nahor a zároveň ľavá nadol.

Rozkmitať závažia vo fáze môžeme tak, že metlu prudšie zdvihneme nad hlavu, ako by sme zdvíhali činku a následne necháme metlu nad hlavou.



Obr. 7. Demonštrácia fázy kmitavého pohybu, hore nekmitajú závažia vo fáze, dole kmitajú vo fáze.

PodĎakovanie

Náklady spojené s cestou do Prahy a náklady spojené s prípravou pomôcok autora príspevku boli hradené z grantu KEGA 035ŽU-4/2012. Príspevok je súčasťou riešenia uvedeného grantu KEGA.

Literatura

- [1] Horváth P.: *Samostatné poznávanie na príklade matematického kyvadla*. In: *Obzory matematiky, fyziky a informatiky*. Roč. 35, č. 3 (2006), s. 43-49.
- [2] <http://www.skola.sk/podporovane-projekty/fyzika/seminar/smrekovica/Peter%20Horvath%20-%20Kyvadlo%20a%20ziacke%20empiricke%20poznnavanie.rtf>

Krabičku jsme plnili s pomocí kolegů z MFF UK a vyhrály jsme s ní cenu „Za krabičku nejvíce naplněnou fyzikálními pokusy“. S jejím obsahem jsme dokázaly předvést přes šedesát demonstrací.

S obsahem druhé „nejnaplněnější“ krabičky předvedli její autoři přibližně čtrnáct demonstrací.

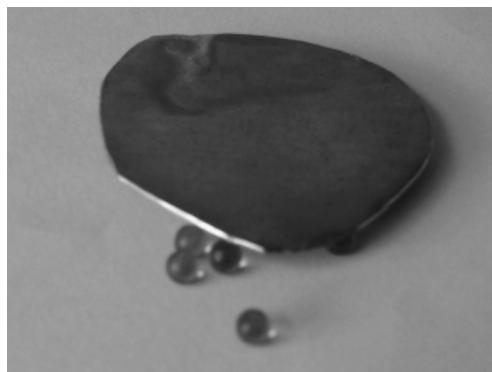
Co vše jsme s naší krabičkou demonstrovaly

S pomůckami v naší krabičce lze předvést pokusy demonstrující vybrané jevy z následujících oblastí fyziky:

- mechanika: Newtonovy zákony, hrátky s těžištěm, tření, kuličková ložiska, let vrtulky, vlastnosti kyvadla, pití brčkem, plavání lodičky
- akustika: píšťalky, bubínek, kytara
- molekulová fyzika a termodynamika: povrchové napětí kapalin, kapilarita, absorbce tepla, vedení tepla, zapalování svíčky přes voskové páry, bimetalový proužek, létající čajový sáček, termocitlivá plastelína
- elektrostatika: přitažlivé a odpuzivé působení opačně a souhlasně nabitých brček, působení nabitého brčka na krabičku, detektor elektrického náboje, elektrostatické stínění
- elektřina a magnetismus: kompas, torzní kmity – závislost frekvence na magnetické indukci, působení magnetu přes různé materiály, elektromagnet, elektromotor, obvod uzavřený přes člověka, vodivost tuhy, zapojení diody, elektromagnetická brzda, padání magnetu a hliníku měděnou trubkou
- optika: zrcadlení, rozklad světla při odraze, polarizace světla, promítání, optická mřížka, lupa, dalekohled, optické klamy
- jaderná fyzika: statistický model radioaktivního rozpadu
- kvantová mechanika: nekomutativnost operátorů



Newtonovy zákony



Kuličková ložiska

Co vše jsme do naší krabičky poskládaly

Podmínkou soutěže bylo, že před započítím demonstrací musela krabička být zcela uzavřená a víčko na ní muselo držet.

V naší krabičce byly následující pomůcky:

- zápalky a škrťátko
- 3 brčka (na délku krabičky)
- špejle (na délku krabičky)
- zrcadlová fólie nalepená na části vnitřku víčka krabičky
- pruh papíru (5 cm × 15 cm)
- 3 kancelářské svorky
- 2 špendlíky
- kus nitě (cca 25 cm)
- kousek alobalu (cca 5 cm × 5 cm)
- měděná trubička (na délku krabičky)
- hliníkový váleček o průměru o trochu menším než průměr trubičky (výška cca 2 cm)
- válcový magnet (3 kusy) stejných rozměrů jako hliníkový váleček
- 4 malé magnety (průměr i výška cca 2 mm)
- dřevěná tyčka s provrtanými otvory, dole naříznutá – držák kyvadla (na délku krabičky)
- kolečko z mědi a kolečko z papíru (průměr cca 4 cm)
- 2 gumičky
- papírová vážka
- papírová vrtulka
- drobné skleněné kuličky
- 3 voskové kuličky
- desetihalěr
- korkové kolečko
- model „lodičky“ z folie
- kousek mýdla
- kousek termocitlivé plastelíny
- papírek na chromatografii
- indikátor náboje
- tuha do mikrotužky
- LEDka
- hřebík s navinutým drátem (elektromagnet)
- cívka k elektromotorku
- baterie (tužková 1,5 V s připájenými koncovkami, placička 3 V)
- spirálka z drátu
- „bimetal“ (slepený proužek papíru a alobalu)
- prázdný čajový sáček
- píšťalky z brčka a z víčka od kompotu
- úlomek z CD
- 2 spojné čočky



Kyvadlo

- Fresnelova čočka
- proužek optické mřížky
- 2 proužky polarizační folie
- „kočkopes“ a „smějící se sluníčko“
- oranžová půlená čočka (alespoň 300 ks)

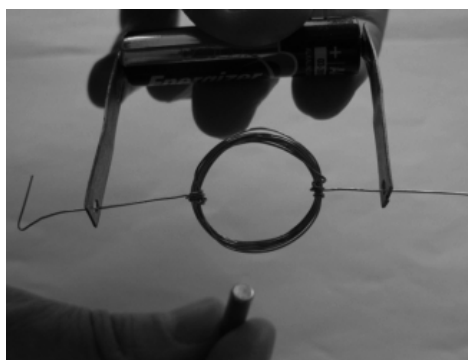
Při balení krabičky je třeba dát pozor, aby se nezkratovaly kontakty baterií. Termocitlivou plastelínu dobře zabalte, např. do odstříženého mikrotenového sáčku, aby se „neroztekla“ a neobalila další pomůcky.

Podrobné informace o naší krabičce

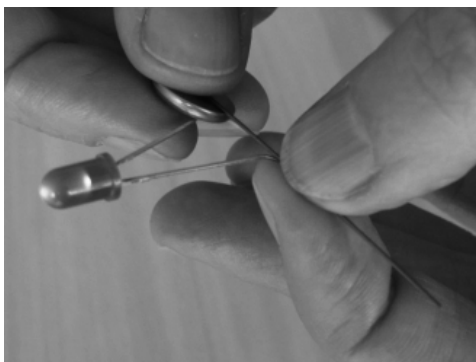
Podrobné fotografie experimentů z krabičky naleznete na http://kdf.mff.cuni.cz/~jitkaadana/Fyzika_v_krabcce/.



Elektromagnet



Elektromotor



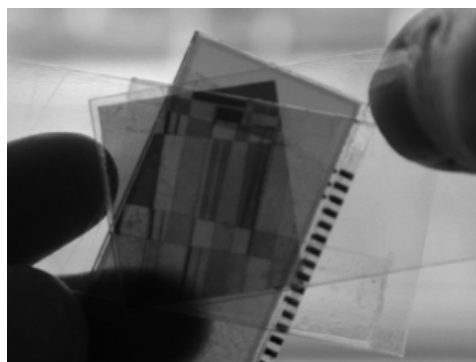
Vodivost tuhy a zapojení diody



Dalekohled



Kytara



Polarizace světla



Zhášení plamene



Elektrostatické odpuzování a přitahování

Závěr

Při výběru pomůcek a experimentů do naší krabičky jsme se snažily pokrýt co nejvíce oblastí fyziky a mít v ní „od každého něco“. Jinou možností je vyrobit si několik monotematických krabiček.

Krabička se dá využít k příležitostnému zařazování motivačních experimentů do hodin. Žáci sami mohou vymýšlet další pokusy, které se dají s věcmi z krabičky předvést. Vzhledem k malým rozměrům a snadnému transportu je krabička vhodnou pomůckou na školy v přírodě či jiné výjezdové akce. Dá se také zorganizovat podobná soutěž ve výrobě krabiček pro žáky ve třídě či celou školu. Z vlastní zkušenosti můžeme říci, že se přitom dá užít spousta zábavy a odnést si i nějaké poučení.

Poděkování

Při plnění krabičky nás inspirovali, pomáhali nám či zapůjčili pomůcky:

Ing. Ludvík Němec, doc. RNDr. Zdeněk Drozd, Ph.D., doc. RNDr. Leoš Dvořák, CSc., prof. RNDr. Emanuel Svoboda, CSc., Mgr. Václava Kopecká, doc. RNDr. Martin Čížek, Ph.D., RNDr. Zdeňka Koupilová, Ph.D., RNDr. Věra Bdínková, a další.

Děkujeme!

Čtyři školské pokusy

HRDÝ JAN, ŠIKOVÁ MARIE

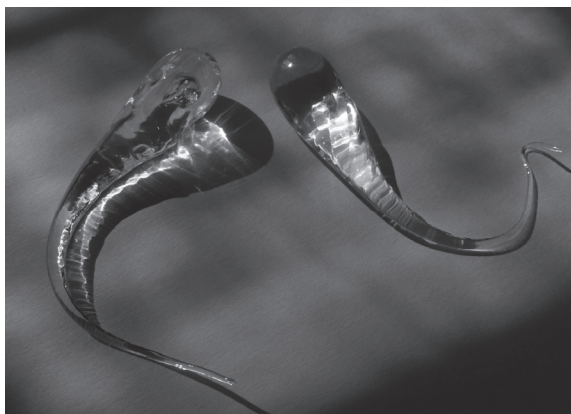
Gymnázium Jana Pivečky Slavičín, SŠPHZ Uherské Hradiště

Tento příspěvek je volným pokračováním příspěvku "Tři školské pokusy" z **prvního ročníku** VNUF v roce 1996 [1]. Obsahuje čtyři skupiny inovovaných nebo možná i dávno zapomenutých praktických experimentů zaměřených na výuku fyziky na středních školách a učilištích.

1. Malá exploze v zavařovací sklenici

Na tento experiment používáme malé kousky rychle zchlazeného skla ve tvaru kapky, tzv. **batavské slzičky**. Vyrábí se zahřátím skla na teplotu asi 620 °C a následným prudkým zchlazením – olejem, vzduchem nebo obyčejnou vodou (princip kalení skla). Tímto procesem zůstane uvnitř skla tažné pnutí, zatím co na jeho povrchu vznikne tlakové napětí a tím získá produkt velkou mechanickou pevnost. Ale při nadměrném zatížení této skleněné slzičky (obvykle k tomu dochází při nárazu nebo při snaze o změnu jejího tvaru), které lokálně naruší rovnováhu skla, dojde k překročení hranice pevnosti skla a tím ke spontánnímu rozpadu slzičky. Tento rozpad je velmi rychlý a připomíná malou explozi. Termické předpnutí skel způsobuje nejen extrémně vysokou rychlost rozpadu, ale také postupné dělení vzniklého prasknutí skla tak, že se (v ideálním případě) sklo rozpadne na velké množství drobných úlomků, jejichž hrany jsou tupé a u nichž nehrozí nebezpečí zranění. U zmíněných batavských slziček lze rozpad provázený malou explozí nejsnáze vyvolat uštípnutím jejich „ocásku“.

Tohoto jevu využíváme při netradiční demonstraci Pascalova zákona a také při ověřování základní vlastnosti vody – je prakticky nestlačitelná. Slzičku ponoříme do vody v zavařovací sklenici a uštípeme její tenký konec – tzv. „ocásek“ (rovněž ponořený pod hladinou). Dojde k explozi skleněné slzičky a tím k následné **destrukci** zavařovací sklenice.



Obr. 1. Batavské slzičky – malé kousky rychle zchlazeného skla ve tvaru kapky.

Batavské slzičky dobře demonstrují také princip **bezpečnostního** kaleného skla [2] často používaného v dopravě. Jako učební fyzikální pomůcka se batavské slzičky objevily v nabídkovém katalogu knihkupectví JČMF např. již v roce 1933 [3].

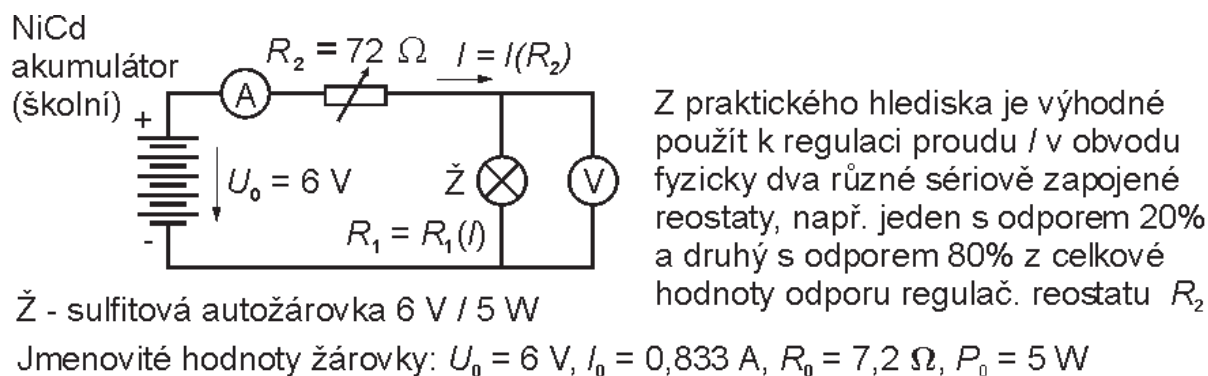
2. Improvizovaný zdroj konstantního proudu a jeho použití ve školské praxi při měření V-A charakteristik polovodičových diod

Tento příspěvek se zabývá měřením **V-A charakteristik** nelineárních prvků a hlavně moderním a účelným uspořádáním těchto měření, které zajišťuje pohodlné získání přesných a reprodukovatelných výsledků a které je vhodné pro školskou praxi. Výhody moderního uspořádání vyniknou zejména při porovnávání s klasickými postupy.

Použité společné označení: R_0 – jmenovitý odpor žárovky při jmenovitém napájecím napětí U_0 , R_1 – odpor žárovky při průchodu proudem I , R_2 – sériový regulační odpor, R_3 – sériový ochranný odpor, R_4 – sériový odpor ve zdroji konstantního proudu.

2.1 Měření V-A charakteristiky obyčejné žárovky

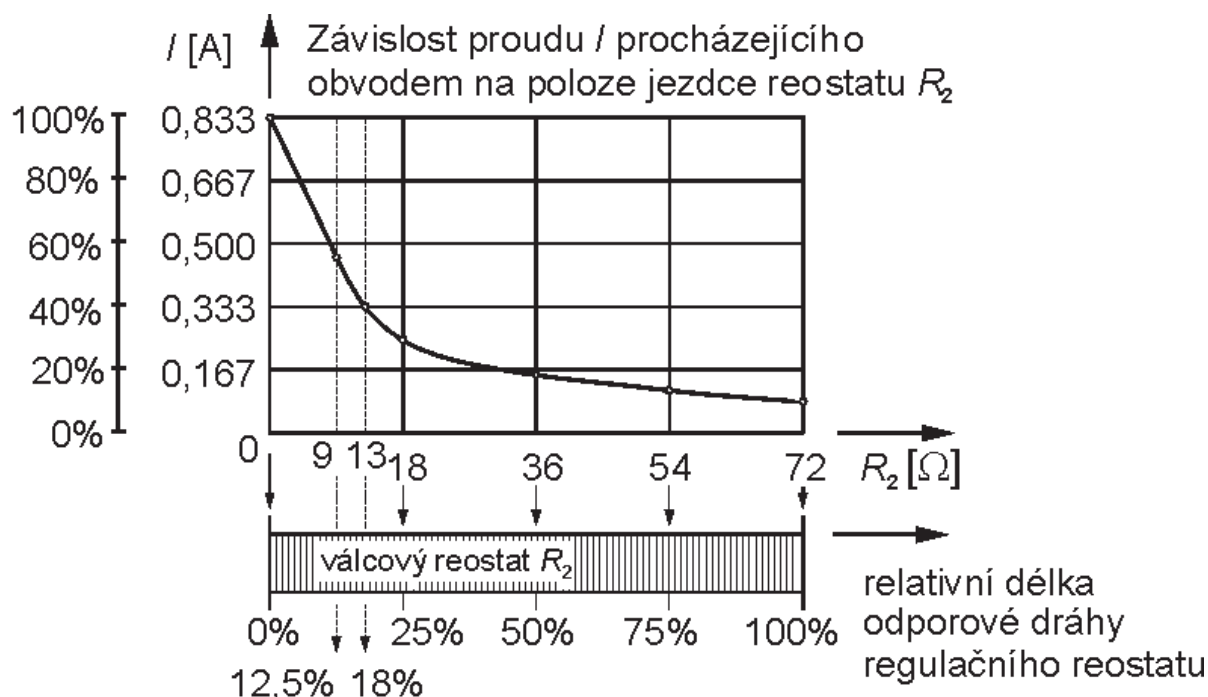
Zapojení podle obr. 2 se při měření ve školách používalo dlouhá léta, kdy jako hlavní zdroje malého stejnosměrného napětí sloužily NiCd akumulátory. Dnes se používá především v odloučených podmínkách, kde jsme odkázáni na akumulátory. V laboratoři lze účelně nahradit stabilizovaným regulovatelným zdrojem napětí, ke kterému můžeme připojit měřenou žárovku přímo bez regulačního reostatu R_2 . Na obr. 3 je graficky zachycen průběh regulace (závislost relativní změny regulovaného proudu na relativní změně polohy jezdce reostatu) a v tab. 1 jsou některé vybrané hodnoty z grafu – hodnoty jsou v grafu označeny kroužkem.



Obr. 2. Měření V-A charakteristiky obyčejné žárovky – schéma zapojení.

2.2 Standardní měření V-A charakteristiky běžné křemíkové diody

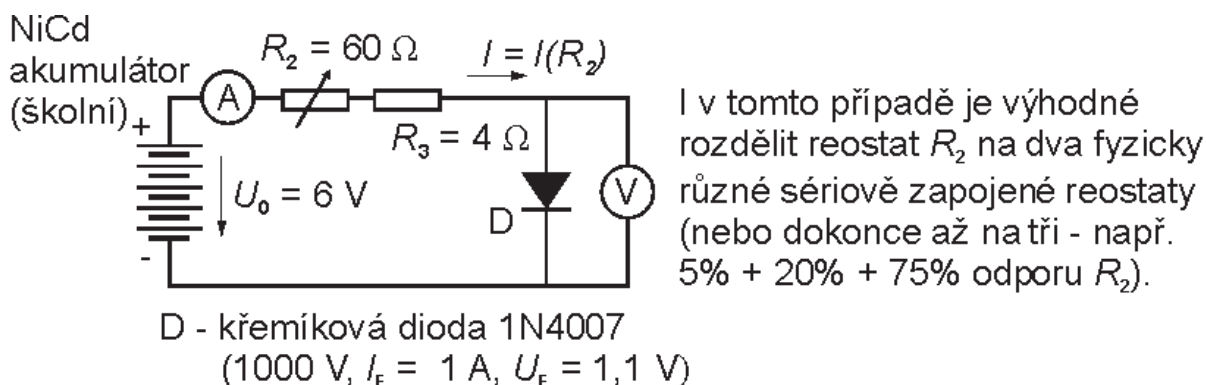
I když se formálně toto měření neliší od předcházejícího měření žárovky, je zde jeden velmi **zásadní rozdíl**. U žárovky končíme měření tím, že nastavíme nulový odpor reostatu R_2 – žárovka je připojena přímo ke zdroji (žárovku tedy během měření nemůžeme zničit). U polovodičové diody, která má V-A charakteristiku ještě daleko nelineárnější než žárovka, během měření napětí na diodě nepřekročí zhruba 1-3 V. Proto je zcela nezbytné použít kromě regulačního reostatu R_2 ještě vhodného ochranného odporu R_3 , který chrání diodu před přetížením nebo zničením (obr. 4).



Obr. 3. Měření V-A charakteristiky obyčejné žárovky – průběh regulace.

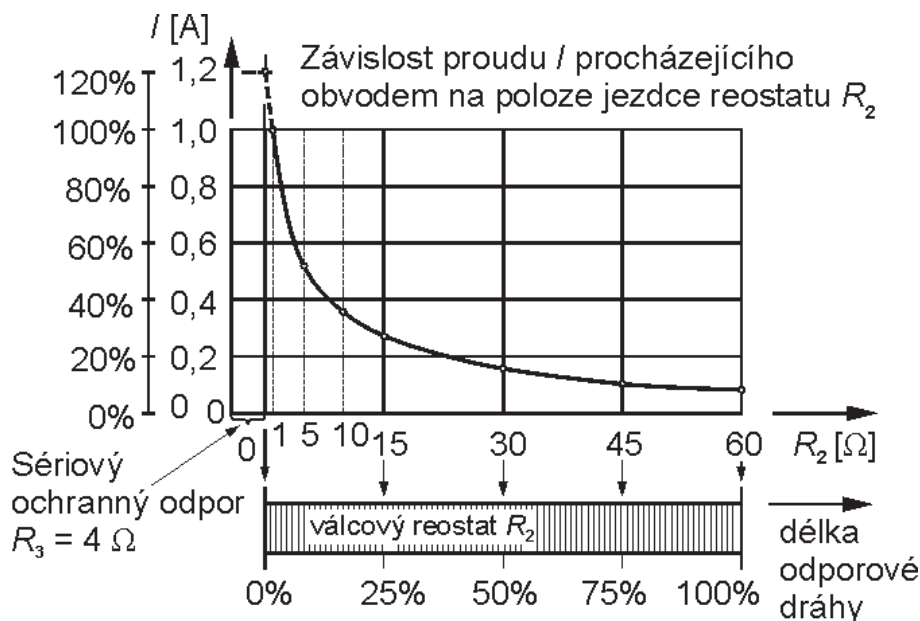
Tab. 1. Měření V-A charakteristiky obyčejné žárovky – tabulka vybraných hodnot.

Odpor reostatu R_2	Napětí na žárovce U	Proud v obvodu I	Regulační koeficient
$72 \Omega = 100\%$	$0,06 \text{ V} = 1\% U_0$	$0,083 \text{ A} = 10\% I_0$	
$54 \Omega = 75\%$	$0,12 \text{ V} = 2\% U_0$	$0,116 \text{ A} = 14\% I_0$	$p = 4\% / 25\% = 0,16$
$36 \Omega = 50\%$	$0,24 \text{ V} = 4\% U_0$	$0,158 \text{ A} = 19\% I_0$	$p = 5\% / 25\% = 0,20$
$18 \Omega = 25\%$	$0,54 \text{ V} = 9\% U_0$	$0,249 \text{ A} = 30\% I_0$	$p = 11\% / 25\% = 0,44$
$13 \Omega = 18\%$	$1,20 \text{ V} = 20\% U_0$	$0,367 \text{ A} = 44\% I_0$	$p = 14\% / 7\% = 2,00$
$9 \Omega = 12,5\%$	$1,92 \text{ V} = 32\% U_0$	$0,465 \text{ A} = 56\% I_0$	$p = 12\% / 4\% = 3,00$
$0 \Omega = 0\%$	$6,00 \text{ V} = 100\% U_0$	$0,833 \text{ A} = 100\% I_0$	$p = 44\% / 9\% = 4,89$



Obr. 4. Měření V-A charakteristiky běžné křemíkové diody – schéma zapojení.

Z údajů na obr. 4 a 5 a z tab. 2 je patrné, že toto zapojení je již dosti těžkopádné a kromě odloučených podmínek je nemá smysl v současné době používat kromě případu, kdy nemáme dostatečně dimenzovaný stejnosměrný zdroj.



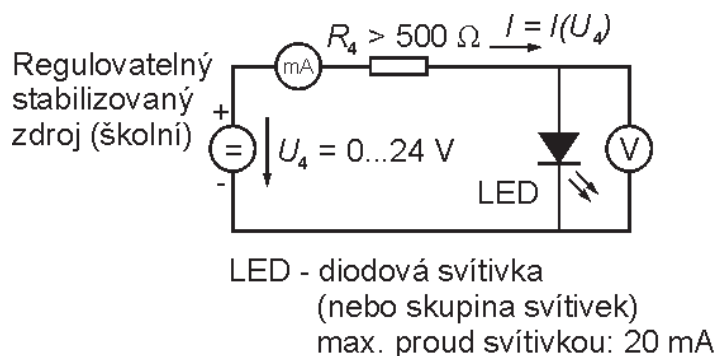
Obr. 5. Měření V-A charakteristiky běžné křemíkové diody – průběh regulace.

Tab. 2. Měření V-A charakteristiky křemíkové diody – tabulka vybraných hodnot.

Odpor reostatu R_2	Napětí na diodě U	Proud v obvodu I	Regulační koeficient
$10 \Omega = 16,6\%$	$0,84 \text{ V} = 76,4\% U_F$	$0,369 \text{ A} = 36,9\% I_F$	$p = 19,8\% / 8,3\% = 2,39$ $p = 41,5\% / 6,6\% = 6,29$ $p = 22,8\% / 1,7\% = 13,41$
$5 \Omega = 8,3\%$	$0,90 \text{ V} = 81,8\% U_F$	$0,567 \text{ A} = 56,7\% I_F$	
$1 \Omega = 1,7\%$	$1,09 \text{ V} = 99,1\% U_F$	$0,982 \text{ A} = 98,2\% I_F$	
$0 \Omega = 0\%$	$1,17 \text{ V} = 106,4\% U_F$	$1,208 \text{ A} = 121\% I_F$	

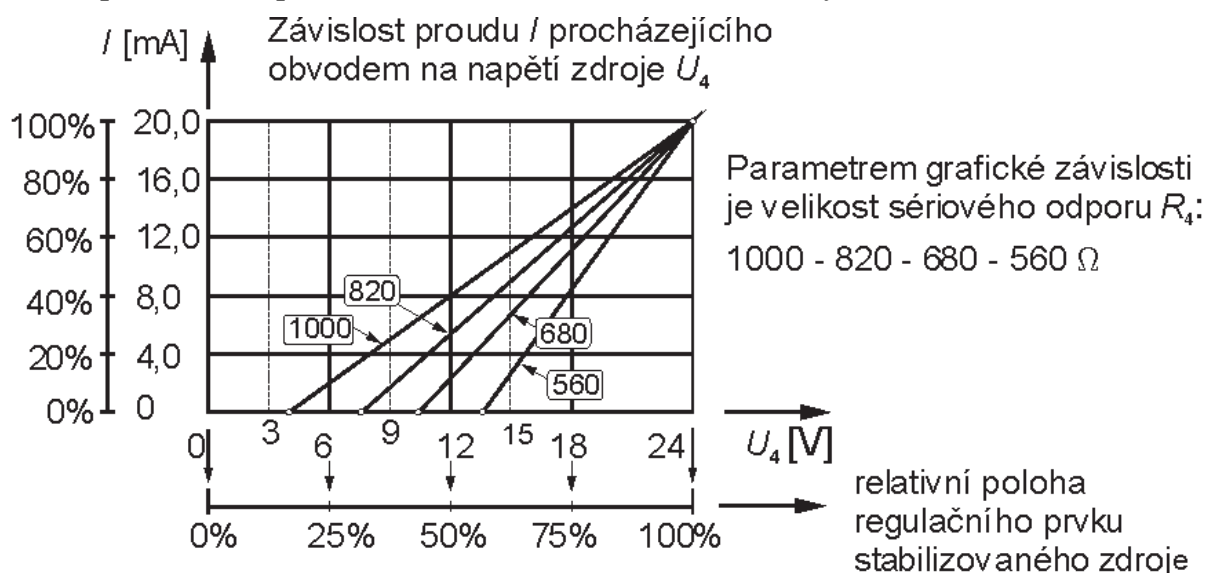
2.3 Improvizovaný zdroj konstantního proudu

Značně nelineární V-A charakteristiky (např.: polovodičové diody) se nejefektivněji měří s využitím regulovatelného zdroje konstantního proudu. Je to obdoba regulovatelných zdrojů napětí, regulace výstupního proudu je rovněž **plynulá a rovnoměrná** (často dvěma prvky hrubě/jemně) a lineárně nastavitelná v širokém rozmezí. Takto se dají kromě jednoúčelových zdrojů konstantního proudu použít i některé moderní napájecí zdroje vybavené elektronickým omezením výstupního proudu.



Obr. 6. Improvizovaný zdroj konstantního proudu pro měření LED – schéma zapojení.

Takovýto zdroj vyhovující školským potřebám lze také snadno sestavit. Je k tomu potřeba pouze stabilizovaný regulovatelný stejnosměrný zdroj s alespoň dvakrát vyšším napětím U_4 , než očekávaný úbytek napětí na měřené diodě nebo sériové skupině diod (tedy obvykle 12–24 V) a vhodný sériový odpor R_4 . Takovýto zdroj má konstantní regulační koeficient optimální velikosti (obráz. 7). Práce s ním je skutečně pohodová a dává proto také přesné a reprodukovatelné výsledky. Je to také velmi dobré řešení při měření a porovnávání V-A charakteristik diodových svítek.



Obr. 7. Improvizovaný zdroj konstantního proudu pro měření LED – průběh regulace.

Označení *diodová svítivka* (pro LED) používáme v souladu s doporučením uvedeným ve [4]. Použité rezistory jsou metalizované miniaturní, na zatížení 0,6 W (5 %, E12).

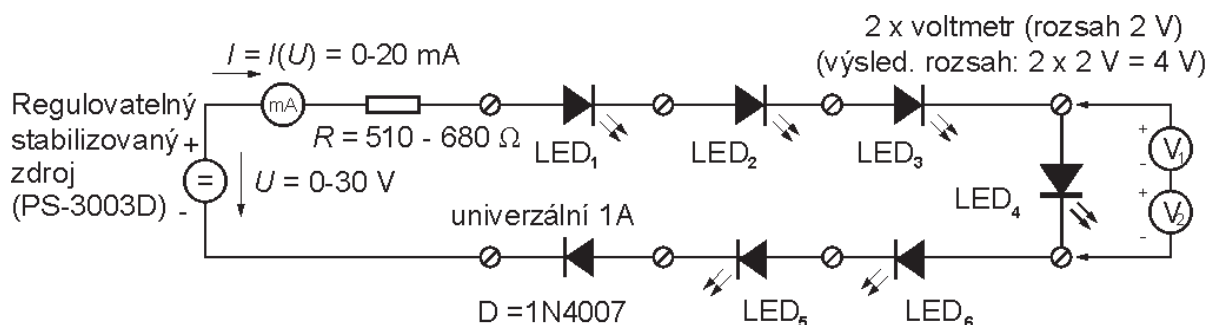
3. Přesné měření a porovnávání V-A charakteristik diodových svítek

Běžné diodové svítky mají obvykle maximální proud o velikosti 20 mA. Úbytek napětí v propustné (tj. pracovním) směru se však dosti liší podle barvy emitovaného světla (tj. podle použitého polovodičového materiálu a použitých příměsí). Proto je zajímavé zejména porovnávání charakteristik různých diodových svítek. K tomuto účelu měřené diody zapojíme do série, změnou napětí napájecího zdroje nastavujeme přes vhodný sériový odpor současně stejný proud procházející všemi diodami a potom měříme postupně úbytky napětí na jednotlivých diodách pro daný nastavený proud. Tímto uspořádáním ušetříme spoustu času a námahy, protože každou velikost proudu nastavujeme pouze jednou.

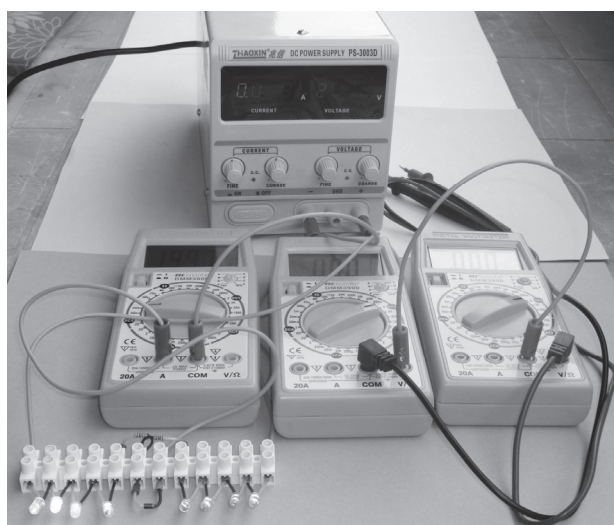
Pokud nám jde o přesné měření (chceme např. zjišťovat **dynamický odpor** diody) a máme k dispozici pouze běžné měřicí přístroje (např. multimetry s rozlišením 0–1999), můžeme úspěšně využít následující „figl“:

Překročí-li totiž napětí na měřené svítkce 2 V, je výhodné z hlediska rozlišení voltmetru místo přepnutí na vyšší rozsah 20 V použití **dvou sériově zapojených** běžných multimetrů, každý na rozsahu 2 V (obráz. 8 a 9) a získat tak rozsah 4 V (s rozlišením 0–3998), tj. bez ztráty přesnosti rozlišení stávajícího voltmetru [5].

K napájení diod byl použit (cenově přístupný) laboratorní zdroj konstantního napětí (0–30 V) nebo konstant. proudu (0–3 A): **PS-3003D** [6]. Použité diody LED byly od známého výrobce KINGBRIDGE různého typu.



Obr. 8. Princip použití zdvojeného voltmetru při měření diodových svítek.



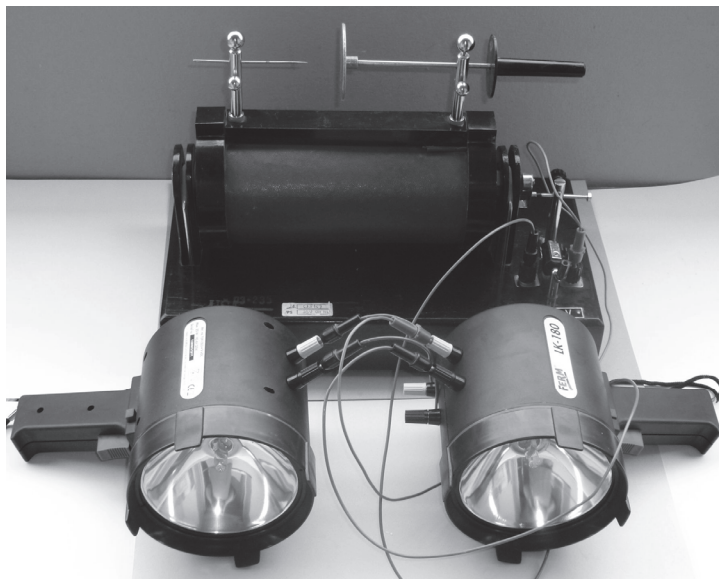
Obr. 9. Použití improvizovaného zdroje konstantního proudu a dvou sériově zapojených voltmetrů (multimetrů) při měření diodových svítek.

Tab. 3. Ukázka naměřených hodnot na méně běžných typech diodových svítek.

Typ LED	Barva světla	Pouzdro	Úbytek napětí na LED	
			$I = 10 \text{ mA}$	$I = 20 \text{ mA}$
LED5YEL8000	žlutá	čiré	1,942 V	2,002 V
L5ORANGE3400	oranžová	čiré	2,291 V	3,001 V
L5PINK	růžová	čiré	2,884 V	3,097 V
L5VIOLET	fialová	čiré	3,030 V	3,179 V
L5G-6C5	brčálově zelená	čiré	3,036 V	3,197 V

4. Náhrada školního akumulátoru NiCd

Cílem navrhovaného řešení bylo nalézt náhradu za klasický NiCd akumulátor pro napájení Ruhmkorffova transformátoru zejména v odloučených podmínkách. Transformátor byl úspěšně připojen k akumulátorům dvou přenosných reflektorů, přičemž v obvodu byla vždy ponechána také použitá autožárovka (při činnosti transformátoru pouze slabě žhne). Tímto opatřením jsme získali plně zkratuvzdorný napájecí zdroj, navíc s výraznou indikací zkratu svitem žárovky, s dokonalou hermetičností a se snadným nabíjením akumulátoru pomocí dodaného síťového adaptéru.



Obr. 10. Použití akumulátoru z přenosného reflektoru (H3 6 V / 20 W).

Závěr

Je naší milou povinností poděkovat sklářům z **Moravských skláren v Květné**, kteří nám na *Dni otevřených dveří* (v sobotu 11. 8. 2012) zhotovili použité *batavské slzičky*. Všechny čtyři příspěvky byly financovány ze soukromých prostředků obou autorů.

Literatura

- [1] Hrdý J.: *Tři školské pokusy*. In: Sborník konf. Veletrh nápadů učitelů fyziky. Ed.: Svoboda E. Nakl. UK Praha, 1996, 16-19.
- [2] *Technický naučný slovník* – 1. díl. Red.: Korbař T., Stránský A. SNTL Praha a SVTL Bratislava 1962, str.186.
- [3] *Časopis pro pěstování matematiky a fyziky*. Nakladatelství JČMF, Praha 1933. Vol. 62 (1933), No. 3, B-40.
- [4] Miler M.: *Zaved'me termín ledka!* Jemná mech. a optika. **56** (7-8), 2011, p. 207.
- [5] Hrdý J.: *Generátor mlhy pro fyzikální pokusy nebo také desátý jubilejní Přírodovědný jarmark v Olomouci*. In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 15. Ed.: Drozd Z. Prometheus Praha 2010. s. 60-64.
- [6] <http://www.unlock.cz/zarizenihtml/zdroj.php>

Multimédia jako měřicí přístroje

ZDENĚK HUBÁČEK

Gymnázium Uherské Hradiště

Abstrakt

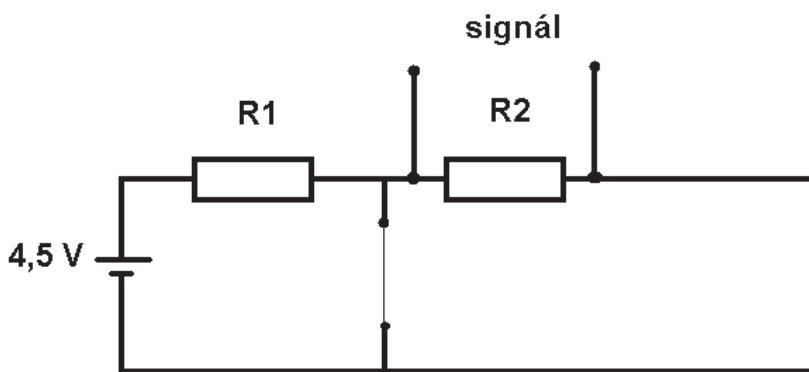
Měření úst'ové rychlosti vzduchovky či frekvence síťového napětí je běžně prováděno pomocí profesionálních kalibrovaných měřicích přístrojů. Je však vzrušující provést tato měření s „multimédií“, která máme běžně v pracovně. Překvapivá pak je přesnost výsledků, které s takovouto aparaturou dostáváme.

Měření úst'ové rychlosti vzduchovky

Když si vzpomenu na období svého dospívání, vybavuje se mi snaha většiny chlapců uniknout povinné vojenské službě s pomocí „MODRÉ“. Přesto, že jsme většinou byli odvedeni, zrušením povinné základní vojenské služby se nás tato nepříjemnost přestala týkat. Pravděpodobně tato změna způsobila obrat v myšlení mladíků i děvčat a v poslední době je tak možno pozorovat příklon k „armádnímu bláznění“. Kluci a holky se převlékají do výprodejových uniforem a běhají po lese jako Rambo. Naštěstí toto bláznění nutně nemusí snižovat zvědavost. Tak se stalo, že mě jeden takovýto „voják“ požádal o radu jak zjistit úst'ovou rychlost vzduchovky. Balistika předkládá mnoho způsobů, nicméně systém „závora – závora – čas – vzdálenost“ se mi zdál poměrně zajímavý. Jak ale trefit paprsek optické závory a přitom ji třeba neustřelit (jistě to jde, ale nechtělo se mi to zkoušet). Jakmile se mi však dostal do ruky článek docenta Rojka „Jak učím úvod do kinematiky“ [1], bylo rozhodnuto: Dvojici závor tvoří alobalové proužky napjaté mezi krokosvorkami. Průlet střely způsobí postupné přerušení čárkovaných větví v obvodu (viz obr. 1). Následkem je dočasné napětí na rezistoru R2, které je odebíráno měřicím zařízením. Pokud je toto zařízení vybaveno časovou základnou, je možné z okamžiků změny a vzdálenosti závor dopočítat průměrnou rychlost průletu. Systém ISES již na naší škole není podporován a nákup nových „datalogerů“ je přinejmenším zdlouhavý. Rozhodl jsem se tedy využít volně dostupného programu Audacity, který mi ukázal Vašek Piskač při měření rychlosti zvuku. Dostatečně jemná škála na časové ose je zárukou přesnosti, která je s ohledem na jiné systematické chyby tohoto měření, až hvězdná.

Pomůcky

Dřevěný hranol (např. $3 \times 5 \text{ cm}^2$) délky asi 120 cm, 6 pájecích krokosvorek, reproduktorová dvojlinka $0,25 \text{ mm}^2$, rezistor R1_1,2 k Ω , rezistor R2_150 Ω , plochá baterie, pájecí náčiní, 4 vruty 2,5 mm \times 10 mm, konektor JACK 3,5 mm stereo.

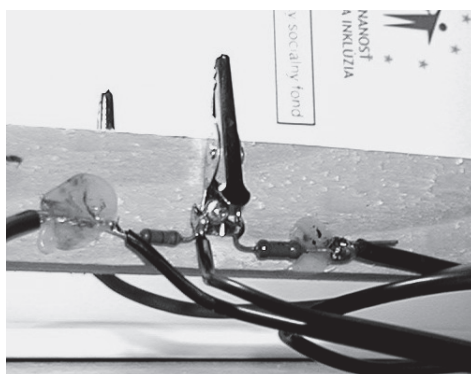


obr. 1

Postup výroby

Dva páry krokosvorek zbavených izolace přišroubujeme zboku k liště tak, aby proužek alobalu, který mezi ně napneme, byl ve výšce odpovídající poloměru ústí hlavně (obr. 2). Rozestup takto vzniklých bran volíme tak, aby se dobře počítalo, např. 1 m.

Brány a rezistory propojíme vodiči podle schématu na obr. 1 a doplníme krokosvorkami k ploché baterii. Dostatečně dlouhou dvojlinku opatříme konektorem JACK – pro zapojení do mikrofonního vstupu zvukové karty. **Na polaritě nezáleží**, ale při pájení JACKu musíme využít nejdelší kontakt, který je vždy jako reference nulového potenciálu. Nadbytečnou odstávající kabeláž přichytíme izolepou nebo tavným lepidlem.



obr. 2

Popis funkce

Hlaveň nabitě vzduchovky položíme tak, aby při výstřelu přerušila alobal v obou branách – vyzkoušíme, případně podkládáme, dokud nedosáhneme požadovaného výsledku. Připojíme k PC se spuštěným Audacity a vyzkoušíme záznam průstřelu.

Ve stavu, kdy jsou obě brány propojené, prochází rezistorem R2 prakticky nulový proud a napětí na něm je tedy nulové. Po přerušení první brány projektilem dochází ke skokovému vzestupu napětí na rezistoru R2, vstup zvukové karty zaregistruje tuto změnu jako napěťovou špičku. Ještě než dojde k vyrovnání vlivem nabití oddělovací-

ho kondenzátoru, dostává zvuková karta opačný signál způsobený přerušením druhé brány, po kterém je odebírané napětí opět nulové (obvod je přerušen).

Po zvětšení záznamu provedeme měření času pomocí funkce výběr, která zobrazí výsledek na dolní liště. (Pozn.: V úvahu bereme vždy čelní hranu peaku.)

Dráha za čas v příslušných jednotkách potom dává průměrnou rychlost střely mezi bránami.

Shrnutí

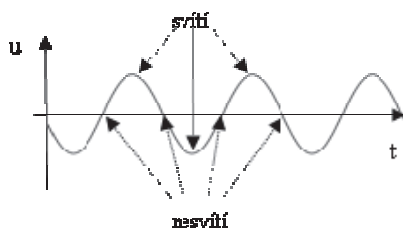
Výsledky poměrně dobře odpovídají hodnotám výrobce a kontrola pomocí komerčního zařízení ukázala chybu měření v řádu procent.

Měření frekvence síťového napětí fotoaparátem [2]

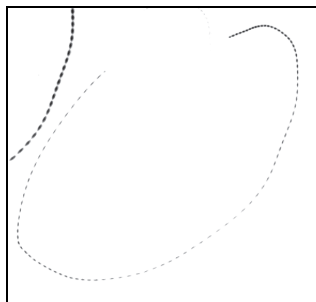
Když jdeme v noci po ulici, jsme mnohdy velmi rádi, že máme k dispozici pouliční osvětlení. Komu se již přihodilo, že byl v noci venku překvapen výpadkem elektrického proudu, váží si lamp ještě víc. Astronomům sice zrovna nevyhovují některé avantgardní lampy, které osvětlují spíše oblohu než ulici, ale věřím, že se postupem času podaří nasměrovat světlo z kandelábru tak, aby zbytečně neplýtvalo energií a abychom v noci město neviděli i za kopcem podle oranžového „oparu“ na nebi.

Opomeňme výtky z předchozího odstavce a soustředme se na problém nastolený v nadpisu: Při chůzi po ulici určitě nevnímáme, že by pouliční lampy nějak blikaly. Uvědomme si ale, čím jsou lampy napájeny. Síťové napětí turboalternátoru z elektrárny je střídavé s frekvencí 50 Hz. To znamená, že v síti máme 50× za sekundu kladné napětí, 50× za sekundu záporné napětí a 100× za sekundu nulové napětí.

Ve výbojce pouliční lampy svítí atomy plynného sodíku (Na) ionizované průchodem proudu. Když elektrický proud neteče, žádné atomy se neexcitují a žádné světlo nevychází. Toto střídání má za následek blikání, které je však tak rychlé, že je okem nepostřehneme. Proto si vezmeme na pomoc fotoaparát.



obr. 3. Průběh napětí v lampě.



obr. 4. Snímek lampy pouličního osvětlení fotografovaný po dobu 1 sekundy pohybujícím se fotoaparátem. Barvy jsou invertovány a převedeny do stupňů šedé.

Pomůcky

Digitální fotoaparát s režimem manuálního nastavení clony a expoziční doby, počítač s nainstalovaným programem pro úpravu fotografií – například freeware GIMP, tma, pouliční lampa.

Postup měření

Večer při zapnutém pouličním osvětlení nastavíme digitální fotoaparát na dlouhou expozici 0,5 až 2 sekundy. Clonové číslo zvolíme co největší. Zamíříme fotoaparát na lampu vzdálenou asi 100 m a za současného stisknutí spouště jím opisujeme například kroužky dostatečnou rychlostí. Dbáme, aby lampa zůstala v zorném poli. Když snímek zvětšíme, invertujeme barvy a vytiskneme, můžeme spočítat, kolikrát lampa za dobu expozice blikla. Tímto postupem lze také změřit frekvenci napájecího napětí:

$$f = \frac{N}{2t},$$

kde N je počet bliknutí a t je expoziční doba.

Literatura

- [1] http://sf.zcu.cz/data/2012/sf2012_01_2.pdf; 6.9. 2012
- [2] Podnětem bylo vystoupení M. Kristýnové v populárních přednáškách z fyziky; Uherské Hradiště 25. 2. 2011

Několik experimentů se zvonkovým transformátorem

JOSEF HUBEŇÁK

Přírodovědecká fakulta UHK

Abstrakt

Zvonkový transformátor je levným zdrojem malého napětí. Jako oddělovací transformátor má vinutí primární a sekundární bezpečně odděleno a lze jej pod dohledem učitele použít ke skupinové práci žáků základních nebo středních škol. Úprava pro měření není časově ani finančně náročná a v příspěvku jsou navržena měření a motivační experimenty.

Nápad, parametry podle výrobce a první měření

Shodou okolností se mi na stole ocitlo deset zvonkových transformátorů. Co s nimi? Jako zdroje toho moc neumí – nominální hodnoty výstupních napětí jsou jen 3,5 a 8 V. Každý kus byl ještě originálně zabalen a měl i technický list:

Parametry podle výrobce

Klingeltransformator

Tip TR 16-0

Made in Romania

Technické údaje:

Jmenovité napětí 220 V

Výstupní napětí 3, 5 a 8 V

Provozní napětí trvalé

Transformátor je odolný vůči zkratu na výstupu

Krytí IP 4.0. (Chráněno před vniknutím drobných předmětů a nebezpečným dotykem nástrojem >1 mm, nemá ochranu před vniknutím vody.)

První nápad – alespoň měřit

Fyzik měří, potom věří. Po ruce byl letitý digitální PU 510 a bylo naměřeno:

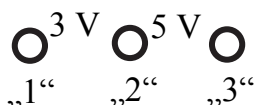
Odpor primárního vinutí $R_1 = 1,13 \text{ k}\Omega$

Odpor sekundárního vinutí $R_2 = 4,0 \text{ }\Omega$

Primární napětí $U_1 = 238 \text{ V}$

Sekundární napětí naprázdno $U_{21} = 4,58 \text{ V}$, $U_{32} = 8,96 \text{ V}$, $U_{31} = 13,54 \text{ V}$

Jmenovitá napětí


„1“ „2“ „3“

svorky

Podle výrobce je transformátor odolný proti zkratu na výstupu a tak byly měřeny i zkratové proudy:

Zkratový proud sekundáru: $I_{21} = 2,0 \text{ A}$, $I_{32} = 1,47 \text{ A}$, $I_{31} = 1,14 \text{ A}$
(Měřeno na rozsahu 10A.)

Tady se nabízí první možnost výpočtu. Výstup transformátoru (svorky 1,3) lze považovat za střídavý zdroj s vnitřní impedancí Z_i

$$Z_i = \frac{U_{31}}{I_{31}} = \frac{13,54}{1,14} \Omega = 11,88 \Omega$$

Úlohu zjednodušíme a za reálnou část impedance budeme považovat odpor vinutí. Pak lze vypočítat vnitřní indukčtanci tohoto náhradního zdroje

$$X_L = \sqrt{Z_i^2 - R_2^2} = \sqrt{11,88^2 - 4^2} \Omega = 11,19 \Omega$$

Z toho indukčnost náhradního zdroje

$$L = \frac{X_L^2}{2\pi f} = \frac{11,19^2}{2\pi \cdot 50} \text{ H} = 35,6 \text{ mH}$$

(Měření indukčnosti sekundárního vinutí dá hodnotu vyšší, zde 97 mH. Rozdíl je dán tím, že se v zatíženém transformátoru magnetické indukční toky odečítají – Lenzovo pravidlo.)

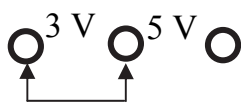
Měření vstupního proudu na primární straně je z bezpečnostních důvodů pro žáky vyloučeno. Vyučující může změřit vstupní proud pro výstup naprázdno: $I_1 = 11,5 \text{ mA}$.

Zkraty na výstupu značně ovlivní vstupní proud.

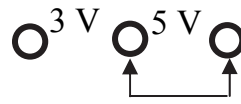
Vstupní proud pro výstup nakrátko závisí na tom, které ze tří výstupních svorek zkratujeme:



$$I_1^{(1)} = 77,2 \text{ mA}$$



$$I_1^{(2)} = 52,2 \text{ mA}$$



$$I_1^{(3)} = 65,5 \text{ mA}$$

Pro proud I_1 vypočteme vstupní impedanci transformátoru při výstupu naprázdno.

$$Z_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{238}{11,5 \cdot 10^{-3}} \Omega = 20,7 \text{ k}\Omega$$

Pro indukčtanci primárního vinutí platí:

$$X_L^{(1)} = \sqrt{Z_1^2 - R_1^2} = \sqrt{20,7^2 - 1,12^2} \text{ k}\Omega = 20,67 \text{ k}\Omega$$

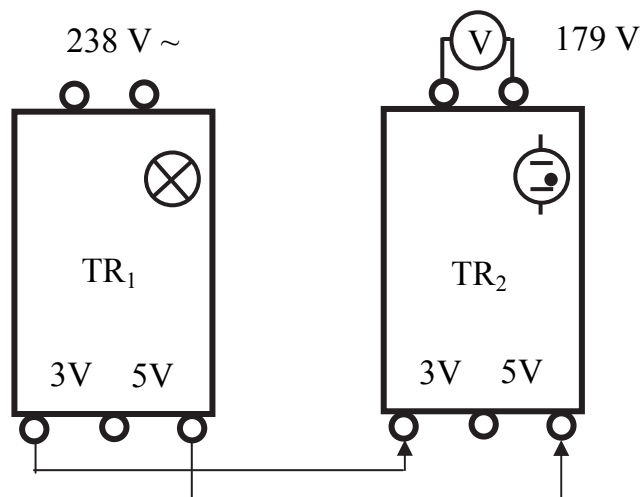
$$\text{Indukčnost primárního vinutí: } L_1 = \frac{X_L^{(1)}}{2\pi \cdot f} = \frac{20670}{2\pi \cdot 50} \text{ H} = 65,8 \text{ H}$$

Poznámka:

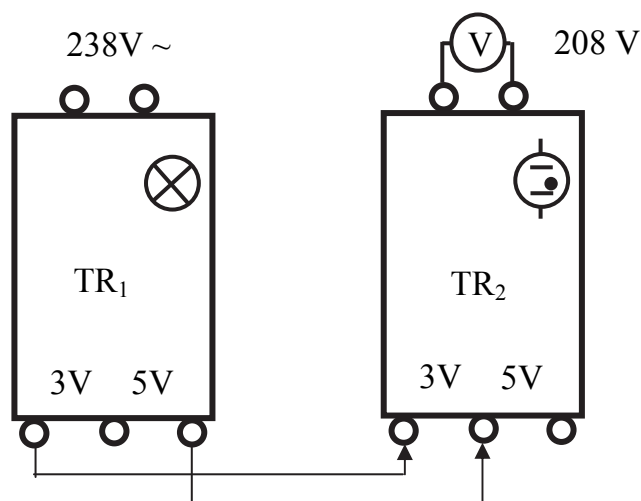
Přímé měření indukčnosti digitálním multimetrem METEX dává zcela odlišnou hodnotu 4,6 H. Je to dáno principem, který multimetr využívá pro měření indukčnosti.

Transformace dolů a pak nahoru

S použitím dvou stejných zvonkových transformátorů lze ukázat, že jsou ztrátové. Sekundár prvního transformátoru spojíme se sekundárem druhého a měříme digitálním voltmetrem napětí na primárním vinutí druhého transformátoru:

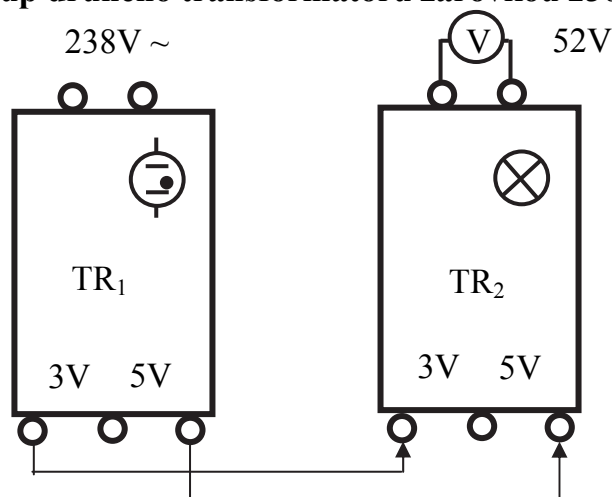


K původní hodnotě napětí se můžeme jen přiblížit použitím jiných svorek druhého transformátoru:



První transformátor má paralelně ke vstupu připojenu žárovku 230 V/15 W a druhý signální doutnavku s předřazeným rezistorem 1 MΩ. Ta má zápalné napětí přibližně 210 V. Amplituda k efektivnímu napětí 179 V nebo 208 V je dostatečná k rozsvícení doutnavky.

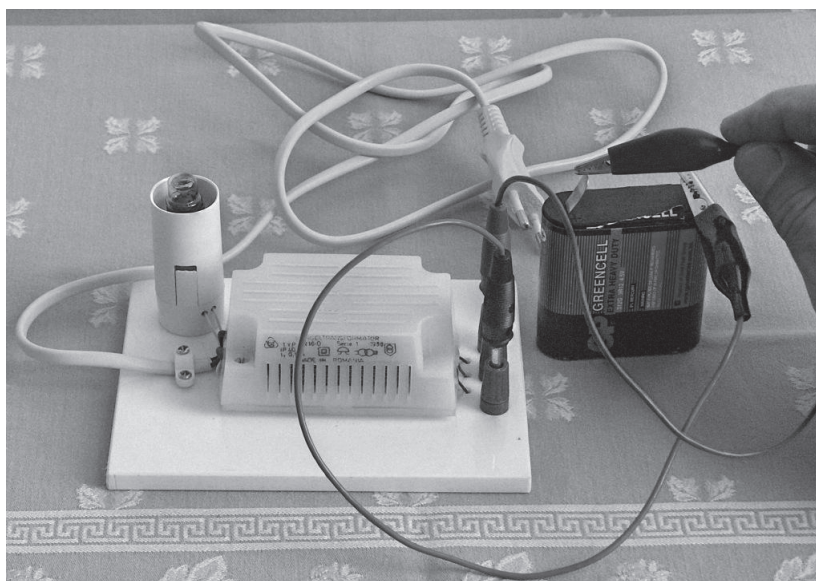
Zatížený výstup druhého transformátoru žárovkou 230 V, 15 W



V tomto uspořádání je prokazatelná ztráta při dvojí transformaci: žárovka slabě žhne a digitální voltmetr naměří pouze 52V.

Vznik indukovaného napětí

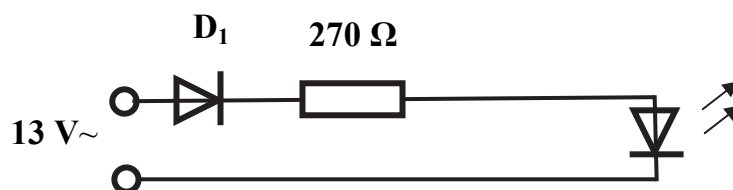
K tomu stačí plochá baterie a transformátor s doutnavkou. Odvážní si mohou vyzkoušet dotek na síťové vidlici. Doutnavka spolehlivě zasvítí i s jedním tužkovým článkem. Trpělivý fotograf zachytí i záblesk doutnavky – obr.1.



Obr. 1. Indukce vyššího napětí.

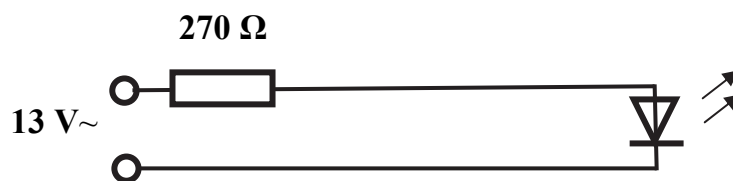
Ukázka s ledkami

První sonda:



Bílá ledka je na konci vodiče a pokud ji roztočíme, díky setrvačnosti oka vidíme čárkovaný kruh.

Druhá sonda:

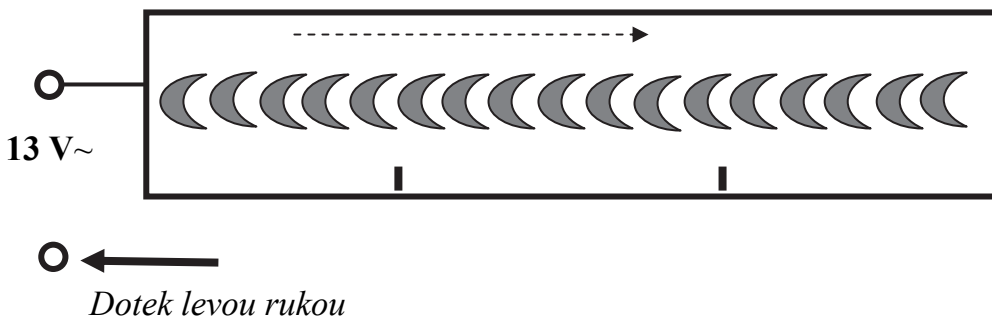


Usměrňovací dioda zde není a ledka je dvoubarevná se dvěma vývody. V klidu vidíme žlutý svit. Po roztočení je zřejmé střídání červených a zelených záblesků.

Odhad kmitočtu sítě

Práškovou sírou poprášíme hliníkovou desku. Na ni připojíme jeden kontakt a levou rukou se dotkneme druhého kontaktu na výstupu 13 V~. Ukazováčkem pravé ruky rovnoměrně přejedeme po celé délce hliníkové desky. Za prstem zůstává přerušovaná stopa v sirném poprášku. Obloučky kopírují dotyk prstu s podložkou.

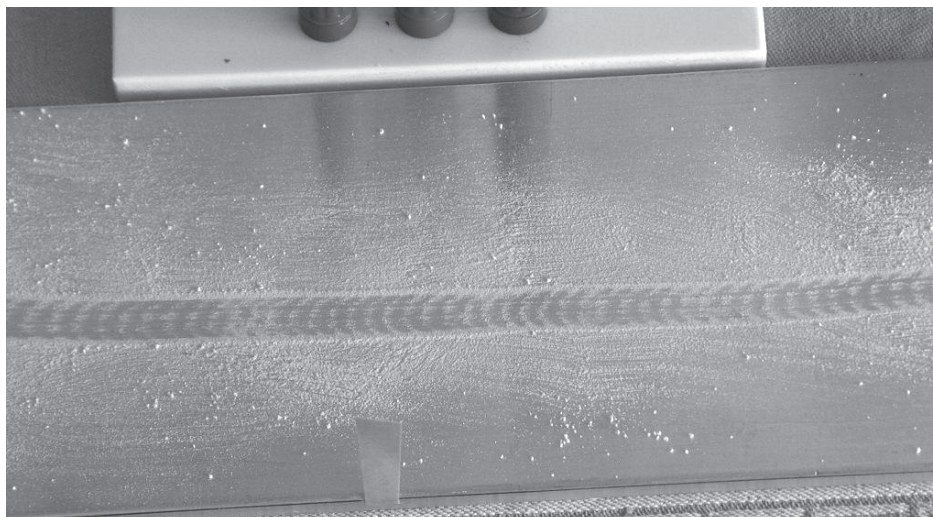
Přejet ukazováčkem pravé ruky



V třetinách délky desky nakreslíme fixem značky a nacvičíme přejezd prstem za tři sekundy. Spočítáme počet stop za jednu sekundu a dostaneme přibližně 50. Přerušovaná stopa vzniká díky tomu, že zrníčka síry se třením nabíjejí záporně.

Detail ukazuje obr. 2.

Pokus není nový. Autor jej zkoušel před půl stoletím podle návodu v časopise Věda a technika mládeži: „Drátem spojte s fází v zásuvce zinkový plech posypaný sírou. Stůjte na koberci a jedním prstem...“



Obr. 2. Stopa střídavého napětí.

Závěr

Učitelé fyziky snadno najdou další možnosti kvalitativních i kvantitativních experimentů. Nabízí se např. elektrolýza střídavým nebo usměrněným proudem, studium jedno a dvoucestných usměrňovačů, filtrace usměrněného napětí, poslech síťového brumu, zapojení násobiče napětí, měření střední hodnoty usměrněného napětí atd. Cena je opravdu přijatelná – zvonkový transformátor pořídíte do 400 Kč a ostatní drobnosti najdete v šuplíku.

Zkušenosti s používáním sady laboratorních úloh z fyziky na téma Měření teploty – SENSIT DIDAKTIK 10.

JAN JANÍČEK

SENSIT s.r.o.; janicek@sensit.cz

Motto: Teplota je po času, hmotnosti a délce čtvrtou nejčastěji měřenou fyzikální veličinou.

Když se připravoval 17.veletrh nápadů učitelů fyziky a s obvyklým předstihem se hlásila témata přednášených referátů, zadal jsem referát tohoto názvu. V té době se zdálo, že SENSIT DIDAKTIK 10 (dále jen SD 10) dosáhne masivnějšího nasazení. Díky špatně zvolené strategii a minimu energie, které se vložilo do propagace a seznámení odborné veřejnosti s tímto jedinečným fenoménem v oboru vzdělávání se to nepodařilo. Kromě 5 ks prototypových sad, které byly darovány na vybrané střední školy a katedry fyziky za účelem ověření jednotlivých úloh a celkové koncepce, si SENSIT DIDAKTIK 10 pořídlo dalších 5 škol.

Sada SD 10 obsahuje v současné době tyto praktické úlohy:

Úloha č. 1: Identifikace neznámého teplotního čidla.

Pomocí určitého algoritmu student zjistí, zda se jedná o snímač odporový a když ano, tak o jaký typ odporového snímače se jedná, zda kovový snímač, termistor, pozistor a nebo polovodičový prvek nebo termočlánek. Úloha není stavěna na určení typu inteligentních snímačů teploty na bázi integrovaných obvodů.

Úloha č. 2 a 3: Měření teplotního koeficientu odporu kovového čidla.

Základním parametrem odporového kovového snímače teploty je teplotní koeficient, což je první derivace závislosti elektrického odporu teplotního čidla na teplotě. Úloha je popsána ve dvou variantách - jednodušší a složitější, v obou případech je dostatečně pochopitelná

Úloha č. 4: Orientační měření teplotní závislosti odporu termistoru NTC.

Termistor je odporový prvek se silně zápornou a nelineární charakteristikou, která je, z pohledu studentů jakožto laiků, nestandardní. Smyslem úlohy je představit takový prvek v praxi.

Úloha č. 5 a 6: Kalibrace termistoru NTC (určení teplotní konstanty B).

Vzhledem k tomu, že se v praxi setkáváme s obrovským množstvím různých typů termistorů, které se od sebe odlišují teplotní charakteristikou, která je vyjádřena koeficientem B , je tato úloha návodem, jak tyto prvky od sebe odlišit. I tato úloha je popsána ve dvou variantách - jednodušší a složitější.

Úloha č. 7 a 8: Měření relaxační doby (časové konstanty) odporových čidel.

Doba, za kterou snímač teploty ukazuje správnou hodnotu se nazývá časová konstanta a v mnohých případech měření teploty hraje nezanedbatelnou roli. Studenti se ve dvou úlohách dozvědí o významu tohoto parametru a zejména se jej naučí měřit.

Úloha č. 9: Studium vlastností termočlánku.

Termočlánky se liší od odporových snímačů teploty principem. Smyslem této úlohy je ověření základních vlastností, vztahů a pravidel.

Úloha č. 10: Měření termoelektrického koeficientu termočlánku typu K.

navazuje na předcházející úlohu, kterou rozšiřuje o praktické zjištění základního parametru, který charakterizuje každý termočlánek.

Autor těchto úloh - doc. RNDr. Zdeněk Bochníček, Dr. z přírodovědecké fakulty MU Brno; spolu s výrobcem SD 10 – společností SENSIT z Rožnova pod Radhoštěm – přivítají jakákoliv doplnění této základní sady úloh, která lze pomocí SD 10 realizovat.

Informace o SD10 včetně komentářů uživatelů a popisů dalších úloh naleznete od 15.10.2012 na www.sensit.cz.

Cena soupravy, obsahující 8 snímačů teploty, redukční přípravek pro připojení každého ze snímačů k drtivé většině v českých fyzikálních laboratořích používaných měřících přístrojů, teoretické a praktické části na CD, byla po výrobě 120 kusové prototypové série stanovena na **1.600,- Kč** a zahrnuje pouze výrobní náklady.

Audacity aneb jak zviditelnit zvuk

TOMÁŠ JERJE

Základní škola Chrastava, Univerzita Hradec Králové

Není to tak dlouho, kdy žáci seděli v přeplněné třídě a přijímali poznatky od autoritativních vyučujících. Už J. A. Komenský a J. J. Rousseau vedli své svěřence k metodám, které v nich vyvolávaly neustálou touhu poznávat, přemýšlet a tvořit závěry. Dnešní moderní doba opět směřuje k aktivizujícím metodám, které by žáky přiměly více nad jednotlivými fyzikálními jevy a zákony přemýšlet. Jednou z aktivizujících metod je experiment. Experiment někdy tak zatracovaný a někdy naopak stavěn jako základní pilíř tématu.

Co přináší dnešní doba za možnosti?

Učitelé nemají oblast fyziky týkající se akustiky příliš rádi. Je to i z důvodu, že často na školách chybí demonstrační pomůcky. Učitelé často nevědí, jaké možnosti pokusů mají. Pro žáky je tato látka mnohdy nezábavná a neprůhledná. Při tom stačí málo a vše může být jinak. Žáci mohou jednoduše provádět (i vymýšlet) pokusy doma, bez složitých pomůcek. Stačí jim běžné PC nebo notebook s mikrofonom a vhodným softwarem. Pravděpodobně nejjednodušší a nejpřehlednější uživatelské rozhraní nabízí program Audacity [1]. Je volně stažitelný z internetu. Není náročný na HW konfiguraci PC, běží na operačních systémech Windows, Mac OS X a GNU/Linux. Umožňuje i spektrální analýzu zvuku.

Příručka Experimenty se zvukem na 20 způsobů

Příručka motivačních pokusů, z oblasti akustiky pro základní a střední školy s názvem Experimenty se zvukem na 20 způsobů, by měla pomoci vyučujícím v hledání inspirace pro pokusy v dané oblasti. Obsahuje známé experimenty doplněné o nové prvky, inovované experimenty i nové náměty na pokusy. Každá karta je opatřena hlavičkou zařazující experiment, najdeme v ní seznam pomůcek. Součástí každého experimentu je uvedení do problému, kdy z běžného života popisuje příklad, kde by se s daným jevem mohli žáci potkat. Popis pokusu vede detailně vyučující a žáky k jeho realizaci. Vysvětlení pokusu objasňuje z fyzikálního hlediska jeho podstatu. Překvapivé informace a novinky se můžete dočíst v zajímavostech, které rozšiřují uvedení do problému.

Ukázka pokusů z příručky Experimenty se zvukem na 20 způsobů

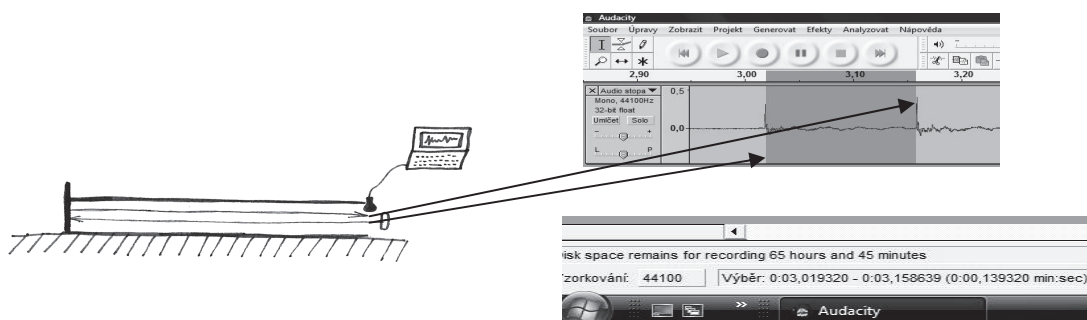
Nyní představím čtyři ukázkové experimenty z motivační příručky Experimenty se zvukem na 20 způsobů.

Rychlost zvuku

Ročník: 8.–9., základní škola

Pomůcky: počítač se softwarem, mikrofoni, trubka o dané délce, zdroj krátkého zvuku, překážka na uzavření trubky

Potřebný čas předvedení: 10 minut



Uvedení do problému: To, že zvuk je pomalejší než světlo a šíří se tedy určitou rychlostí, jsme poznali již jako malí, když jsme sledovali bouřku. Po záblesku trvá určitou dobu, než dojde k hromu. I když obě události nastaly ve stejný čas v určité vzdálenosti od pozorovatele, oba jevy se nám zdají být od sebe časově posunuté. Jak daleko bychom tedy museli od sebe stát, abychom se slyšeli s časovou prodlevou jedné sekundy?

Popis pokusu: Změříme si s přesností na cm délku používané roury. Na jeden konec roury umístíme překážku, od které se zvuk v rourě odrazí zpět. Umístíme mikrofoni na začátek otevřené části roury. Zdrojem zvuku (stačí lusknutí prstů) vydáme na začátku roury zvukový impuls. Mikrofoni ho zaznamená, zvuk se šíří rourou, na konci se odrazí a pokračuje ven z trubky. Tento okamžik opět zaznamená mikrofoni. V programu odečteme časový rozdíl mezi dvěma peaky zaznamenaného zvuku. Ze znalosti času a délky roury vypočítáme průměrnou rychlost zvuku pro vzduch za určitých vlastností (nezapomeň, že se zvuk v rourě šíří tam i zpět, proto je potřeba počítat s dvojnásobnou vzdáleností, než je délka roury). V případě, že budeme při měření důslední, vychází rychlost zvuku téměř shodně s tabulkovou hodnotou (při měření s žáky vzcházela vždy v rozmezí 335–342 m/s).

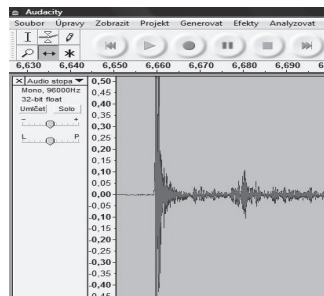
Vysvětlení pokusu: Aby se zvuk šířil nějakou rychlostí, je potřeba, aby prostředí bylo pružné, respektive aby obsahovalo částice, které se podílejí na vedení zvuku. Rychlost zvuku je pak závislá na teplotě, hustotě a druhu materiálu.

Měření vzdálenosti pomocí zvuku

Ročník: 8.–9., základní škola

Pomůcky: PC se softwarem pro vizualizaci vlnění a mikrofon, deštník, izolepa, odrazná deska

Potřebný čas předvedení: 15 minut



Uvedení do problému: Mnozí z nás jsme se setkali s přístrojem, který dokáže určovat vzdálenost, aniž bychom ji museli měřit metrem. Stačilo namířit a na přístroji naskočila vzdálenost předmětu od měřidla. Ovšem využití je různé, některé automobily mají parkovací senzory, které řidiči hlásí, jakou vzdálenost ještě může couvat. V mnoha aplikacích moderního průmyslu je využíváno bezdotykového snímání vzdálenosti.

Popis pokusu: Deštník nám v této úloze pomůže k usměrnění vyslaného zvuku a k následnému zachycení odraženého zvuku při příjmu. K držadlu deštníku připevníme snímací mikrofon tak, aby byl, pokud možno, v přibližném ohnisku. To je v polovině křivosti deštníku. Podobně, jako v úloze měření rychlosti zvuku, využijeme zvukový impuls u mikrofonu k tomu, abychom ho vyslali kupředu, ten se od překážky odrazil a vrátil se zpět, abychom ho snímali. Opět zjistíme časovou prodlevu mezi vyslaným a přijatým pulsem. Nyní ovšem budeme vycházet z tabulkové rychlosti zvuku, která je 340 m/s. Měření je pouze orientační s přesností na decimetry, v běžných třídních podmínkách nemá cenu uvažovat závislost rychlosti zvuku na teplotě. Z rychlosti zvuku a časového intervalu jsme schopni vypočítat přibližnou vzdálenost deštníku od překážky. Musíme si ovšem uvědomit, že vzdálenost, která nám vyjde, je celková dráha, kterou zvuk urazil (mikrofon-deštník-překážka-deštník-mikrofon). Proto je potřeba tento údaj vydělit dvěma a odečíst vzdálenost deštníku od mikrofonu. Při experimentálním měření se žáky byla vzdálenost měřitele a měřené zdi 5,38 m. Experimentem byla změřená vzdálenost 5,29 m.

Vysvětlení pokusu: Zvuk, který dopadne na překážku, se částečně pohltí, částečně překážkou projde a část zvuku se odrazí zpět. Tohoto jevu využíváme při tomto experimentu, kdy zjistíme prodlevu mezi vyslaným a přijatým signálem. Ze znalosti rychlosti zvuku a času můžeme prostým součinem $v \cdot t$ vypočítat dráhu s , kterou zvuk urazil. Vzdálenost od překážky je tedy poloviční:

$$s = \frac{v \cdot t}{2}$$

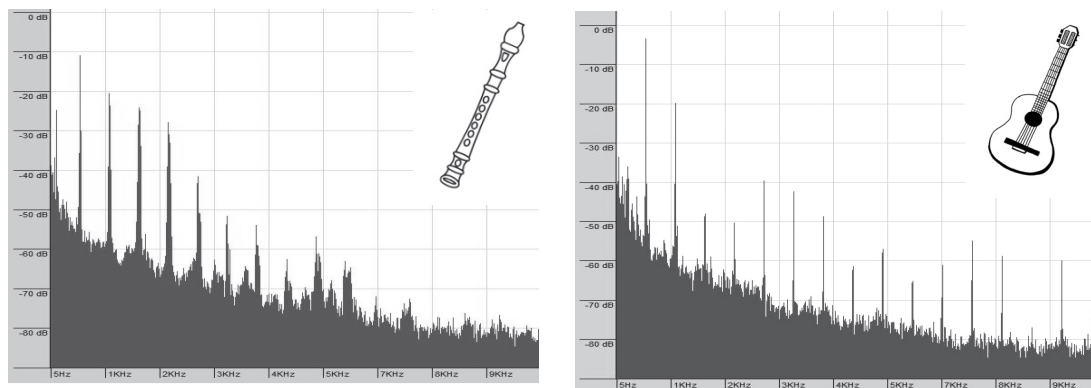
Zajímavost: V praxi se používá k měření vzdálenosti stejného principu, jen s tím rozdílem, že se využívá zvuku v neslyšitelném frekvenčním pásmu (v tomto případě ultrazvuku, zvuku nad 20 kHz).

Frekvenční spektrum zvuku

Ročník: střední škola

Pomůcky: PC se softwarem pro vizualizaci vlnění a mikrofon, flétna, kytara, zvonkohra

Potřebný čas předvedení: 10 minut



Uvedení do problému: Už víme, že vnímání zvuku záleží na výšce zvuku, na hlasitosti, ale proč je lidské ucho schopno rozlišit zvuky o stejné frekvenci a intenzitě z houslí, klavíru či saxofonu? Bude se jednat o takzvanou barvu tónu, který se nějakým způsobem promítne do průběhu zaznamenaného zvuku.

Popis pokusu: Experiment není náročný, ale je potřeba být důsledný. V první řadě je potřeba najít alespoň dva hudební nástroje, na kterých najdeme tóny o stejných frekvencích. Např. *komorní a* na 440 Hz najdeme na kytáře, zvonkohře, flétně, popřípadě na ladičce. Provedeme zvukové záznamy všech zvuků a porovnáme, že základní frekvence zvuků různých nástrojů jsou shodné. Nyní je potřeba provést frekvenční analýzu zaznamenaných zvuků, kterou udělá software. Nyní můžeme porovnat amplitudy jednotlivých frekvencí u všech zvuků.

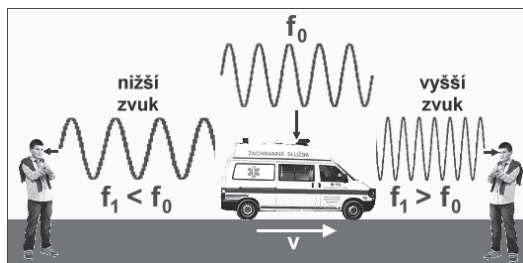
Vysvětlení pokusu: Skutečnost, že každý hudební nástroj má pro naše ucho zcela charakteristický zvuk, způsobuje obsah vyšších harmonických tónů ve složeném tónu. Tuto vlastnost zvuků označujeme jako **barva tónu**. Je určena amplitudami vyšších harmonických kmitočtů (tedy kmitočtů, které jsou násobky základního kmitočtu). Právě barva tónu umožňuje sluchem odlišit dva složené tóny, které mohou mít stejnou absolutní výšku a které jsou vydávány dvěma různými zdroji zvuku. Rozdílná barva zvuku různých zdrojů zvuku je dána odlišným způsobem vzniku zvuku v rezonátorech, které se liší tvarem, velikostí, materiálem, ... (viz [2]).

Dopplerův jev aneb mobil na provázku

Ročník: střední škola

Pomůcky: mobilní telefon se záznamem tónu o dané frekvenci, provázek

Potřebný čas předvedení: 10 minut



Pozn.: Obrázek byl převzat z [3].

Uvedení do problému: Každý, kdo jel vlakem okolo železničního přejezdu se zvukovou signalizací, si mohl všimnout zajímavé věci. Zvuk, který slyšel před tím, než vlak kolem signalizace přešel, měl jinou výšku než zvuk, který slyšel, když se vlak od signalizačního zařízení oddaloval. Ani nemusel vlak jet velkou rychlostí, aby tento jev byl slyšitelný. Stejný efekt lze zažít na pouťových atrakcích, např. na kolotoči.

Popis pokusu: Experiment není náročný na přípravu ani na provedení. Stačí vlastnit mobilní telefon, který dokáže v hlasitém režimu přehrávat zvuky. Je potřeba do telefonu nahrát zvuk o frekvenci 500–1000 Hz (pro pokus nejvhodnější). Ten získáme nejlépe vygenerováním z nějakého zvukového SW a uložení ve formátu mp3 nebo wav. Poté bezpečně připevníme mobilní telefon na přibližně dva až tři metry dlouhý (pevný!) provázek. Po roztočení mobilního telefonu budou pozorovatelé slyšet kolísavý zvuk, který není způsoben zrychleným (zpomaleným) pohybem telefonu, nýbrž Dopplerovým jevem. Zvuk je možno v další fázi nahrát a analyzovat v softwaru a tím ověřit platnost obou vzorečků.

Vysvětlení pokusu: Dopplerův jev popisuje změnu frekvence a vlnové délky přijímaného oproti vysílanému signálu, způsobenou nenulovou vzájemnou rychlostí vysílače a přijímače. Pohybuje-li se zdroj vysílající signál s frekvencí f_0 směrem k přijímači (pozorovateli), pak stojící pozorovatel jej přijímá s frekvencí f ; v je rychlost zvuku v daném prostředí a v_z rychlost zdroje zvuku:

$$f = f_0 \frac{v}{v - v_z}$$

Pohybuje-li se zdroj vysílajícího signálu s frekvencí f_0 směrem od přijímače (pozorovatele), pak stojící pozorovatel jej přijímá s frekvencí f :

$$f = f_0 \frac{v}{v + v_z}$$

Zajímavost: Dopplerova jevu využívá řada měřicích přístrojů a zařízení, např. radary pro měření rychlosti vozidel nebo lékařské fonografy (viz [4]).

Závěrem

Všechny experimenty byly vyzkoušeny při výuce fyziky na základní a střední škole. Jsou průběžně zařazovány do výuky a ohlasy na ně z řad žáků a studentů jsou pozitivní.

Zdroje

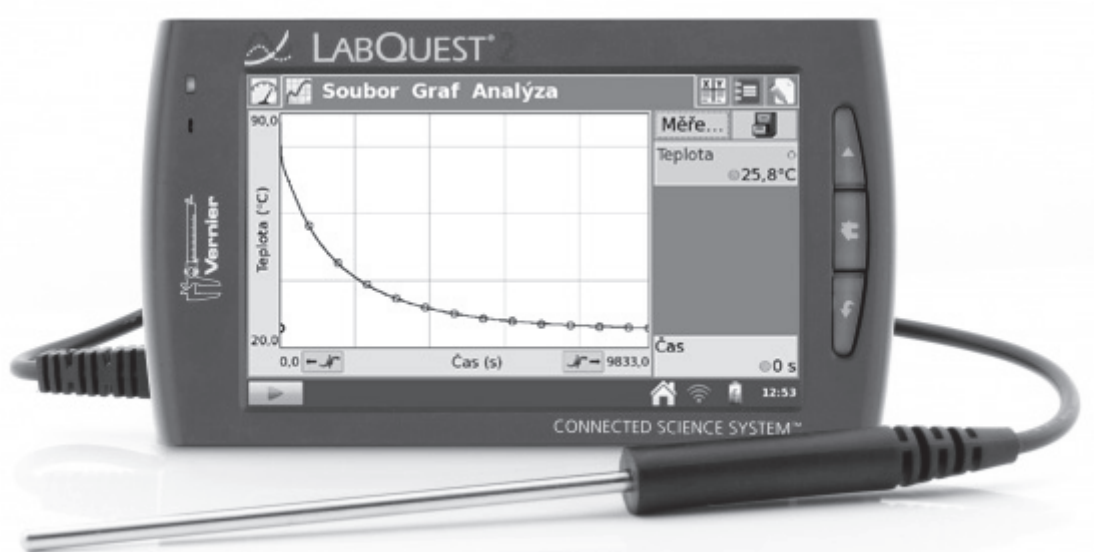
- [1] Audacity. [online]. 2005, 2012 [cit. 2012-07-11]. Dostupné z:
<http://audacity.sourceforge.net/?lang=cs>
- [2] Encyklopedie fyziky. [online]. 2006, 2012 [cit. 2012-07-11]. Dostupné z:
<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/195-barva-tonu=cs>
- [3] <http://www.army.cz> [online]. [cit. 2012-06-15]. Dostupné z:
http://www.army.cz/images/id_8001_9000/8753/radar/k14.htm .
- [4] Medical ultrasonography. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-09-14]. Dostupné z:
http://en.wikipedia.org/wiki/Medical_ultrasonography

Vernier LabQuest 2 – nové experimentální možnosti

JAKUB JERMÁŘ, PAVEL BÖHM
KDF MFF UK v Praze

Abstrakt

LabQuest 2 je nástupcem úspěšného dataloggeru LabQuest pro měření, záznam a zpracování dat ze senzorů značky Vernier ve výuce přírodních věd. Příspěvek se zaměřuje na vylepšení nové verze vůči té minulé a na praktický přínos těchto zlepšení ve výuce.



Obr. 1. Vernier LabQuest 2 s připojeným teploměrem.

LabQuest – co to je?

Učeně řečeno je LabQuest datalogger pro měřicí systém Vernier. Lidsky vzato jde o krabičku – přenosný počítač – k němuž lze připojit senzory systému Vernier. Vlastní měření lze pak provádět snadno i „v terénu“ bez potřeby dalšího počítače. K tomu má vestavěný vysokokapacitní akumulátor a ovládat jej lze přes barevný dotykový displej s českým menu.

LabQuest 2 – v čem se liší od původního LabQuestu?

Na začátku roku 2012 přišla americká firma Vernier Software & Technology, výrobce LabQuestu, na trh s novinkou LabQuest 2 [1]. Vylepšení oproti původní verzi je několik:

- větší displej zahrnující většinu přední strany přístroje (s úhlopříčkou 13,1 cm; 800 × 480 zobrazovaných bodů)

- možnost práce s přístrojem orientovaným jak na výšku (portrait mode; vhodný pro držení LabQuestu v jedné ruce při práci v terénu) tak na šířku (landscape mode; vhodnější pro práci na stole)
- k mikrofону a teploměru přibýly tyto další vestavěné senzory:
 - GPS
 - jednoduchý luxmetr
 - trojosý akcelerometr
- podpora bezdrátových sítí na bázi WiFi a senzorů Bluetooth

Praktické přínosy do výuky

Bezdrátová komunikace s počítačem

Možnost bezdrátově připojit LabQuest k počítači pomocí WiFi vynikne zejména v kombinaci s programem LabQuest Viewer [2]. K LabQuestu mohou připojit senzory, zapnu vysílání a dále již jej nemusím mít fyzicky u sebe – LabQuest sám vytvoří vlastní WiFi síť, přes níž komunikuje s počítačem. Vše pak již ovládám přes svůj počítač a na obrazovce společně se studenty vidím měřená data, grafy,...

Tímto způsobem lze realizovat „lokálně vzdálené“ experimenty, tedy experimenty probíhající ve vitríně na chodbě, v kabinetě, v jiné třídě,... mohou tak například ve třídě „naživo“ ukázat graf aktuálního vývoje libovolných měřených veličin – třeba teploty, osvětlení a množství rozpuštěného kyslíku u rybiček v akváriu ve vedlejší třídě.

Vestavěné senzory – GPS

Při práci v terénu žáci ocení možnost párovat měřené hodnoty se zeměpisnou polohou měřeného stanoviště. Naměřená data pak lze snadno v programu Logger Pro [3] vyexportovat do mapy (Google Maps [4]) ve formě různě barevných škál či číselných hodnot a lépe tak vizualizovat zjištěné hodnoty a jejich závislost na lokalitě.

Obr. 2. naměřené hodnoty (v tomto případě hluku) exportované do mapy Prahy 9.



Vestavěné senzory – 3D akcelerometr

Skvělá pomůcka pro studium pohybů vlaků, automobilů, bicyklů, kolotočů,... Z naměřeného zrychlení ve vlaku lze například numerickou integrací v Excelu překvapivě dobře dopočítat rychlost vlaku a uraženou dráhu [5].

Velmi jednoduše lze také ukázat stav beztíže – měřicí LabQuest vyhodíme do vzduchu a podobu jeho letu ukazuje akcelerometr prakticky nulové zrychlení, tedy nulovou tíži působící ve volně padající soustavě. Tento experiment je velmi jednoduchý, rychlý a přesvědčivý.

Vestavěný tónový generátor

Ve dvou na sobě nezávislých kanálech lze generovat zvuk o nastavitelné frekvenci průběhu (sinusovka, pila, obdélníky a podobně). Můžeme tak žákům názorně předvést souvislost výšky tónu s frekvencí a navíc provádět experimenty s interferencí, jako je třeba vznik rázů.

Další experimenty s Vernierem

Se systémem Vernier lze provádět opravdu širokou škálu demonstračních i badatelských experimentů. Jsou k dispozici jak anglické knihy, tak i v současné době přes 400 návodů a námětů pocházejících od českých učitelů přírodních věd. Všechny tyto zveřejněné návody naleznete na stránkách [Vernier CZ](#) [6]. Zmíníme zde jen několik nejvýznamnějších počínů:

Experimenty z Gymnázia Matyáše Lercha v Brně

V rámci projektu na Gymnázium Matyáše Lercha vznikly celkem 4 publikace (matematika, fyzika, biologie a chemie) s experimenty využívajícími systém Vernier. Publikace byly na Veletrhu k dispozici v papírové formě k rozebrání a účastníci je také dostali na DVD. Všechny experimenty jsou též k dispozici na webu [7].

Experimenty Václava Pazdery z Gymnázia Čajkovského v Olomouci

Dvě publikace (pro ZŠ a pro vyšší gymnázium) zaměřující se na využití systému Vernier při laboratorních pracích ve fyzice. Tyto experimenty jsou často doplněny o připravené protokoly, vzorová řešení a také prezentace v PowerPointu pro učitele. I tyto experimenty naleznete zdarma ke stažení na webu [8].

Řazení experimentů dle kapitol v učebnicích fyziky

Při narůstajícím množství známých experimentů vyvstala potřeba rozmyslet, kde ve výuce fyziky je možné jaký experiment použít. Vytvořili jsme proto ve spolupráci s Mgr. Věrou Koudelkovou kategorizaci dle nejrozšířenějších učebnic fyziky pro gymnázia. Tento kategorizovaný seznam je k dispozici na [FyzWebu](#) v sekci [Materiály](#) [9].

Literatura

- [1] <http://www.vernier.cz/LABQ2>
- [2] <http://www.vernier.cz/LQ-VIEW>
- [3] <http://www.vernier.cz/LP>
- [4] <https://maps.google.com/>
- [5] Böhlm P.: *Fyzika na (školním) výletě aneb akcelerometr ve vlaku. FyzWeb*
[online]. 2010-07-04 , [cit. 2012-09-05]. Dostupný z WWW:
<<http://fyzweb.cz/clanky/index.php?id=150>>. ISSN 1803-4179.
- [6] <http://www.vernier.cz/experimenty>
- [7] <http://www.vernier.cz/experimenty/gml>
- [8] <http://www.vernier.cz/experimenty/pazdera>
- [9] <http://fyzweb.cz/materialy/prometheus-g/>

Pracovní listy pro laboratorní práce na ZŠ a domácí pokusy

PAVEL KABRHEL
Univerzita Hradec Králové

Abstrakt

Při laboratorní práci žáci kromě měření vypracovávají také protokol, který lze považovat za „žakovskou vědeckou zprávu“ o výsledcích své práce a jak k nim dospěli. V příspěvku jsou představeny pracovní listy pro klasické i méně tradiční laboratorní práce, které mají žákovi usnadnit měření a pomoci s vypracováním protokolu. Kromě pracovních listů k laboratorním pracím na základní škole se příspěvek věnuje i pracovním listům k domácím experimentům.

Na začátku kariéry

Snad každý začínající vyučující fyziky řešil problém s přípravou výuky. Pracně si připravoval přípravy na hodinu, neustále sháněl pomůcky, zkoušel pokusy, inspiroval se, kde to jen šlo, vymýšlel laboratorní práce, vytvářel úlohy, pracovní listy atd. Po určité době, pokud nervy vydržely nápor, však práce přinesla ovoce a dříve šuplík ve stole v dnešní době složka v počítači byla plná. S úlevou a s kapičkami potu na čele je vyučující pyšný sám na sebe. A protože je škoda nechat vše pouze v šuplíku nebo v počítači a používat vše jen sám při výuce, je na čase umístit výsledek práce na dostupné místo pro ostatní kolegy a oznámit jim svůj úspěch.

Následující odstavce představují pracovní listy k laboratorním pracím a domácím experimentálním úlohám, které vznikly přesně tak, jak je uvedeno v úvodu. Nepatří sice mezi špičky ledovce, některé nejsou moc originální a patří k naprosto tradičním úlohám, nejsou vyšperkované do krásy, a ani po grafické stránce nejsou na výborné úrovni. Jsou to jednoduché pracovní listy, které si autor článku vytvořil pro svoji výuku během dvouročního působení na základní škole a pro fyzikální korespondenční školu. A protože nechce, aby dílo viděly jen stěny jedné školy, nabízí pracovní listy k inspiraci. Veškeré pracovní listy, které jsou na dalších řádcích jen krátce představeny, naleznete na internetových stránkách cental.uhk.cz.

Pracovní listy pro laboratorní práce v 6. ročníku

Měření velikosti gravitační síly

Zadání pro žáka v PL: Zjisti, jak velkou gravitační silou na tebe působí Země.

S gravitační silou se žáci seznamují většinou již v 6. ročníku. Při laboratorní práci dojdou žáci ke vztahu pro výpočet gravitační síly. Na siloměr zavěšují různý počet závaží, jejichž hmotnost znají, a měří velikost síly. Na základě měření sestaví graf a jednoduchou úvahou dojdou ke vztahu mezi hmotností tělesa a gravitační silou.

Magnetické pole

Zadání pro žáka v PL: Zjisti, jak působí magnetické pole v okolí magnetu na feromagnetické látky.

Jedná se o velmi známou laboratorní práci, která je silně motivační, a vzbuzuje v žácích nadšení pro fyzikální bádání. Žáci obdrží feromagnetické piliny, pomocí nichž zjišťují, jak „vypadá“ magnetické pole v okolí magnetu. Většinou se jedná o jednu z prvních laboratorních prací v 6. ročníku. Žáci se na této práci teprve učí vypracovat protokol a získávají první manuální dovednosti při práci s fyzikálními pomůckami.

Měření tloušťky listu papíru

Zadání pro žáka v PL: Změř tloušťku listu papíru pomocí pravítka.

Laboratorní práce je zaměřená na rozvoj tvořivého myšlení, na procvičení měření vzdáleností pomocí pravítka a výpočtu průměrné hodnoty. Žáci mají na změření tloušťky listu papíru k dispozici pouze pravítko. Jejich úkolem je vymyslet vhodnou metodu měření a toto měření provést pro větší přesnost několikrát. Pracovní list je připraven na metodu, při které se změří více listů a výsledek se poté vydělí jejich počtem. Tato metoda je velmi přesná a žákům vychází takřka stejné výsledky.

Měření výšky patra a výšky budovy

Zadání pro žáka v PL: Změř výšku patra (budovy) pomocí pravítka.

Laboratorní práce navazuje na předchozí laboratorní práci. Opět je zaměřena na rozvoj tvořivosti. Žáci mají na změření výšky patra a budovy k dispozici pouze pravítko a možnost jít na schodiště. Jejich úkolem je vymyslet vhodnou měřicí metodu a měření provést pro větší přesnost několikrát. Pracovní list je připraven na metodu, při které se změří výška schodu a spočítá se počet schodů z jednoho do druhého patra, popř. počet pater ve škole ke změření výšky budovy. Tato metoda není příliš přesná a žákům vychází velmi rozdílné výsledky. Je proto dobré s žáky diskutovat, proč v minulé laboratorní práci vyšly všem takřka stejné výsledky, zatímco v dnešní velmi rozdílné.

Měření obsahu povrchu krabičky

Zadání pro žáka v PL: Změř obsah povrchu krabičky.

Jedná se o velmi jasnou, ale pro žáky ne úplně jednoduchou laboratorní práci, při které je jejich úkolem změřit rozměry krabičky, kterou lze považovat za kvádr, a následně pomocí vzorce pro výpočet obsahu povrchu kváдру vypočítat obsah povrchu krabičky.

Měření obsahu povrchu ruky, dlaně a lidského těla

Zadání pro žáka v PL: Změř obsah povrchu své ruky, dlaně a svého těla.

Laboratorní práce, při které si žáci změří obsah povrchu ruky, dlaně a svého těla. K práci je připraven papír s čtvercovou sítí. S žáky je třeba napřed probrat, jak pomo-

ci této sítě změřit obsah určitého nakresleného útvaru. Laboratorní práce je založena na metodě spočítání celých a „polovičních“ čtverečků ohraničených obkreslenou rukou nebo dlaní, zjištění obsahu jednoho čtverečku pomocí změření jeho strany a následným výpočtem obsahu povrchu ruky a dlaně. Obsah povrchu lidského těla je stokrát větší než obsah povrchu dlaně.

Měření objemu krabičky

Zadání pro žáka v PL: Změř objem krabičky.

Úkolem žáků je změřit rozměry krabičky, kterou lze považovat za kvádr, a následně pomocí vzorce pro výpočet objemu kváдру vypočítat objem krabičky.

Měření hustoty tělesa

Zadání pro žáka v PL: Zjisti hustotu tělesa.

Při této práci si žáci vyzkouší změřit hustotu tělesa známou metodou, při které nejprve změří hmotnost tělesa na vahách a poté objem opět známou metodou – ponořením tělesa do vody v odměrném válci a zjištěním rozdílu původního a nového objemu.

Elektrické obvody – vodiče a izolanty

Zadání pro žáka v PL: Zjisti, které látky jsou za běžných podmínek při malém napětí vodiče a které jsou izolanty.

Laboratorní práce je motivační, není těžká, ale časově náročná. Žáci si zapojí obvod skládající se ze zdroje napětí, žárovky, vypínače a místo rezistoru do obvodu zapojují jednotlivá tělesa z různých látek. Zda je látka vodič či izolant zjišťují pomocí žárovky. Důležité je podotknout, že se jedná o rozlišení látek na vodiče a izolanty za běžných podmínek a jen při nízkém napětí.

Měření napětí a proudu

Zadání pro žáka v PL: Změř napětí galvanických článků a proud procházející obvodem.

Laboratorní práce je opět motivační. Žáci si vytvoří několik galvanických článků z citronu a různých kovových plíšků. Poté k článku připojí multimetr pro měření napětí a proudu. Žáci při práci pochopí princip baterií a naučí se používat měřicí přístroje.

Pracovní listy pro laboratorní práce v 7. ročníku

Měření vzdáleností a výpočty rychlostí pomocí internetu

Laboratorní práce je určena k procvičení výpočtu průměrné rychlosti a ke zdokonalení se v práci s internetem. Pomocí internetových stránek www.mapy.cz měří žáci vzdálenosti dvou míst vzdušnou čarou, jedou-li autem, na kole, nebo hromadnou dopravou, a vypočítávají průměrnou rychlost daného dopravního prostředku.

Měření reakční doby

Zadání pro žáka v PL: Změř svoji reakční dobu.

V této laboratorní práci si žáci změří svoji reakční dobu. Na základě znalostí o sčítání sil, výslednici sil, gravitační a odporové síle, volném pádu a pádu těles ve vzduchu si reakční dobu zjistí pomocí pádu tyče, kterou chytají, a měří na ni vzdálenost, o kterou se tyč posunula při pádu. Poté již pomocí známého vzorce pro volný pád spočítají čas pádu, respektive svoji reakční dobu. Vzhledem k tomu, že se volný pád na základních školách probírá okrajově a bez uvedení vzorců, je k tomuto laboratornímu listu také soubor v programu MS Excel, který reakční dobu vypočte za žáky. Nadanější žáky však lze k vzorci dovést.

Určení těžiště

Zadání pro žáka v PL: Urči těžiště vážky a káněte zobrazených na obrázcích.

Určit těžiště jako průsečík těžnic, které se sestrojí pomocí několika různých zavěšení tělesa na provázek nebo špejli, je velmi známá metoda. Nicméně pro žáky není nej-jednodušší těžnici na těleso narýsovat a úkol vyžaduje šikovnost. V laboratorní práci mají žáci určit, kde se nalézá těžiště obrázku vážky a obrázku káněte.

Pracovní listy pro laboratorní práce v 8. ročníku

Fyzikové ve Squash centru

Zadání pro žáka v PL: Zjistí úbytek mechanické energie při pádu tělesa a po jeho následném odrazu.

Laboratorní práce je určena k procvičení vědomostí o vnitřní energii a o zákonu zachování energie. Žáci zjišťují, do jaké výšky se odrazí od lavice míček na stolní tenis a počítají změnu polohové energie.

Pracovní listy pro domácí experimentální úlohy

Balónek v mikrovlnce a voda v mrazničce

Jedná se o dva jednoduché domácí pokusy pro mladší žáky, při kterých zkoumají vlastnosti vody. V prvním experimentu nafukují balónek s trochou vody pomocí mikrovlnné trouby, ve druhém experimentu zjišťují, jak se mění objem vody při tuhnutí.

Je tání ledovců pro lidstvo opravdu nebezpečné?

Zadání pro žáka v PL: Zjistí, zda se změní výška hladiny vody ve sklenici, při roztání kostky ledu, který ve vodě plovál.

Je tání ledovců pro lidstvo opravdu nebezpečné? Sice se v této experimentální úloze žáci nedostanou k vyřešení problému oteplování planety a tání ledovců, ale zjistí, jak se změní objem vody s kostkami ledu, které tají. Žáci změří, zda hladina vody po roztání ledu stoupla, nebo naopak klesla, a z výsledku určí, je-li tání mořských ledovců pro lidstvo nebezpečné.

Účinnost rychlovarné konvice

Zadání pro žáka v PL: Změř, s jakou účinností vaří vodu rychlovarná konvice, kterou máš doma.

Úkolem v experimentální úloze je zjištění účinnosti rychlovarné konvice při vaření malého a velkého množství vody. K výpočtu účinnosti z naměřených hodnot jsou potřeba vzorce běžně používané na základní škole v nauce o teple.

Měření tlaku

Zadání pro žáka v PL: Zjisti, jaký tlak vyvoláš, stojíš-li na jedné noze, tlačíš-li palcem na desku stolu a stojíš-li na jedné noze a máš obuté lodičky s podpatky.

V této experimentální úloze si žáci změří tlak, který vyvolají, když stojí nohou na zemi, mají-li obuté boty s podpatkem, nebo tlačí-li prstem do desky stolu. Sílu (respektive hmotnost), kterou působí na podložku, měří pomocí osobních vah a obsah plochy zjišťují pomocí čtverečkovaného papíru.

Na skok k parašutistům

Zadání pro žáka v PL: Zjisti, jak závisí doba pádu tělesa na jeho hmotnosti.

S volným pádem a pádem těles ve vzduchu se žáci na základní škole příliš nesetkávají a právě na toto téma je experimentální úloha zaměřena. Úkolem je zjistit, zda při pádu těles ve vzduchu závisí doba pádu na hmotnosti tělesa. Žák porovnává dobu pádu dvou stejných krabiček, avšak jedna je prázdná a druhá naplněná vodou. Jelikož se jedná o krabičky se stejnými rozměry, žák pouze změří, jak doba pádu závisí na hmotnosti tělesa.

Na stavbě

Zadání pro žáka v PL: Změř výšku budovy.

Ke zjištění výšky budovy existuje mnoho metod. V této práci si žáci vyzkouší měřit výšku budovy porovnáním délky stínu budovy a délky stínu tělesa, jehož výšku znají.

Změř si svůj výkon

Zadání pro žáka v PL: Zjisti svůj výkon.

Jednoduchá laboratorní práce na procvičení a „zažití“ vztahů pro výpočet výkonu, práce a polohové energie. Žák ke zjištění svého výkonu nejprve změří svoji hmotnost a poté dobu, za kterou vyběhne určitý počet pater, jejichž výšku zná. Práce, kterou žák při běhu vykonal, je rovna změně jeho polohové energie. Výpočet výkonu je poté již velmi snadný, má-li žák změřenou dobu běhu.

Závěrem

Veškeré pracovní listy k laboratorním i domácím experimentálním úlohám jsou ke stažení na internetové stránce cental.uhk.cz a jsou volně k použití.

Atmospheric pressure in low-cost demonstrations and measurements

ALEXANDER KAZACHKOV¹, ABRAHAM SALINAS CASTELLANOS²

¹*Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine.*

²*C E C y T “Carlos Vallejo Márquez”, National Polytechnic Institute, Mexico City, Mexico.*

Introduction

In a Physics class, lab work is essential. Experimental physics projects are an opportunity for educators to make more interesting Physics to students. Experiments that involve knowledge of many parts of physics are important to develop their creativity and to make knowledge more significant for students (significant learning) [1]. The laboratory of Physics is also the place where students get the opportunity to do physics. It is in the laboratory that students learn to practice the activities of scientists – asking questions, performing procedures, collecting data, analyzing data, answering questions, and thinking of new questions to explore. Physics teachers should exploit the laboratory projects to teach in a more interesting manner this subject. It is also important to do the experimental work with materials easy to find, otherwise students get the impression that science can be performed only with sophisticated equipment. On the other hand, there are schools in some developing countries which do not have equipped laboratories and no computers at all. Students in those schools do not have the opportunity to manipulate modern technology used today for physics experiments. Teachers in these schools need to learn simple and easy ways to prove physical facts of nature to their students.

We present here two simple experiments to measure the atmospheric pressure with the materials easy to find and no cost at all. These experiments can be performed by high school students and permit them to diminish the error by modifying the experiment in an easy manner.

Measuring P_{atm} using a ping pong ball and water containers

A precise measurement of atmospheric pressure is based on the well-known demonstration in which a cup of water is covered with a pressed piece of cardboard and inverted [2]. When the cardboard is released, no water spills out. The explanation is straightforward. Forced by gravity to slip downward slightly, the column of water acts like a piston, reducing the air pressure inside the cup until equilibrium is achieved. The slip distance is small (typically less than a millimeter) and so the cardboard is displaced only very slightly from the glass. The surface tension of the water is sufficient to prevent it from seeping out through the tiny gap. The demonstration works reliably with a short cylindrical container but can often fail for a tall partly filled cylinder or bottle [3, 4] because the slip distance depends on the volume of water in the

container. We modify the demo using a ping pong ball instead of the flat card as shown in Fig. 1, which makes the experiment more simple and measuring.

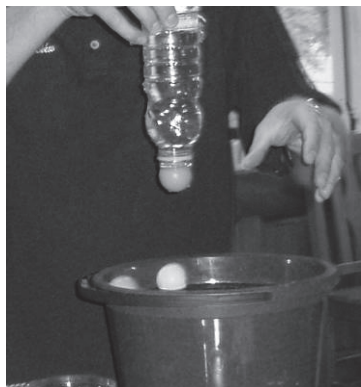


Figure 1. The use of a ping pong ball simplifies the experiment and makes it measuring.

We start with a glass bottle that is partly full of water and hold a ball firmly against the top as we invert the bottle (Fig 2(a)). If the ball is simply released, the column of water would slip so far down that it would push the ball away from the opening and all the water would spill out. Instead, we hold the cardboard loosely and allow water to gradually drip out of the bottle into a cup below (Fig. 2(b)). The dripping continues until the difference in the air pressure inside (P) and outside (atmospheric, P_{atm}) balances the pressure ρgh that the water column exerts onto the ball (here h is the height of the column, ρ is density of water or whatever liquid is used, and g is the freefall acceleration). At that point the dripping ceases (Fig. 1(c)). The equilibrium condition is

$$P + \rho gh = P_{atm} \quad (1)$$

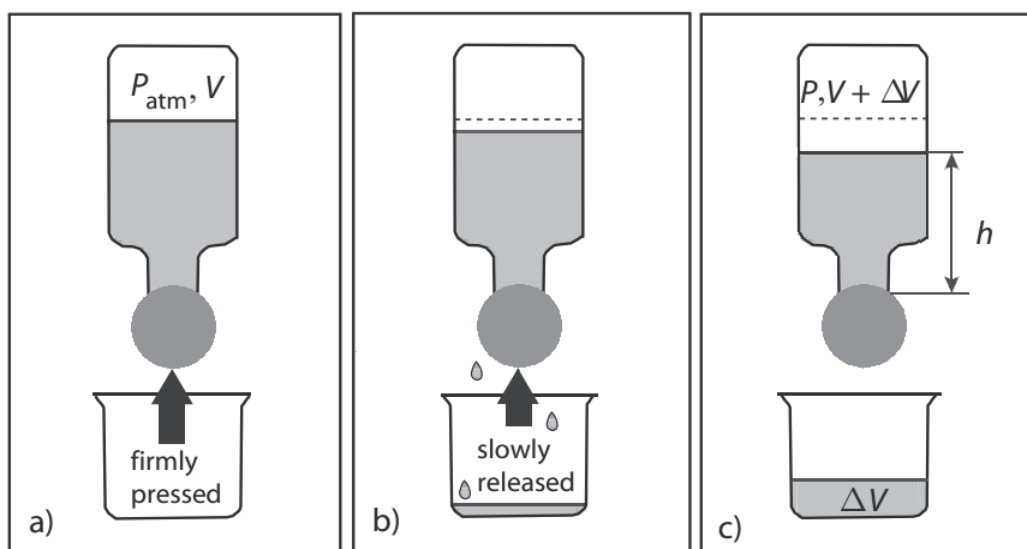


Figure 2. Schematic representation of the experiment: (a) initial position; (b) water is gradually released; (c) equilibrium is achieved [2].

While the water is dripping out of the bottle, it is important to keep any outside air from leaking in. Heating by the hand holding the bottle should also be prevented. If these conditions are satisfied, the mass and temperature of the air inside the bottle remains unchanged during the process, and we can use Boyle's law to write

$$P_{atm}V = P(V + \Delta V) \quad (2)$$

Here V is the initial volume of air inside the inverted bottle and ΔV is the increase in the air's volume, which exactly equals the volume of the water that dripped into the cup below.

Solving Eq. (1) for P and substituting into Eq. (2) gives, after a bit of rearranging,

$$P_{atm} = \rho gh(1 + V/\Delta V) \quad (3)$$

Using the known values of ρ and g , along with the easily measured values of V and ΔV , P_{atm} can now be determined.

Alexander's diving bell measuring P_{atm}

Another simple hydrostatic experiment to measure the atmospheric pressure is again an application of students' knowledge of gas laws [5]. They lower a straight transparent test tube open end down into a tank of water. Due to the pressure of the captured air, water level inside the tube never reaches that of the tank. To determine the atmospheric pressure, students must measure the depth of the tube's lowering the water level inside the tube; the local value of the acceleration of gravity must be known. We suggest attaching the tube to a bigger air-filled container, which dramatically increases accuracy of measurements and opens a variety of experimental possibilities [6].

Figure 3 and 4 show the experimental set up required for this experiment [5].

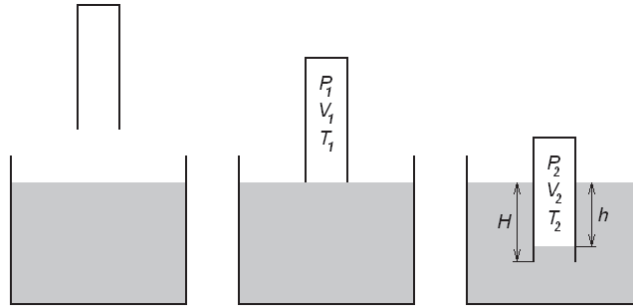


Figure 3. The tube is submerged with the open end down into a water tank. By measuring h and H , it is possible to determine P_{atm} .

From Figure 3 and from the Clapeyron-Mendeleev equation, we get

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad (4)$$

If the temperatures inside and outside the tube are equal $T_1 = T_2$,

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad (5)$$

But also $P_1 = P_{atm}$, the atmospheric pressure and thus $P_2 = P_{atm} + \rho gh$.

From the last two equations we get

$$\rho gh = \frac{P_{atm}(V_1 - V_2)}{V_2} = \frac{P_{atm}\Delta V}{V_2} \quad (6)$$

From this equation we finally obtain

$$P_{atm} = \frac{\rho gh V_2}{\Delta V} \quad (7)$$

Or for a series of measurements with varied H , using (6), we can plot ρgh vs $\frac{P_{atm}\Delta V}{V_2}$.

The graph is a straight line with the slope being P_{atm} .

Crucial for the method to be practical is the right choice of the apparatus' parameters (Fig. 4), in particular, of the ratio between V_1 and H . Otherwise, either h or the $H - h$ difference are too small to measure in class conditions.

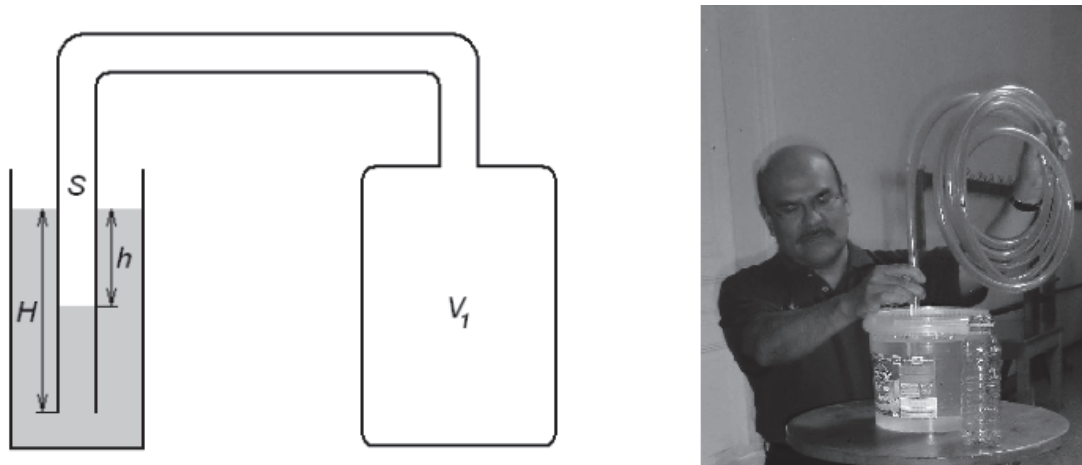


Figure 4. The volume of the air V_1 is increased by attaching a large container (left), or by taking a long enough hose (right). $H-h$ is dramatically increased with this adaptation.

Conclusions

The presented experiments were performed by a variety of students, ranging from high school to university in USA and Ukraine for the case of the water containers with a ping pong ball [2] and Mexico and Ukraine for the modified Alexander's diving bell experiment, where in fact students were able to measure the acceleration of gravity assuming the atmospheric pressure was known [6]. Those experiments allow students to develop their creativity by making modifications in order to make the experiment more precise. Students were able to apply their knowledge and to actually experience scientific work. These experiments also motivate students and, as assignment projects, they encourage new lines of thinking. In all cases, students exhibited strong engagement and high interest suggesting new ideas on how to improve the results.

With those simple experiments, students also realize that in order to experience science it is not necessary to have expensive equipment. They can use objects from everyday life which have no cost at all. These activities also encourage educators and students from schools with poor equipment in their laboratories to experiment and obtain important physical constants.

It is hoped that educators apply these experiments in their lab work with their students and also suggest new ways to improve the accuracy of the measurements. Details and measuring results can be found in [2] and [6].

Bibliography

- [1] Salinas, A., Didactic Proposal for Projects in the Physics Lab. Work presented at the VI Congreso Internacional Didáctica de las Ciencias, La Havana, Cuba, March 15-19, 2010.
<http://www.didacien.rimed.cu/Didacticas%20de%20las%20Ciencias/Simposios/Simposio6/Trabajos/F%EDs%20006.pdf>. Consulted: August, 2012.
- [2] A. Kazachkov, D. Kryuchkov, C. Willis and J.C. Moore, *An Atmospheric Pressure Ping Pong Ballometer*, *Phys. Teach.* 44, 492 (2006).
- [3] J.Walker, *The Flying Circus of Physics* (Wiley, New York, 1977), p. 79.
- [4] R.Ehrlich, *Turning the World Inside Out and 174 Other Simple Physics Demonstrations* (Princeton University Press, Princeton, NJ, 1990), p. 102.
- [5] M. Quiroga, S. Martínez and S. Otranto, A Measurement of g using Alexander's Diving Bell, *Phys. Teach.* 48, 386-387, (2010).
- [6] A. Kazachkov, A. Salinas and V. Kostyukov, Measuring g : an Inexhaustible Source of Instruction and Creativity, *Lat. Am. J. Phys. Educ.* Vol. 6, Suppl. I, June 2012.

Balancing with Archimedes and Roberval on a classboard

KAZACHKOVA DARYA

Epicenter K, Kiev, Ukraine

KAZACHKOV ALEXANDER

V.Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

KIREŠ MARIÁN

Prírodovedecká fakulta UPJŠ, Košice, Slovensko

Abstract

Hands-on apparatus to enhance students' understanding of center of gravity, torque, energy conservation, and other basic principles of Mechanics is presented and discussed. Roberval scales that seemingly defy Archimedes' Lever Principle are designed to be built real-time on the class board.

Introduction. Design suggestions

We suggest building demonstrational mechanical apparatus on the class board and discuss its approbation in a variety of teaching conditions. Among the strong advantages of this approach proved by our practice, is a very natural possibility to trace and measure all the motions of apparatus' parts directly on the black/white board with an ordinary chalk or a marker, thus skipping the scaled diagrams and other secondary schemes.

Such an approach also allows getting rid of the construction elements necessary for the traditional design but hardly required, if not misleading, in the explanation of the physical principles to operate the device. Thus, if the demonstration is about rotation, corresponding axes should be suspended or fixed by some holders. Not only those distract the students' attention during the demonstration, but too often decrease the device's stability caused by the inevitable vibrations and distortions under load or due to fast motion, especially for the large-sized models.

Fixing apparatus' axis on the massive class board eliminates the above problems and allows construction of stable large devices perfectly visible by students, easily re-assembled, practical both for qualitative demonstrations and measuring experiments. For many the practical purposes, 20-50 cm long wooden rulers may be used as the construction parts. They are light, easily cut and drilled and rigid enough to build models of loaded devices to perform two-dimensional motion, in particular, levers and balance on the class board or a wall. Small bolts (M3-4 in our case) or nails/pins may perfectly serve for the axes. Ones to be attached to the board are put through the small pieces of wood (same rules cut 2x2 cm) or cardboard and fixed by the double-

sided adhesive tape. Those are durable under vertical load but easily removed leaving no trace on the black/white board. A variety of weights suspension ideas could be applied.

On-board lever (Archimedes) balance

Figure 1 presents flat on-board model of the simple lever balance. Triangular rigid structure attached from below to the basic arm of the balance provides for the stable equilibrium of the symmetrically loaded balance.

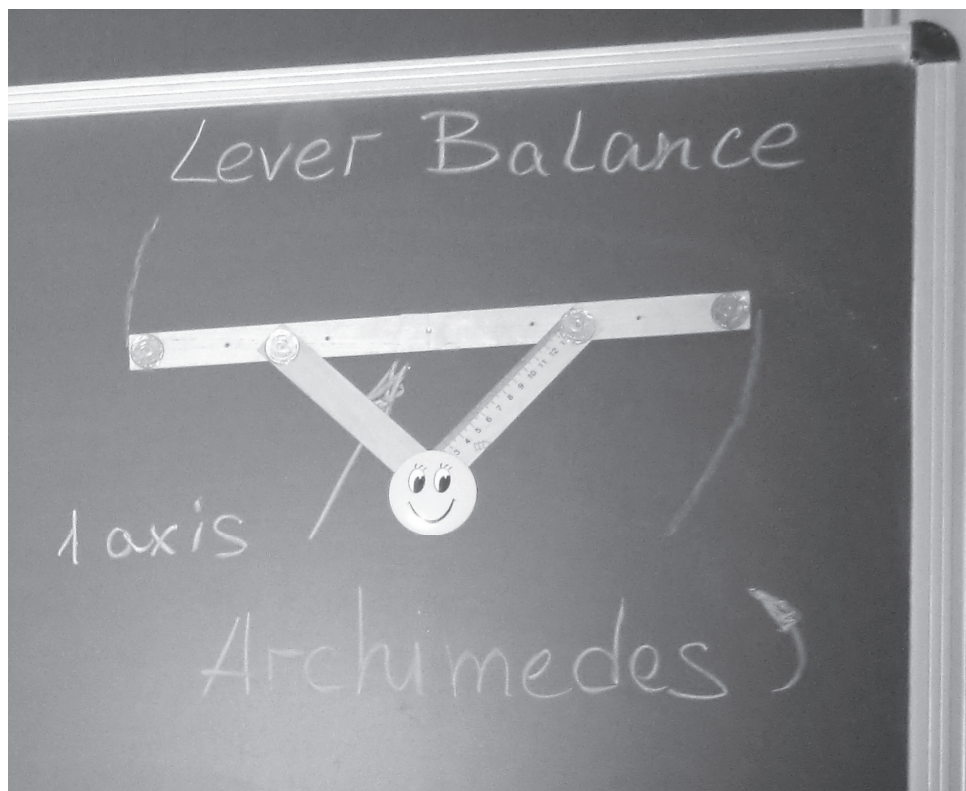


Figure 1. On-board model of stable equilibrium *lever balance* operating by Archimedes Principle.

The key ideas on Archimedes *lever principle* and its applications in operation of simple machines, including ones for weighing – *balances* or *scales*, may be mastered by the students by use of this on-board apparatus. As it is clearly visible in the *Figure 1*, all motions of the balance' parts and attached weights are easily and reliably traceable directly on the board. Corresponding measurements of weights' displacements are also done on-board to calculate potential energy and work performed at balance's rotation.

'Impossible' Roberval balance

After the students performed a series of measurements with the one-axis Archimedes balance they acquired good knowledge of the *lever principle*, being in particular convinced that equal masses could not be balanced when attached asymmetrically on the

lever. High time to challenge (in perspective – of course to *reinforce*) their experience assembling by similar on-board technique another type of balance – an ‘impossible’ Roberval balance (Figure 2).

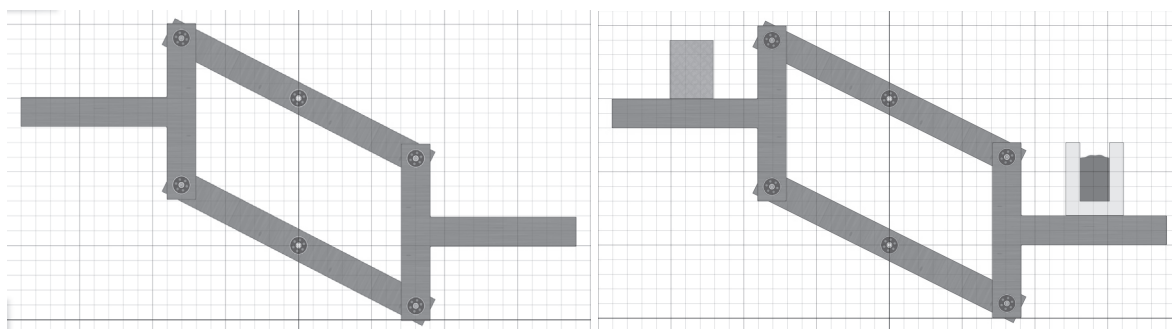


Figure 2. Model of *Roberval balance*.

During weighing, when lever balance is inclined, the horizontal position of the weight and the object (e.g. glass with liquid) must be established. For that reason the special construction of the balance was designed (Figure 2), where two levers are working together.

Even more surprising is that the equilibrium of the 6-axes balance pictured in Figures 2, 3 is not violated when *equal* masses are loaded *any place* on the opposite-sided horizontal arms.

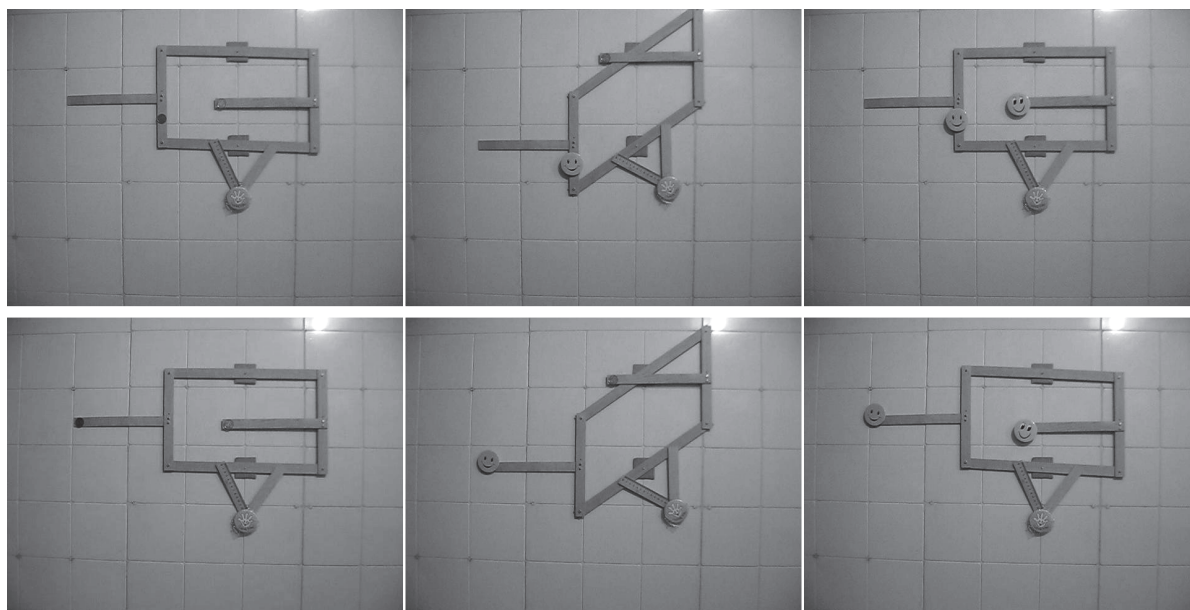


Figure 3. On-board model of stabilized *Roberval balance*, unloaded (left), loaded asymmetrically (center) and symmetrically (right).

Although work/energy explanation of how the parallelogram balance operates is explicit and refers to the basic principles of Mechanics [1-4], our on-board models allow for the even deeper insight into the Physics of this incredible device. Tracing the motion of the balance’s parts with a chalk or marker (Figure 4), students may notice that every point of the structures attached to the vertical arms moves circularly in the

same direction. All the radii of all the corresponding circumferences are the same, equal to the arm's suspension distance from the axis fixed on the board. Similar observation could be done by using of simulation from *Algodo* online resources [5].

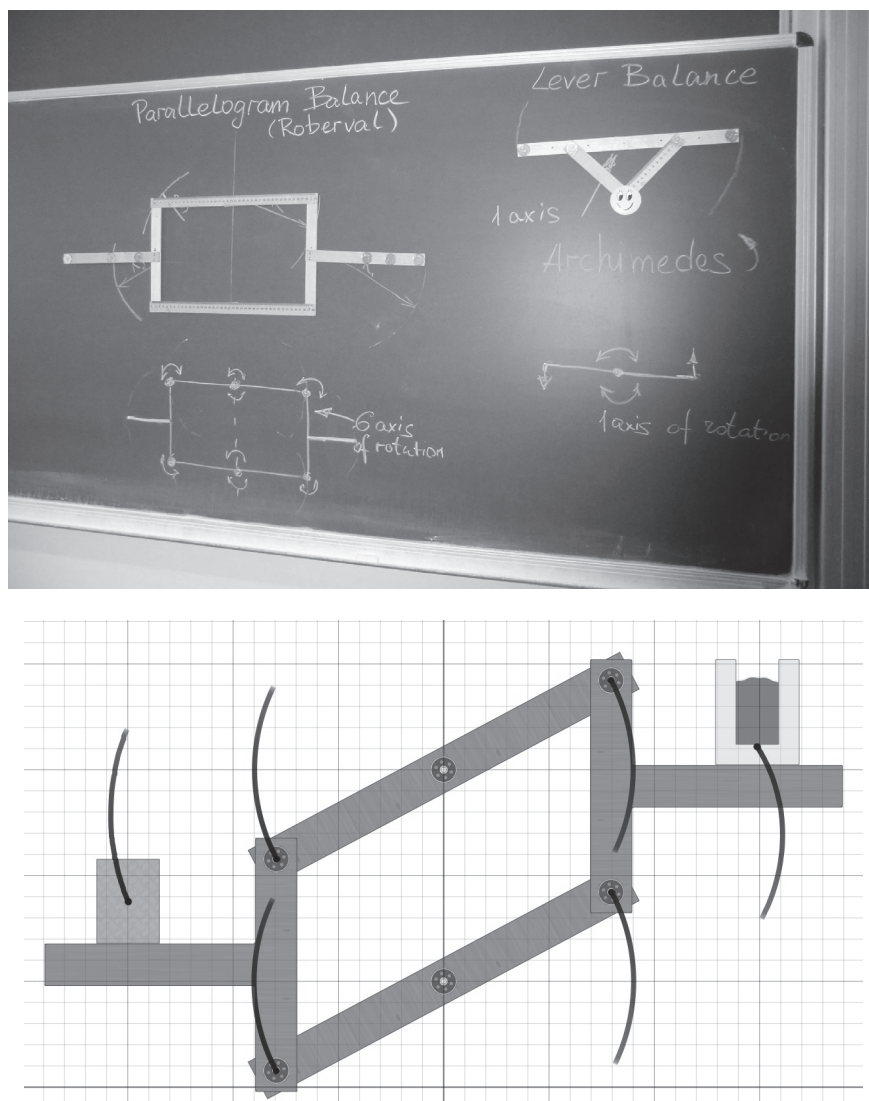


Figure 4. Archimedes and *Roberval* balance with the trajectories of their moving parts traced on the class board and in simulation.

As a result, instead of accounting for the torques due to 6 (!) axis of rotation, one may reduce momentums consideration to the regular lever balance: to stay in equilibrium *mass times distance* product must be equal for both arms. And those distances are measured from the line connecting central axes of the balance to the corresponding vertical arms.

Ideas for educational projects

Students may enjoy building asymmetrical and fancy-designed Roberval scales with their the arms going in literally any direction, or several vertical parts loaded simultaneously, multi-stage scales and other apparatus or the sort. Looking for the parallelogram constructions in industrial and household mechanisms, including weighing devices, could be another creative assignment. Even with the ‘regular’ Roberval balance an extra educational value may be added by their fast transformation into the lever scales. To do that the lower central axis is removed, while the flexible parallelogram structure is settled rigid by fastening one of the axis junctions.

Approbation and acknowledgements

This work is the result of the project implementation: Research and Education at UPJŠ – Heading towards Excellent European Universities, ITMS project code: 26110230056, supported by the Operational Program Education funded by the European Social Fund (ESF). Discussion and support from Eugenii Syrkin is acknowledged and highly appreciated.

Literature

- [1] Paul Chagnon, The Roberval balance, *The Physics Teacher*, **30**, 238 (1992)
- [2] E. Scott Barr, The Roberval balance, *The Physics Teacher*, **22**, 121(1984)
- [3] H. Richard Crane, How Things Work, *The Physics Teacher*, **29**, 593(1991)
- [4] N.Treitz. Simple Models of Simple Machines. Hands-on Experiments in Physics Education, *ICPE-GIREP Conference Proceedings*, Duisburg, 1998
- [5] <http://www.algodoo.com/algobox> search for: robervalbalance.phz

Astronomické pokusy trochu jinak

OTA KÉHAR

Oddělení fyziky, KMT, Fakulta pedagogická, ZČU v Plzni

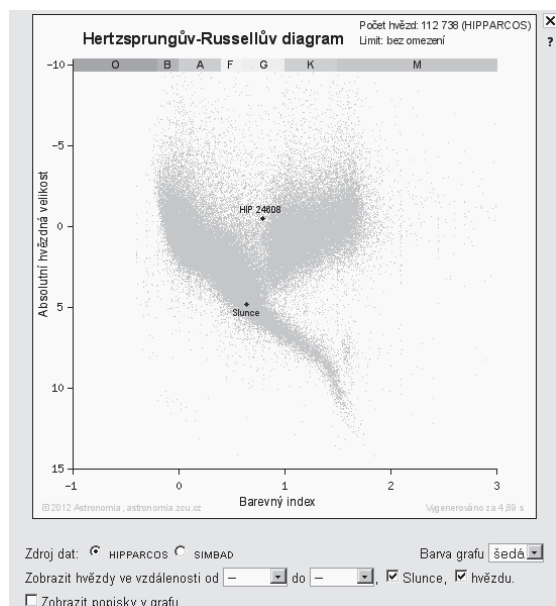
Ve svém příspěvku představím zajímavé možnosti využití katalogů astronomických objektů, které jsou dostupné na stránkách Astronomia (astronomia.zcu.cz). Budeme se zabývat tvorbou Hertzsprungových-Russellových diagramů a prací s nimi. Podíváme se i na seznam očíslovaných planetek, na kterém lze demonstrovat aktuální polohy těles ve sluneční soustavě, sestavit graf s Kirkwoodovými mezerami nebo interaktivně ověřit jednotlivé Keplerovy zákony. Pro zobrazení průběhu Slunce pod obzorem během noci bude představena aplikace, na které je možné vysvětlit význam jednotlivých soumraků, východ a západ Slunce. Pro konkrétní okamžik lze najít seznam nejjasnějších hvězd, viditelnost souhvězdí nad obzorem či informace o viditelnosti Messierových a NGC objektů.

Astronomia

Webové stránky Astronomia jsou multimediální učební text, který je v provozu již od roku 2000 za postupného přispění několika grantů v rámci Fondu rozvoje vysokých škol. Astronomia nejdříve vznikla v podobě statických stránek věnujících se sluneční soustavě. O dva roky později k nim přibýly galaxie včetně mlhovin a hvězdokup. V roce 2005 jsme vytvořili první verzi redakčního systému použitou na třetí projekt – hvězdy. V roce 2009 jsme redakční systém vylepšili do podoby odpovídající současným trendům a přibyl zatím poslední projekt – astronomická fotografie. Od roku 2005 jsou nedílnou součástí (a dalo by se říci, že neviditelným pátým projektem) katalogy astronomických objektů. V katalozích je ukryto téměř 600 tisíc objektů v celkovém objemu 172 MB dat. Samotné katalogy jde rozdělit do tří kategorií – tzv. deep-sky objekty (mlhoviny, hvězdokupy, galaxie) se nacházejí hned ve třech katalozích – NGC katalog, Messierův katalog a IC katalog. Druhou oblastí jsou hvězdy, zde máme seznam souhvězdí (známe jich 88), katalog Gliese (obsahuje 3 803 nejbližších hvězd), katalog Hipparcos (118 218 hvězd) a část francouzské astronomické databáze SIMBAD (118 171 hvězd). Do poslední kategorie katalogů – planety jsou zahrnuty planetky (v době psaní článku obsahuje katalog přes 337 tisíc planetek) a katalog exoplanet, tedy planet nacházejících se u jiných hvězd. Aby nedocházelo k zastarávání údajů, jsou některé katalogy pravidelně (denně, týdně či měsíčně) aktualizovány z důvěryhodných zdrojů se souhlasem jejich autorů, např. exoplanety z exoplanet.eu, databáze SIMBAD přímo z francouzského zdroje a planetky z Minor Planet Center.

Jistě by byla škoda, aby tato data ležela na stránkách nebo v databázích jen tak bez užítu a povšimnutí. Pojdme se v rychlosti podívat, jaké možnosti nám současná výpočetní technika z pohledu uživatele nabízí. Detailní popis, který ale naleznete u každé představené aplikace, by byl nad rámec tohoto článku.

HR diagram přímo generovaný z katalogu hvězd



Hertzsprungův-Russellův (HR) diagram je generován z katalogů hvězd HIPPARCOS nebo SIMBAD. Pro lepší orientaci v diagramu je určeno zobrazení popisků jednotlivých oblastí (hlavní posloupnost, bílí trpaslíci a další). Počet hvězd použitých pro vytvoření diagramu lze omezit jejich vzdáleností. Je zajímavé porovnat diagramy blízkých a vzdálených hvězd. Vyzkoušejte si pro blízké hvězdy zadat omezení do 100 pc (326 světelných let) a u vzdálených hvězd interval od 100 pc do 400 pc. Proč se diagramy liší? Vysvětlení nalezneme ve výběrovém efektu, u diagramu vzdálených hvězd totiž chybí oblast slabých hvězd. Ve větších vzdálenostech nejsme schopni de-

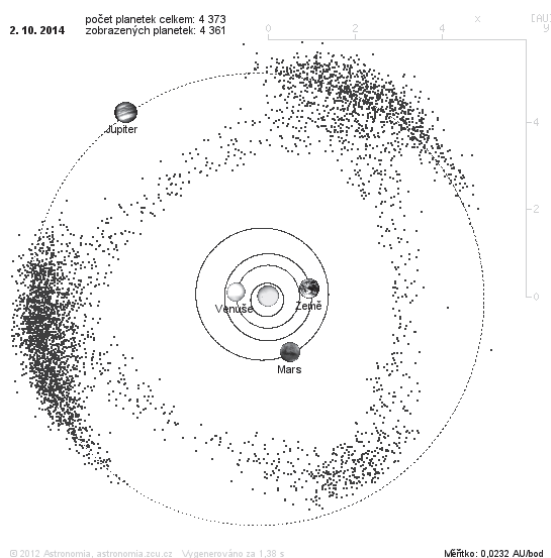
tekovat slabé hvězdy, naopak objevíme větší množství hvězdných obrů a velmi jasných hvězd. U hvězdné velikosti platí, že čím jasnější objekt, tím menší hodnota, všimněte si opačného měřítka u svislé osy. Absolutní hvězdná velikost je veličina určující hvězdnou velikost (jasnost hvězdy na obloze) vztaženou na standardní pozorovací podmínky (hvězda ve vzdálenosti 10 pc). Barevný index je rozdíl hvězdných velikostí ve vybraných spektrálních intervalech.

Analýza parametrů planetek

Seznam očíslovaných planetek umožňuje interaktivní analýzu několika parametrů. Vybraným posuvníkem omezíme množinu planetek. Při zvolení typu planetky ze seznamu se posuvníky u jednotlivých parametrů nastaví podle vybraného typu. Tím jsme schopni zjistit spoustu informací o dané skupině planetek: označení a rok objevu první planetky této skupiny, interval velké poloosy, výstřednost dráhy nebo sklon drah k ekliptice. Pomocí absolutní hvězdné velikosti odhadneme rozměry planetek. Získaný seznam planetek můžeme uložit do textového souboru a dále zpracovávat.

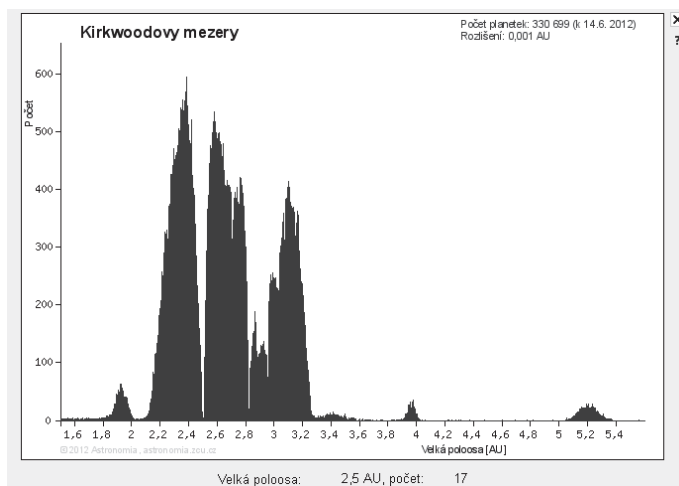
Více na <http://astronomia.zcu.cz/planety/planetky/2381-analyza-planetek>

Aktuální polohy planetek ve sluneční soustavě



trojúhelníku leží na trajektorii Jupiteru v libračních centrech L_3 , L_4 a L_5 . V libračních centrech L_4 a L_5 se nacházejí Trojané.

Kirkwoodovy mezery



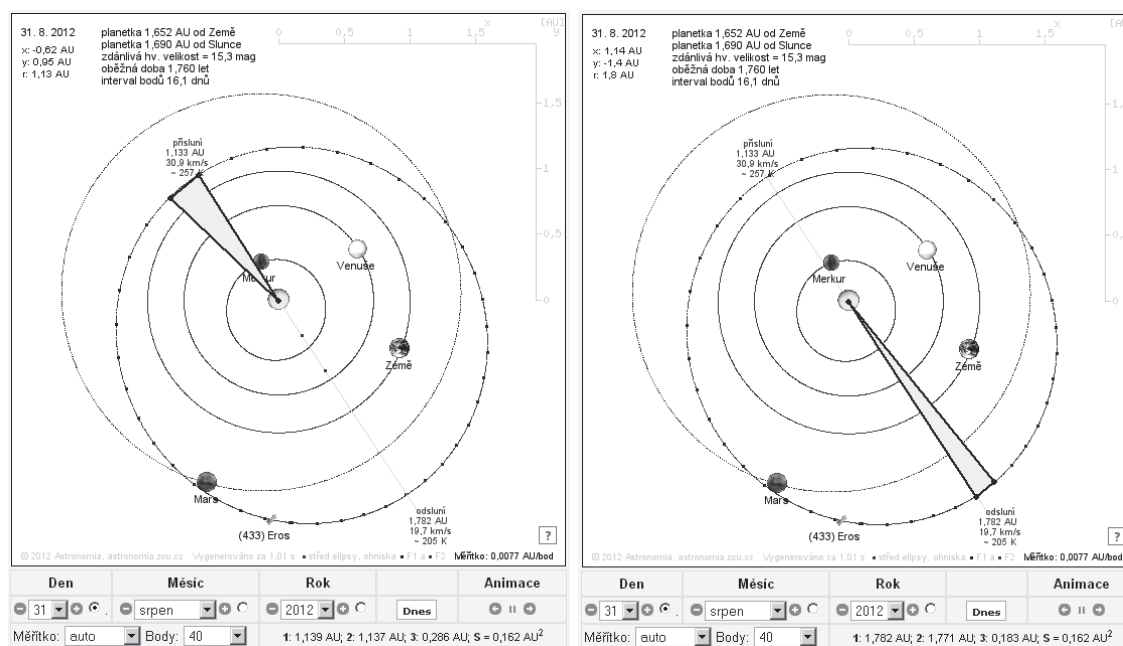
společnosti pro pokrok vědy); na konci tohoto roku bylo známo 91 planetek. Nerovnoměrnosti v rozdělení oběžných drah planetek zaregistroval i brněnský rodák Karel Hornstein. Sami si můžete pomoci této aplikace vyzkoušet, jak vypadalo rozdělení planetek v době, kdy Daniel Kirkwood objevil vliv Jupiteru na rozložení planetek ve sluneční soustavě. Stačí omezit rok objevu na 1801 až 1857 (potažmo 1866). Pro zobrazení Kirkwoodových mezer je vhodné nastavit interval velké poloosy na hodnoty 2,0 až 3,5 AU. Tím se zobrazí rozložení četnosti planetek hlavního pásu. Pokud zobrazíme interval od 1,4 do 5,4 AU, lze si všimnout několika zajímavých lokálních maxim: okolo 1,93 AU se nachází skupina Hungaria, okolo 3,9 AU vytváří zajímavý obrazec v prostoru skupina Hilda (viz graf Aktuální polohy), která souvisí s rezonancí 2:3 s Jupiterem. A konečně okolo 5,2 AU najdeme samotnou planetu Jupiter a v libračních centrech L_4 a L_5 se nacházejí Trojané.

U analýzy parametrů planetek (viz výše) lze u některých speciálních případů zvolit kromě textového i grafický výstup (ve formátu PNG). Na obrázku vlevo je ukázka aktuální polohy vybraných skupin planetek v rovině ekliptiky. Zajímavé zobrazení představují planetky skupin Trojané a Hilda. Jedná se o planetky, jejichž trajektorie je ovlivněna gravitačními účinky planety Jupiter. Jsou to dva případy, kdy dráhová rezonance vede k vytvoření stabilní skupiny planetek. Dlouhodobé rozdělení planetek skupiny Hilda v prostoru tvoří přibližně tvar rovnostranného trojúhelníku. Vrcholy

Speciálním grafickým (ale i textovým) výstupem analýzy parametrů planetek jsou Kirkwoodovy mezery, což jsou mezery nebo poklesy v rozdělení (četnosti) hlavního pásu planetek na velké poloosy (nebo oběžné době). Poprvé si tohoto uspořádání planetek všiml americký astronom Daniel Kirkwood již v roce 1857, kdy bylo známo okolo 50 planetek. První oficiální zveřejnění objevu bylo až v roce 1866 (na setkání Americké

Poloha planetky a ověření Keplerových zákonů

Na obrázcích níže je v základním nastavení znázorněna aktuální poloha vybrané planetky ve sluneční soustavě v rovině ekliptiky. V této ukázce se jedná o blízkozemní planetku (433) Eros, lze ale vybrat libovolnou očíslovanou planetku. Měřítko je zvoleno automaticky podle vzdálenosti planetky v odsluní tak, aby se celá trajektorie planetky vykreslila a optimálně vyplnila plochu obrázku. Je vykreslena i poloha (včetně trajektorií) planet sluneční soustavy. Polohu těles ve sluneční soustavě lze vykreslit i pro jiné datum. U přísluní a odsluní se zobrazuje vzdálenost planetky od Slunce, její rychlost, odhad efektivní teploty rovnovážného záření planetky a zdánlivé hvězdné velikosti.



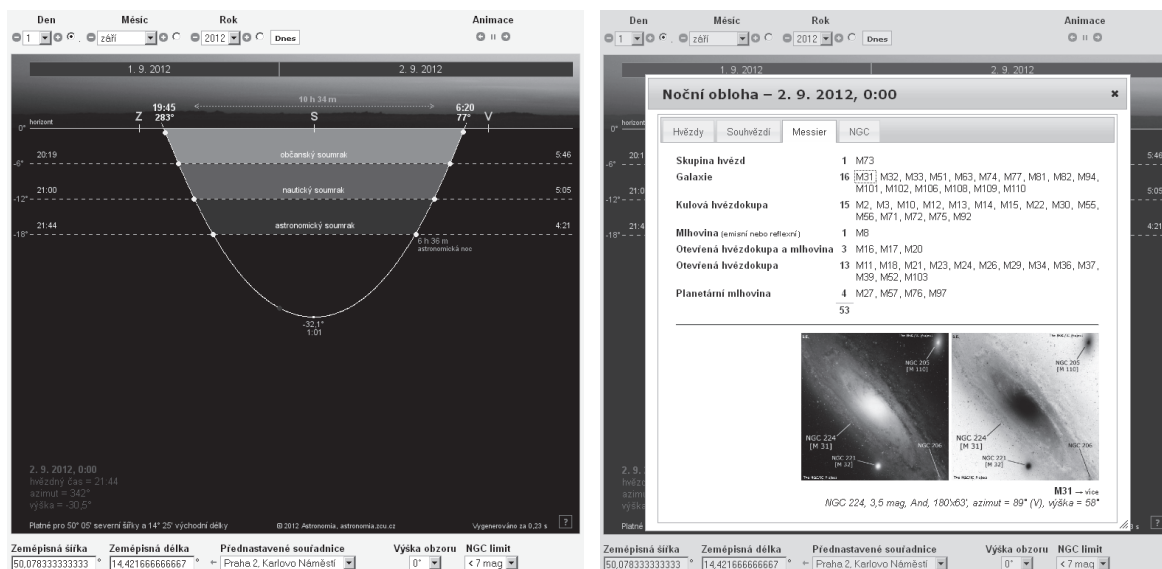
Aplikace nám umožňuje demonstrovat a ověřovat platnost Keplerových zákonů.

Pro první Keplerův zákon jsou důležité trajektorie planetky, poloha Slunce ve společném ohnisku, případně vyznačení středu elipsy. Vyznačena je poloha přísluní a odsluní. Druhý Keplerův zákon se někdy označuje jako zákon ploch. Průvodič za stejnou dobu opíše plochu se stejným obsahem. Trajektorie je rozdělena na zvolený počet stejně dlouhých časových úseků. Kliknutím se vybere příslušný bod. Zobrazí se úsečka spojující ohnisko a vybraný bod společně s informací o délce úsečky v prostoru v AU. Výběrem dalšího bodu se dokreslí trojúhelník a vypočítá jeho plocha. Na obrázku vlevo je znázorněna situace v přísluní, vpravo v odsluní. Porovnáním zjistíme, že vypočítaná plocha je stejná. Výpočet plochy nezohledňuje zakřivení trajektorie planetky, pokud je časový interval příliš velký, může dojít k nepřesnostem. Pro třetí Keplerův zákon zjistíme hodnotu velké poloosy jako polovinu součtu vzdáleností planetky v přísluní a odsluní. Pak můžeme vypočítat oběžnou dobu planetky a porovnat ji s údaji, které jsou uvedeny v levém rohu na obrázku.

Více na <http://astronomia.zcu.cz/planety/planetka-433>

Noční obloha

Na levém obrázku je bílou nepřerušovanou čarou zobrazen průběh Slunce na zvoleném místě od západu Slunce v daný den po východ Slunce následujícího dne. Vypočítány jsou další časové údaje – západ, východ Slunce, okamžiky jednotlivých soumraků. Pro konkrétní okamžik lze najít seznam nejjasnějších hvězd, viditelnost souhvězdí nad obzorem či informace o viditelnosti Messierových a NGC objektů.



Na obrázku vpravo je seznam Messierových objektů viditelných nad obzorem. Jsou rozděleny do skupin podle typu objektu. Kliknutím na název dojde k načtení obrázku daného objektu s doplňujícími informacemi (aktuální výška nad obzorem a azimut). Věděli jste například, že souhvězdí Velké Medvědice nepatří v našich zeměpisných šířkách mezi cirkumpolární souhvězdí? Nezapadá totiž jen 88 % tohoto souhvězdí.

Více na <http://astronomia.zcu.cz/hvezdy/hipparcos/2382-nocni-obloha>

Ukázka praktické úlohy

Planetka (15925) Rokycany je pojmenována podle města Rokycany, kde se nachází Hvězdárna v Rokycanech. Na hvězdárně je od roku 2008 dalekohled s objektivem o průměru 508 mm. Pokud by se planetka nacházela v opozici, je v dosahu rokycanského dalekohledu? Limitní hvězdnou velikost dalekohledu lze vypočítat – 15,8 mag. Zdánlivou hvězdnou velikost planetky v opozici zjistíme velmi snadno na adrese <http://astronomia.zcu.cz/planety/planetka-15925> (planetka se nachází poblíž opozice např. 12. července 2012). Odpověď na otázku nechám na každém z vás.

Jakékoli zkušenosti s výše uvedenými aplikacemi, připomínky, nápady nebo podněty sdělte autorovi článku. Budu vám za ně vděčný.

Literatura

- [1] Multimediální učební text Astronomia. [online]. c2012, [citováno 2. 9. 2012]. Dostupné z: <http://astronomia.zcu.cz>

Několik hraničních experimentů

ZDENKA KIELBUSOVÁ

oddělení fyziky, katedra matematiky, fyziky a technické výchovy, Pedagogická fakulta, ZČU v Plzni

Příspěvek seznamuje s několika experimenty na pomezí fyziky, chemie a biologie, které jsou vhodné k rozvíjení mezipředmětových vazeb.

Síla krystalické vazby¹

Pomůcky:

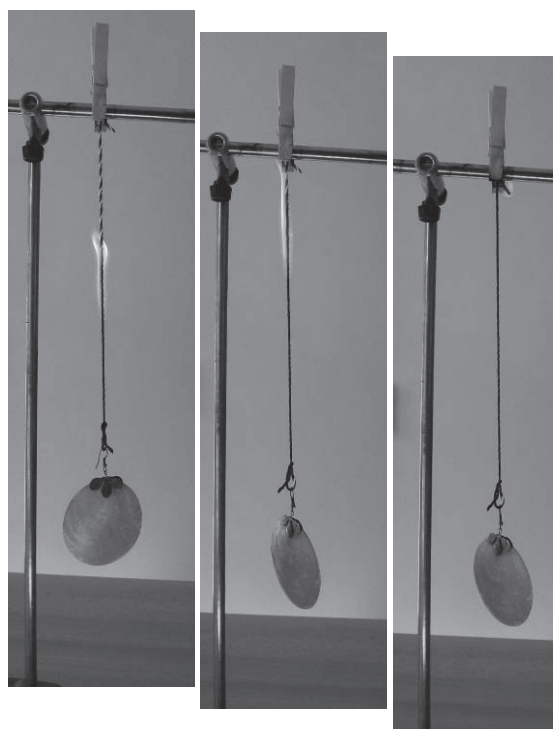
kádinka (250 ml), kuchyňská sůl (NaCl), vařič, různé bavlněné nitě, kolíčky na prádlo, drobné lehké předměty (náušnice, kancelářské sponky), nůžky, vhodný stojan, lžička, sirky

Postup:

Zapneme vařič a umístíme na něj kádinku, která je do dvou třetin naplněná vodou a pomalu přisypáváme sůl tak dlouho, až vznikne nasycený roztok. Nastříháme 35-40 cm dlouhé bavlněné nitě, na jednom konci každé nitě uděláme očko a ponoříme je do nasyceného roztoku soli. Necháme vařit přibližně 5 minut. Po uplynutí časového intervalu pomalu nitě vyndáme, zavěsíme na stojan a přichytíme kolíčkem na prádlo. Dbáme, aby očka zůstala viset dolů. Necháme jednotlivé nitě uschnout. Poté, až nitě uschnou, zavěsíme do jednotlivých oček drobné lehké předměty (mně se osvědčily velké perleťové náušnice). Sirkou zapálíme bavlněnou nit. Sledujeme, jak bavlněná nit shořela, ovšem náušnice je stále zavěšena.

Vysvětlení:

Kamenná sůl (halit) neboli chlorid sodný krystalizuje v krychlové soustavě. Sůl obsažená v roztoku, v němž jsme vařili provázky, vykrystalizovala mezi a podél jednotlivých bavlněných vláken nitě. Krystalická struktura chloridu sodného má takovou pevnost, že i po vyhoření bavlněné nitě nejen, že zachová svůj tvar, ale dokonce i unese nějaký drobný lehký předmět. O „krystalické nitě“ (struktury krystalů podél vlákna) však stačí lehce zavadit a okamžitě se rozpadne na malé kousky.



Obr. 1. Průběh experimentu
náušnice na niti.

Tipy:

Je velmi důležité, aby byla bavlněná nit dobře proschlá. Vyzkoušejte různé průměry bavlněných nití, obecně platí, že čím větší průměr nit má, tím větší zátěž unese. Experiment můžete vylepšit i tím, že vedle sebe pověsíte nit uvařenou v roztoku soli a obyčejnou, které jsou na první pohled k nerozeznání, a necháte studenty hádat, proč jedna bavlněná nit okamžitě přehoří, jakmile začne hořet, zatímco ta druhá nikoliv.

Několik experimentů s povrchovým napětím

Olej na dně

Pomůcky:

odměrný válec, nit, rostlinný olej, červený inkoust, kousek nitě, voda, vhodná skleněná nádoba s úzkým hrdlem (spodní díl pyknometru), jar, malá uzavíratelná nádoba

Postup:

Nejdříve si obarvíme rostlinný olej, aby byl experiment dobře vidět. Do malé uzavíratelné nádoby nalijeme rostlinný olej a přidáme k němu několik kapek červeného inkoustu, nádobku uzavřeme a protřepeme její obsah. Připravený skleněný odměrný válec naplníme do tří čtvrtin vodou. Na vhodnou skleněnou nádobu s úzkým hrdlem (mně se výborně osvědčil spodní díl pyknometru o objemu 25 cm³)

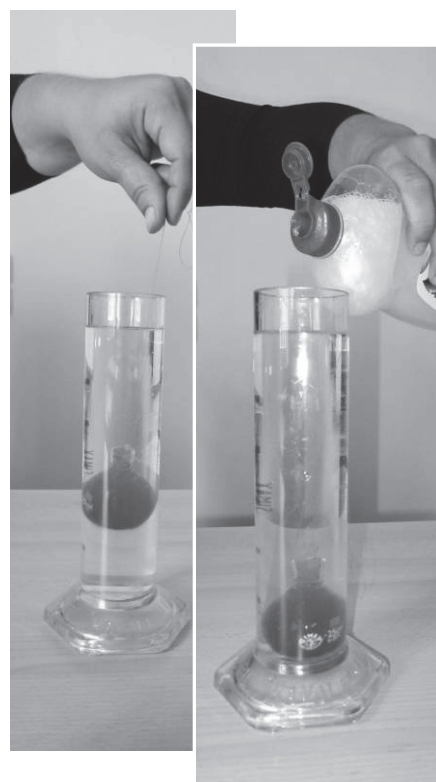


Obr. 3. Olej stoupá vzhůru.

přivážeme nit, dlouhou přibližně 30 cm. Obarvený rostlinný olej nalijeme do nádoby s úzkým hrdlem a otřeme případné kapky. Vezmeme nit do ruky a pomalu za ni spustíme nádobu s rostlinným olejem až na dno odměrného válce. Pozorujeme, že i přestože má olej menší hustotu než voda, zůstává uvnitř nádoby. Pak vlijeme pár kapek libovolného saponátu do odměrného válce. Změna je téměř hned patrná. Sledujeme, jak olej pomaličku stoupá vodním sloupcem v odměrném válci vzhůru.

Vysvětlení:

Olej uvnitř nádoby drží díky povrchovému napětí vody, které působí na hladinu oleje. Saponáty neboli tenzidy jsou organické látky, které jsou schopné se hromadit již při nízké koncentraci na fázovém rozhraní a tím snižovat mezifázovou energii soustavy. Což znamená, že snižují povrchové napětí rozpouštědel (v našem případě vody) a usnadňuje smáčení povrchů



Obr. 2. Příprava experimentu.

různých materiálů. Obarvený olej, který byl dosud povrchovým napětím držen v nádobě, začne díky nižší hustotě pomalu stoupat k hladině.

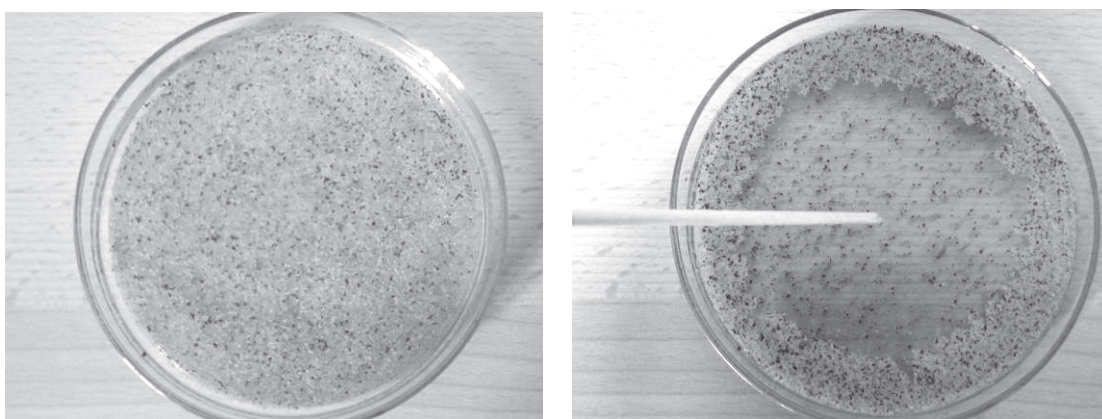
Pepř na hladině

Pomůcky:

větší Petriho miska, špejle, jar (libovolný saponát), mletý pepř, voda

Postup:

Do větší Petriho misky nalijeme vodu. Hladinu vody v Petriho misce jemně posypeme mletým pepřem. Suchou špejlí ťukneme doprostřed hladiny a pozorujeme, co se stane. Poté špejli namočíme do jaru a lehce s ní opět ťukneme doprostřed hladiny. Mletý pepř se rozjede k okrajům Petriho misky.



Obr. 4. Průběh experimentu pepř na hladině.

Vysvětlení:

Jakmile ťukneme špejlí namočenou v jaru do středu hladiny, dojde ke snížení povrchového napětí v místě dotyku, ale nedojde ke snížení v celé ploše hladiny vody. Ve větší vzdálenosti od jaru má voda stále vysoké povrchové napětí a to „táhne“ pepř od zdroje jaru.

Tipy:

K provedení experimentu nemusíte použít špejli, ale vystačíte si i s prstem.

Síra na hladině²

Pomůcky:

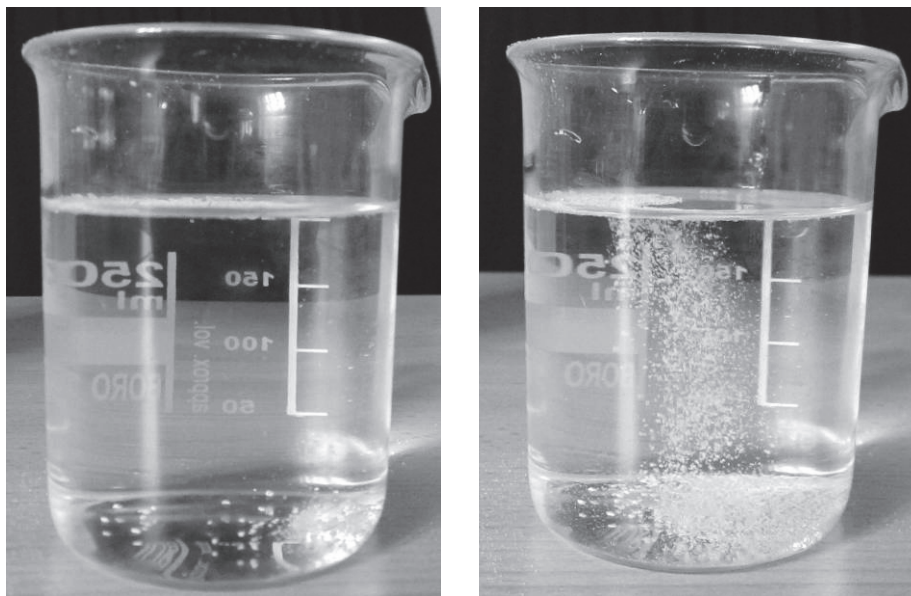
vyšší skleněná kádinka, jemně mletá síra, jar (libovolný saponát), voda, špejle

Postup:

Do vyšší skleněné kádinky nalijeme vodu. Hladinu vody v kádince poprášíme mletou sírou. Špejli namočíme do jaru a lehce s ní ťukneme do hladiny u okraje kádinky. Od místa, kde se špejle dotkla hladiny, začne mletá síra padat na dno skleněné kádinky.

Vysvětlení:

Síra má větší hustotu než voda. Jemně mletá síra plave na vodě, nejen díky vysokému povrchovému napětí vody, ale i nesmáčivosti jemně mleté síry vůči vodě. Pokud však snížíme povrchové napětí vody jarem, začne se voda chovat vůči síře smáčivě a síra díky své hustotě klesá ke dnu.



Obr. 5. Průběh experimentu síra na hladině.

Coca-cola: ochrana proti korozi?³

Pomůcky:

Coca-cola, dvě stejné kádinky, dva rezavé hřebíky, voda

Postup:

První kádinku naplníme do tří čtvrtin Coca-colou a druhou naplníme do stejné výše vodou. Do obou kádinek umístíme po jednom rezavém hřebíku. Necháme stát 24 hodin. Po 24 hodinách vidíme, že hřebík, který byl umístěn ve vodě, zrezaví mnohem více než předchozí den, naopak na hřebíku, který byl v Coca-cole není po korozi ani stopa.



Obr. 6. Průběh experimentu Coca-cola: ochrana proti korozi.



Obr. 7. Detaily hřebíků (levý Coca-cola, pravý voda).

Vysvětlení:

Jedna ze složek Coca-coly je i kyselina trihydrogenfosforečná (H_3PO_4), která reagovala se rzi (oxidem železitým – Fe_2O_3) a na povrchu hřebíku vznikl vivianit $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_3 \cdot 8 (\text{H}_2\text{O})$. Coca-colu bychom mohli prohlásit za jeden z nejlevnějších prostředků proti korozi. Dříve se coca-cola používala k leštění chromovaných nárazníků u aut.

Literatura

- [1] http://files.projekt5p.cz/2000000605-7629a77236/Zajimave_experimenty_18.5.2011.pdf
- [2] <http://dwb.unl.edu/chemistry/dochem/DoChem068.html>
- [3] RENTZSCH, Werner. *Experimente mit Spass. 1, Wärme*. 2. unveränderte Aufl. Köln: Aulis Verlag Deubner, 2007. 120 s. ISBN 978-3-7614-2069-0.

Experimenty s tepelnými stroji

PAVEL KONEČNÝ

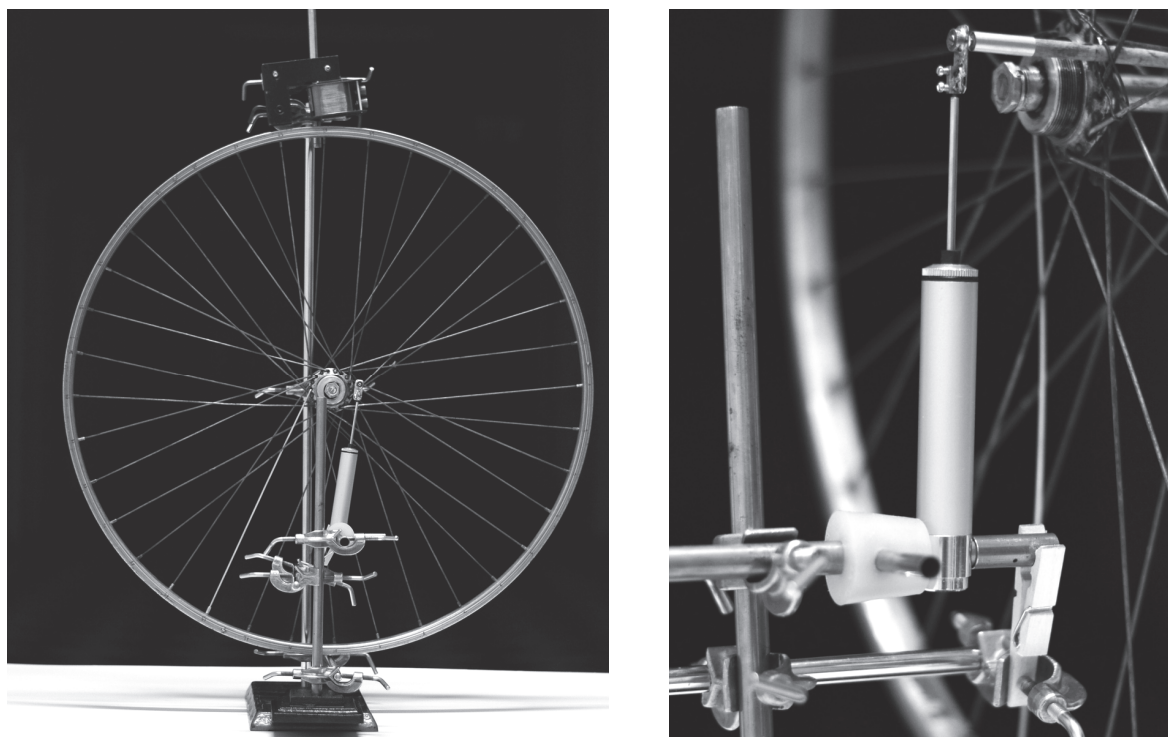
MU, Přf, Ústav fyzikální elektroniky

Jednoduchý parní stroj

Jednoduchý parní stroj pro demonstrační účely je v nabídce většiny firem zabývajících se výrobou didaktických pomůcek. Cena k datu 2012 odpovídá zhruba dvojnásobku ceny běžného notebooku. Je jasné, že při omezených finančních zdrojích je třeba velmi zvažovat priority. Z takových úvah nevyjde demonstrační parní stroj jako favorit. Je jasné, že například školní měřicí ústředna přinese mnohem větší prospěch. Parní stroj by neobstál v soutěži ani s těmi zmíněnými notebooky. Na druhou stranu, nebylo by to zařízení neužitečné, představovalo by to protiváhu k virtuálnímu počítačovému světu, zejména pokud by si na to studenti mohli sáhnout, například si to rozebrat.

Koncepce zařízení

Zde popsáný demonstrační parní stroj pracuje na vodní páru, k jeho stavbě není potřeba soustružit, pájet ani řezat závity. Zařízení je koncipované jako snadno rozebíratelná stavebnice a je založená na chemickém stavebnicovém systému, viz obr. 1.



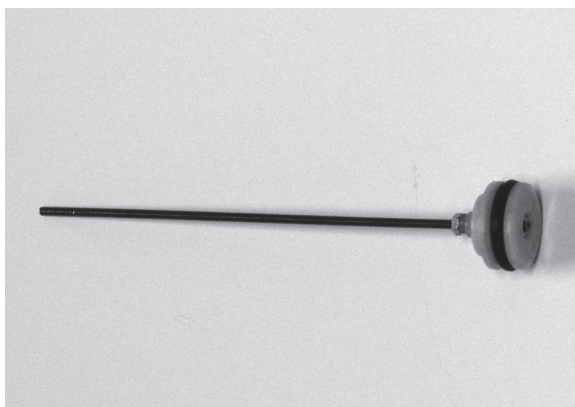
Obr. 1

Jedná se o tzv. kývavý parní stroj, tedy nejjednodušší možné uspořádání bez ojnice a křížáku. Píst přenáší sílu na kliku přímo prostřednictvím tyče pohybující se v ose

válce. Aby to takto mohlo fungovat, musí být válec upevněn kyvně. Kývavého pohybu lze použít pro časování rozvodu páry. Pro velký parní stroj by toto řešení prakticky nemohlo fungovat pro velké setrvačné hmoty relativně těžkého válce, u malého demonstračního zařízení toto nepředstavuje problém. V popsané konstrukci jsou použita dvě rotační šoupátka na společné ose, první řídí přívod páry a je současně ložiskem kývavého pohybu a upínacím prvkem do svorky chemického stojanu, druhé řídí výstup páry. Toto uspořádání neklade takové nároky na přesnost výroby, umožňuje nezávislé nastavení vstupu i výstupu páry a reverzaci chodu stroje. Válec s pístem a šoupátkem lze rozebrat a zase složit zhruba za minutu. Pro rychlé seřízení je vhodné správné pozice označit ryskou.

Válec s pístem

Válec s pístem je zhotoven z celokovové odsávačky cínu vyšší cenové třídy, kolem 110 Kč. (Na tomto místě nelze uvádět konkrétní značku ani prodejce.) Zdvihem pístu něco přes 60 mm a průměrem válce 18 mm odpovídá požadavkům na malý demonstrační stroj. Sestává ze dvou do sebe zalisovaných plastových disků, které mezi sebou vytvoří drážku na O kroužek. Materiál je podobný silonu a vydrží teplotu 100 °C, ale nevydrží to onen slisovaný spoj. Proto je nutno původní hřídelku nahradit závitovou tyčí o průměru 2 mm a oba díly pístu k sobě stáhnout matickami, viz obr. 2.



Obr. 2

Pro hladký chod přetáhneme přes závitovou tyč hliníkovou nebo mosaznou trubičku o vnějším průměru 3 mm, která se dá koupit v modelářských potřebách. Původní O kroužek jde ve válci velmi ztuhá. Uvolnit ho lze při zachování přiměřené těsnosti šikmým rozříznutím (podle roviny mírně odkloněné od roviny O kroužku).

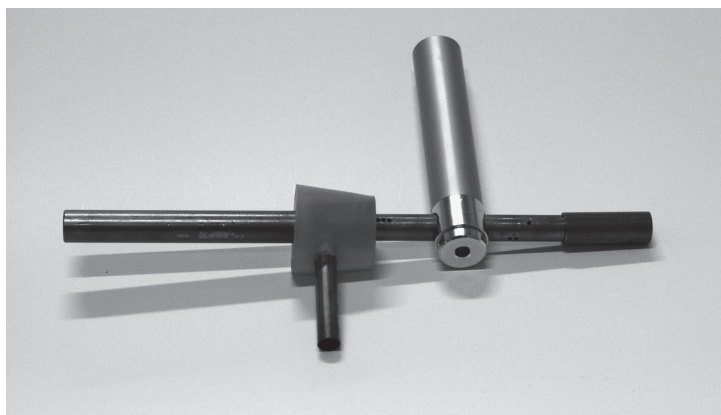
Rozvod páry

Výrobně nejnáročnější prvek je rotační šoupátko. Je tvořeno mosaznou trubičkou 10/1 mm ČSN 428710, délky asi 85 mm, která je nalisována do upraveného otvoru po spoušti odsávačky, viz obr. 3.



Obr. 3

Úprava otvoru spočívá v jeho úplném provrtání. Osou válce odsávačky provrtáme do nalisované trubky díru, čímž spojíme vnitřek mosazné trubky s vnitřkem válce. Konce trubky uzavřeme buďto gumovými špunty, nebo zaletujeme víčky z konzervového plechu. Na tuto trubku je z obou stran nasazena ocelová trubka přesná 12/1 mm 11353.10 bezešvá. Na jedné straně s délkou asi 115 mm, na druhé straně cca 33 mm, viz obr.4.

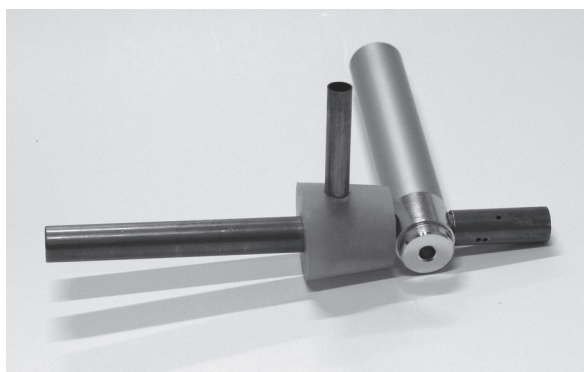


Obr. 4

Jak mosazná, tak železná trubka je běžně v železářství k dostání. Jenom je třeba vybírat je současně, aby do sebe lehce otočně, ale těsně pasovaly (pozor na otřepy směřující dovnitř železné trubky). Pokud trubky váznou, trochu je uvolníme nějakým jemným brusivem nebo leštídem, např. zubní pastou. Abychom udrželi kolmost řezu, řezeme podle lakýrnické lepicí pásky navinuté na trubku. Nejlépe je řezat lupenkovou pilkou na železo. Je-li kvalitní, jde to skoro rychleji a rozhodně přesněji, než pilkou na železo. Pozor, pilka, která už řezala železo, neřeže mosaz! Na mosaz vždy čerstvou pilku.

Pro snadnou konstrukci šoupátka by měl být úhel ϑ kývání válce co největší. Pro zvolenou konstrukci vychází úhel kývání ϑ poměrně malý, $\operatorname{tg} \frac{\vartheta}{2} = \frac{1}{4}$.

Rotační šoupátko o pracovním průměru 10 mm (vnější průměr mosazné trubky) tedy musí mít otvory o průměru 1,2 až 1,3 mm. Pro přívod páry jeden tak malý otvor nestačí a je třeba jich vyvrtat víc. Je vyzkoušeno, že stačí tři v řadě (těsně vedle sebe podél osy trubky (viz obr 3), to umožní připojení přívodní trubky páry pomocí zátky ze silikonové gumy), viz obr. 5.



Obr. 5

Otvory je nutno tak zvaně svrtat, to znamená vrtat přes obě vzájemně zafixované trubky. Není jedno, v jaké pozici otvory jsou, přívod páry by měl být umístěn tak, aby nic nepřekáželo přívodní hadici. Výpustní otvor by měl směřovat dolů, aby jím mohla odtékat zkondenzovaná voda, viz obr.3, pravá část trubky.

Setrvačnick a klika

Jako setrvačnick je použito bicyklové kolo, nejlépe zadní kolo ze starého favoritu. Má kónusová kuličková ložiska. Jsou-li vyčištěna, naolejována a uvolněna, běží velmi lehce a nelze je jen tak snadno poškodit. Kolo lze uchytit svorkou do chemického stojanu za hřídél, kterou přešroubujeme, aby z jedné strany nevyčnívala (nebo co nejméně). Kliku vyrobíme tak, že do špic kola přidráťujeme tyčku z tvrdého dřeva o průměru 6 nebo 8 mm (je k dostání v domácích potřebách), klika by měla opisovat kružnici o poloměru 30 mm s tolerancí ± 3 mm, tedy zdvih kliky je cca 60 mm. Do osy kliky po předvrtání zarazíme tenký ocelový hřebík (nikoliv železný obyčejný), Před tím nasadíme na hřebík ložisko kliky, tvořené mosazným plechem s dírkou podle hřebíku. Na vymezení axiální pozice dáme na obě strany několik malých podložek. Celá sestava viz obr 1 a obr 6.



Obr. 6

Generátor elektrického proudu

Efektním doplňkem parního stroje je elektrický generátor. K jeho konstrukci lze použít rozkladného transformátoru, nejlépe menšího typu z polské sady, nebo poloviny C jádra transformátoru z cívky, viz obr. 5. Magnety lepíme s roztečí vzdálenosti pólů (C nebo U jádra) do pásu z kobercové lepicí pásky v délce odpovídající obvodu kola (zmenšeného o délku upínacího prvku) tak, aby se jejich póly střídaly. Takto vzniklý pás pevně napneme (místo pneumatiky) na ráfek pomocí gumy. C nebo U jádro s cívkou umístíme nejlépe nad kolo. Je to sice pracnější, ale tato poloha odlehčuje ložisko kola a kolo může běžet lehčeji. Vzdálenost mezi póly jádra a magnety by měla být co nejmenší. Praktický smysl má vůle 5 až 7 mm. Jak se při otáčení kola střídá polarita magnetů, mění se magnetický indukční tok jádrem a v cívkce se indukují elektromotorické napětí.

Parní kotel

Kritickým prvkem každého parního stroje je kotel. Vhodným zdrojem tlakové páry pro demonstrační účely se jeví Papinův hrnec. Vhodné jsou staré typy ze silnostěnného tvrzeného hliníku. Páru vyvedeme trubičkou vloženou do šroubení místo tavné pojistky, viz obr. 7. Gravitační přetlakový ventil umožňuje určit z hmotnosti závaží a průměru kuželky tlak páry. Tento typ tlakového hrnce nemůže prakticky bez výstrahy vybuchnout: kritický přetlak by se projevil napřed deformací rovného dna a i pak by spíše než k prasknutí nádoby došlo k vystřelení víka hrnce. Je však třeba trvat na tom, aby hrnec nebyl v žádném případě provozován na vyšší tlak, než na jaký je určen. Gravitační přetlakový ventil se nesmí v žádném případě dovažovat na vyšší

tlak. Je třeba také kontrolovat obsah hrnce, v hrnci nesmí být nic, co by mohlo ucpat vývod páry jak na výstup, tak hlavně do přetlakového ventilu. Není vhodné pro úsporu místa uskladňovat v prázdném hrnci různé předměty (například plynové zapalovače), snadno se na ně zapomene. Při provozu je třeba neustále kontrolovat funkčnost gravitačního přetlakového ventilu, nejlépe tím, že ho krátce nadzvedneme. Topit lze rozumě jen elektrickým plotýnkovým vařičem, jinak se nedá nastavit vhodný příkon. Na plotýnce bychom si také lépe všimli deformaci dna.



Obr. 7

Sestavení, provoz a údržba

Sestavení celého systému je otázkou standardní chemické stavebnice se svorkami. Je dobré vybrat křížové svorky, které vytváří kolmé spoje.

K přívodu tlakové páry lze použít jen gumovou nebo silikonovou hadici. Většina ostatních běžných elastomerů nesnese teplotu páry.

Po připojení tlakové páry chvíli tvá, než se celá trasa prohřeje. Strojem pomalu protáčíme. Zkondenzovaná voda musí odtéct výstupním otvorem výstupního šoupátka. Proto by mělo být umístěno směrem dolů. Jakmile se válec s pístem prohřeje, je-li správně nastaveno časování, a nikde nic nevázne, stroj se lehce a tiše rozběhne. Časování přívodu páry regulujeme jemným pootáčením trubky s přívodem páry, viz obr. 5 vlevo (nutno jemně povolit křížovou svorku) a časování výfuku trubkou, viz obr. 5 vpravo, fixovanou v sestavě kolíkem na prádlo, viz obr. 1. Kolo dosahuje překvapivě vysokých otáček. Stroj mažeme olejem na šicí kola. Po skončení pokusu rozebereme šoupátko s pístem, necháme vyschnout a namažeme, aby nerezavělo.

Tepelná výměna mezi plamenem a jeho okolím

VÁCLAVA KOPECKÁ

KDF MFF UK a ZŠ a MŠ Praha – Nebušice

Abstrakt

Článek seznamuje čtenáře s Davyho bezpečnostním kahanem a pomocí dvou jednoduchých pokusů vysvětluje jeho funkci.

Úvod

V roce 1815 vyrobil Angličan Humphry Davy tzv. bezpečnostní kahan, viz obr. 1. Jedná se o svítilnu používanou v uhelných dolech, která má plamen ukrytý pod kovovým sítem.

Horníci v dolech původně používali kahany s otevřeným ohněm (plamen nebyl nijak oddělen od okolního vzduchu). Díky této skutečnosti docházelo často k výbuchům metanu nahromaděného v dolech.

Síto Davyho kahanu oddělující plamen od okolního prostoru jako tepelný vodič odvádí teplo plamene, a tím zamezuje, aby se prostor vně síta ohřál na zápalnou teplotu hořlavých látek obsažených ve vzduchu (v našem případě na zápalnou teplotu metanu, tedy na teplotu vyšší než 595 °C [1]).

Později byla ke kahanu přidána stupnice (na obrázku ji vidíme jako plech s otvory), díky které mohli horníci určit i změnu složení vzduchu kolem nich. Pokud se zvětšila koncentrace hořlavých plynů, plamen byl vyšší, při snížení koncentrace kyslíku se výška plamene zmenšila.

K demonstraci jevů, které se v Davyho kahanu využívají, zde uvedeme dva pokusy. V prvním budeme používat plamen svíčky a kovovou sítku, která podobně jako síto v Davyho kahanu bude obklopovat plamen. V druhém budeme kovovými sítkami oddělovat jednu hořlavinu, např. papír, od druhé (butan v kádince).



Obr. 1. Davyho kahan [2].

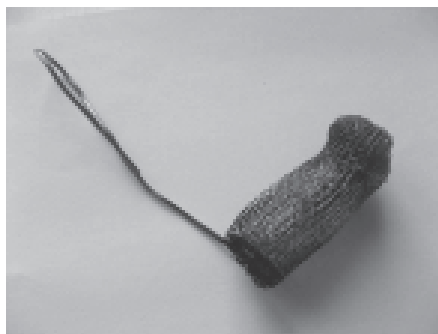
1. Pokus se svíčkou a kovovou síťkou

Pomůcky:

svíčka, hustá kovová síťka (síťka se dá koupit v lepším železářství – řidší je potřeba několikrát přeložit), zápalky, silnější drát, kleště

Příprava:

Před pokusem si musíme vyrobit „klíčku“ na plamen. Čtvercovou síťku o délce strany asi 10 cm ohneme asi 1 cm od kraje po celé délce strany. Do vzniklého záhybu vložíme drát asi o 15 cm delší než je šířka čtverce. Z takto upravené síťky uděláme váleček o průměru cca 1 cm (klíčka s dvojitými stěnami lépe drží tvar a odvádí více tepla). Drát je součástí spodní podstavy válečku, jeho přečnívající část ohneme a vytvoříme si držadlo. Na druhé straně síťku zmáčkne a přehneme, aby vznikla klíčka (viz obr. 2). Připravenou klíčku vyzkoušíme nasazením na plamen (viz obr. 3). Stejným způsobem si můžeme vyrobit ještě jednu nižší klíčku – její výška by měla být menší než je výška plamene v první klíčce, abychom mohli demonstrovat, že plamen klíčkou neprojde.



Obr. 2. Klíčka na plamen.



Obr. 3. Klíčka na plameni.

Postup:

1. Zapálíme svíčku a chvíli počkáme, aby se rozhořela; při tom pozorujeme plamen svíčky.
2. Vyšší z obou klíček uchopíme do kleští a nasadíme na plamen svíčky (viz obr. 3); žáci vidí uvězněný plamen, který nedosahuje až k vrcholu klíčky.
3. Klíčku sundáme a na plamen nasadíme menší klíčku. Žáci pozorují plamen uvězněný v klíčce, ale přestože by mohl být vyšší (jak ukazujeme v 2. kroku), zůstává pouze v klíčce a nikoliv nad ní.

Vysvětlení:

Kov klíčky je dobrý tepelný vodič. Pokud se dostane kovová klíčka do blízkosti plamene, odebírá plamen teplo. My pozorujeme změnu tvaru plamene (např.: zmenšení průměru plamene nebo zmenšení výšky plamene). Při tomto procesu dochází zároveň k ohřívání síťky, pokud se síťka zahřeje dostatečně (např.: síťka se rozžhaví dorada) přestane plnit svou bezpečnostní funkci a plamen může vyskočit z klíčky.

2. Pokus s kovovou sít'kou a butanem

Pomůcky:

hustá kovová sít'ka, kádinka, butan (Univerzální plyn pro plnění zapalovačů), svíčka, špejle, papírové kapesníky, 2 kovová sít'ka na čaj

Příprava:

Vezmeme čtvercovou sít'ku s délkou strany delší než je průměr používané kádinky. Vytvarujeme z ní misku, kterou vložíme do kádinky a zachytíme o okraj. Mistička musí kopírovat stěny kádinky (viz obr. 4), kromě místa, kde budeme vkládat hořící špejli (nejlépe kolem hubičky kádinky).



Obr. 4. Sít'ka na kádince.

Postup:

1. Do kádinky vstříkneme dostatek plynu a přiklopíme jí připravenou sít'kou.
2. Do sít'ky položíme kousek papírového kapesníku (ujistíme se, že nepřečnívá sít'ku).
3. Hořící špejli opatrně vsuneme mezi kádinku a sít'ku a zapálíme plamen. Pozorujeme, že plyn hoří, ale kapesník ne.

Vysvětlení:

Kovová sít'ka odebírá teplo hořícím plynům. Pokud sít'ka odebere dostatek tepla, aniž by se příliš zahřála, papírový kapesníček se nevznítí. V opačném případě dojde k očazení nebo dokonce ke vznícení papírového kapesníku. Problému lze předejít například přidáním další vrstvy sít'ky.

Poznámky:

1. Pokud kapesník vzplál nebo zčernaly jeho okraje, je potřeba zkontrolovat, zda sít'ka dobře dosedá nebo zkusit přidat další vrstvu sít'ky.
2. Pokus lze provést opačně – do sít'ky lze dát papír a zapálit ho. V tomto případě, nevzplane butan v sít'ce.
3. Pokus lze provádět i s kovovými sít'ky na čaj. Pokus je vhodné provést se dvěma sít'ky, která na sebe přesně dosedají a chrání tak kousek papíru. (Sít'ka lze spojit drátem, aby se proti sobě při pokusu nehýbala.)

Pokus uvedený v druhém bodě poznámek je vhodnější dělat pouze s použitím jednoho sít'ka.

Závěr:

Uvedené informace o Davyho kahanu spolu s pokusy, které demonstrují jeho funkci, lze zařadit do výuky tématu tepelná vodivost látek jako příklad jejího praktického použití.

Literatura:

[1] Fík J.: Spalovací vlastnosti ZP (II) [cit. 2012-09-15]. Dostupné z:

<http://www.tzb-info.cz/1980-spalovaci-vlastnosti-zp-ii>

[2] Replic of a Pieler lamp. In: Commons Wikimedia [online]. Julo. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2009 [cit. 2012-09-15]. Dostupné z: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Benzynowa_lampa_gornicza_Davy%27ego.jpg. Od Julo (Vlastní dílo) [Public domain], prostřednictvím Wikimedia Commons.

[3] Štol I.: Dějiny fyziky, Prometheus, Praha 2009.

[4] http://en.wikipedia.org/wiki/Davy_lamp [cit. 2012-09-15]

[5] <http://england.prm.ox.ac.uk/englishness-Miners-lamp.html> [cit. 2012-09-15]

Pár věcí z tábora, tentokrát na téma Co věděli už staří Řekové...a víme to taky?

VĚRA KOUDELKOVÁ¹, ROMAN CACH², ZDENĚK POLÁK³, JAROSLAV REICHL⁴

KDF MFF UK¹, ZŠ Dolní Dobrouč², Jiráskovo gymnázium Náchod³, SPŠST Panská Praha⁴

Příspěvek popisuje sedm z 18 projektů, které zpracovali účastníci Soustředění mladých fyziků a matematiků v Kořenově v termínu 21. 7. – 4. 8. 2012. Jedná se o tyto projekty: Heronovy vynálezy, Levitující motor, Pythagorejské ladění, Rádio pro trosečníka, Světelná komunikace, Vlna z kyvadel a Vodní integrátor.

Úvodem

Hlavní součástí odborného programu je vlastní práce účastníků na projektech, během kterých studenti (ve dvou- až tříčlenných skupinkách) pod vedením konzultanta zpracovávají vybrané téma. Výsledky své práce „obhajují“ uprostřed tábora před „komisí“ a na konci tábora prezentují na závěrečné konferenci.

Podrobnosti o dalších částech odborného programu i o mimoodborném programu lze najít jednak na webových stránkách tábora [1] jednak v příspěvcích minulých ročníků Veletrhu nápadů (např. [2]).

Projekty

Odborný program byl v letošním roce zastřešen tématem „Co věděli už staří Řekové“. Otázka v podtitulu se pak ptala, zda to víme taky. Účastníci si z nabídky více než čtyřiceti projektů vybrali následujících 18 (tučně vyznačené projekty jsou podrobněji popsány dále):

- Figurální čísla a dobytek
- Fotogrammetrie
- Fyzika psychiky
- **Heronovy vynálezy**
- Cheopsova pyramida
- Kapesní sluneční hodiny
- **Levitující motor**
- Lineární perspektiva
- Matematické vynálezy
- **Pythagorejské ladění**
- Pythagorovy hračky
- Pyromanské hrátky
- **Rádio pro trosečníka**
- **Světelná komunikace**
- **Vlna z kyvadel**
- **Vodní integrátor**
- Vzorník jednotek
- Zlatý řez

Následující popisy vybraných projektů vycházejí z dokumentace zpracované účastníky. Kompletní dokumentace některých projektů je spolu s fotografiemi dostupná na webových stránkách tábora ([1]).

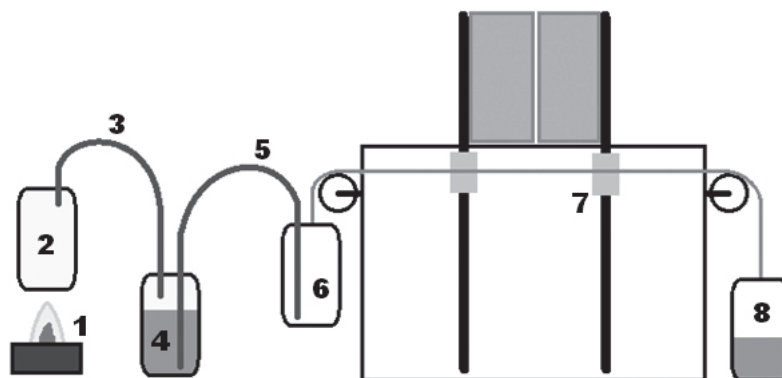
Heronovy vynálezy

Na projektu, který byl inspirován prací helénistického vynálezce Herona Alexandrijského žijícího v prvním století našeho letopočtu, pracovali Kryštof Hes a Adam Tywoniak. Heron je autorem řady vynálezů: automatické divadlo, automatický samostříl, jednoduchá parní turbína a další. Původním cílem autorů projektu bylo postavit více modelů Heronových vynálezů a popsat jejich fyzikální principy. Nakonec se ukázalo, že práce na jednom z nich autory zcela zaměstná, a proto byl cíl přehodnocen: postavit a popsat jeden vybraný vynález slavného vynálezce; a tímto vynálezem bylo automatické otevírání chrámových dveří.

Tento mechanismus fungoval pravděpodobně takto: Před dveřmi chrámu se shromáždil dav věřících. Kněz vykonal zápalnou oběť na oltáři před chrámem a po chvíli se mohutné chrámové dveře otevřely. Věřící byli fascinováni a považovali to za důkaz boží přítomnosti, čehož využívali kněží k výběru více peněz od věřících.

Ve skutečnosti je činnost zařízení založena na teplotní roztažnosti vzduchu – schéma je zobrazeno na obr. 1. Nad kahanem (1) je v uzavřené nádobě (2) ohříván vzduch. S rostoucí teplotou se vzduch rozpíná a je přiváděn hadičkou (3) do nádoby (4). Zde vzniká přetlak, a proto je voda z nádoby vytlačována hadičkou (5) do kelímku (6). Ten je zavěšen na provázku vedeném přes kladky (7) a na opačném konci provázku je zavěšen druhý kelímek (8) se stálým množstvím vody jako protizávaží. Je-li v kelímku (6) dostatek vody, kelímek převáží protizávaží a pohyb provázku se kladkami přeneseme na otáčivý pohyb os dveří.

Pro opětovné zavření dveří stačí odstavit nádobu (2) od tepelného zdroje a vyčkat, až se nádoba ochladí. Vzduch v soustavě se smrští na svůj původní objem a vlivem vzniklého podtlaku je voda z kelímku (6) přečerpána zpět do nádoby (4). Závaží (8) se začne pohybovat dolů a dveře se vlivem pohybu provázku opět zavřou.

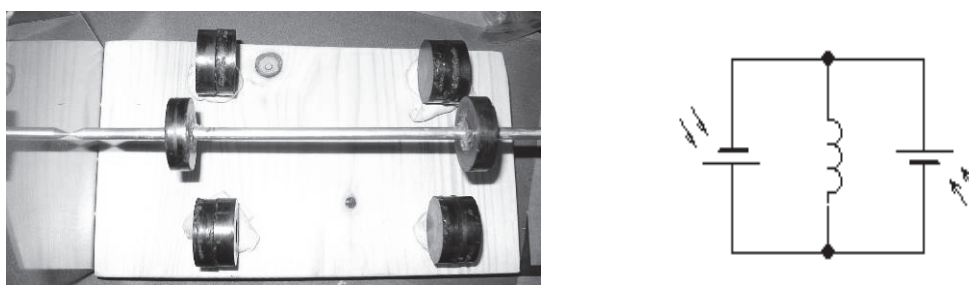


Obr. 1. Schéma činnosti Heronova vynálezu.

Po drobných technických problémech, které se podařilo vyřešit, oba autoři dokončili funkční model.

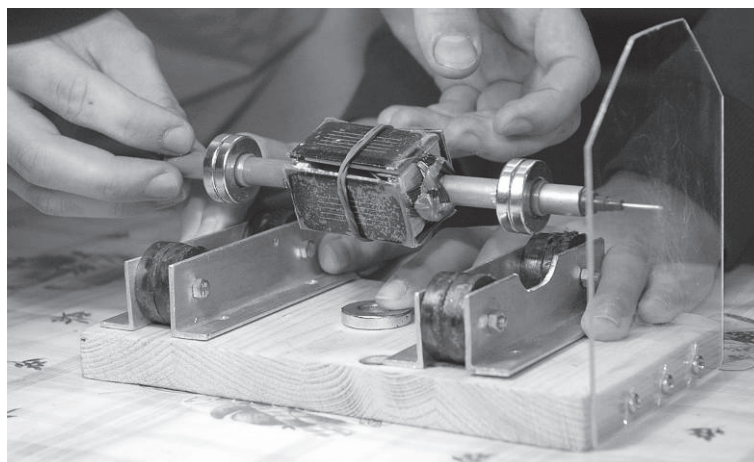
Levitující motor

Cílem projektu bylo sestavit elektromotor poháněný energií ze světla. Konstrukce byla inspirována videem na internetu (viz [3]), ale vlastní návrh vycházel ze zkoumání vlastností magnetů a použitých fotočlánků. Podstatou řešení je rotor, který se vznáší v magnetickém poli pevných magnetů statoru. Řešitelé projektu Adéla Miklíková a Jan Stopka sestavili několik prototypů, než dospěli ke konečnému řešení. První konstrukce vycházely z použití feritů. Rotor z hliníkové tyčky a dvou kulatých feritových magnetů se středovým otvorem se vznáší díky odpuzivému působení v poli čtyř válcových feritů. Orientace magnetů rotoru i statoru je severními póly ven. Tím je rotor stabilizován do stran. Aby nemohlo dojít k pohybu podél osy, jsou magnety rotoru posunuty vůči statoru tak, aby vznikla síla ve směru osy, která je kompenzována opěrou (viz obr. 2a).



Obr. 2. a) Provizorní výzkumná konstrukce. b) Schéma zapojení fotočlánků a cívky.

Tato konstrukce už umožňovala hladké dlouhodobé otáčení rotoru setrvačností, díky minimálnímu tření. Bylo však nutno vybavit rotor cívkou a fotočlánky. Velikost silového působení při použití těchto feritů byla na hraně požadovaných parametrů. Proto v konečné fázi byly použity neodymové magnety. Rotor na sobě navíc nese dvě cívky, vzájemně kolmé, každá o cca 100 závitů. Každá cívka je připojena ke dvojici fotočlánků tak, jak je vidět na náčrtku obr. 2b. Fotočlánky mají rozměr $26 \text{ mm} \times 46 \text{ mm}$, při slunečním osvětlení dodávají $0,5 \text{ V}/100 \text{ mA}$.

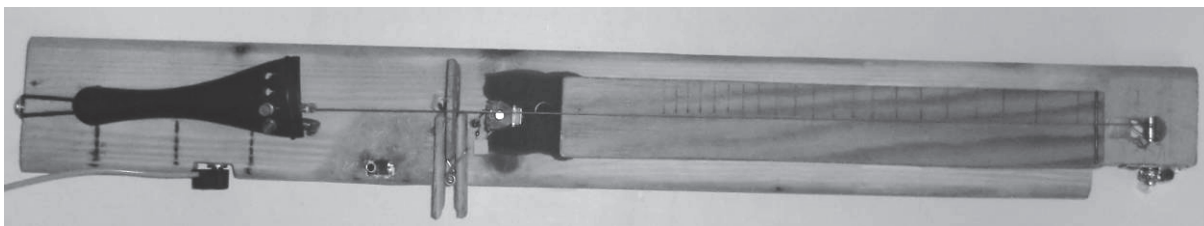


Obr. 3. Konstrukce motoru před dokončením.

Činnost motoru je zachycena na videu na webových stránkách tábora [1].

Pythagorejské ladění

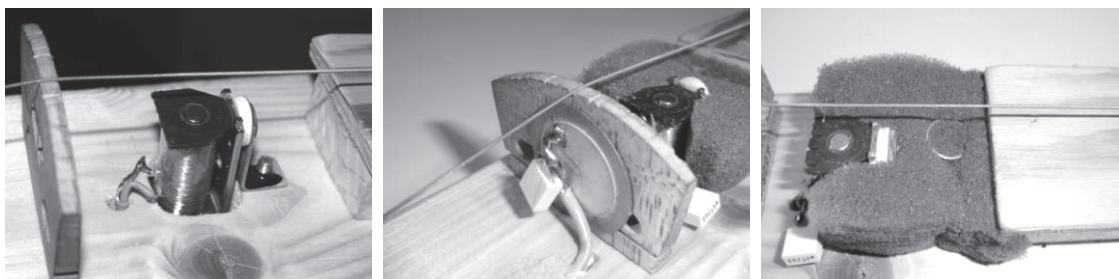
Cílem projektu bylo zkonstruovat jednostrunný hudební nástroj, na kterém by bylo možné ukázat rozdíl mezi standardním komorním laděním a laděním pythagorejským. V průběhu realizace řešitelé (Jan Hadrava, Martin Mirbauer a Jan Sixta) projekt rozšířili o demonstraci použití různých typů snímačů zvuku, které se dnes používají u hudebních nástrojů a návrhem bezdotykového vstupního rozhraní pro PC, kterým lze snímat polohu magnetu ve dvou směrech a teoreticky připojit na libovolný zvukový syntetizér.



Obr. 4. Hotový „hudební nástroj“.

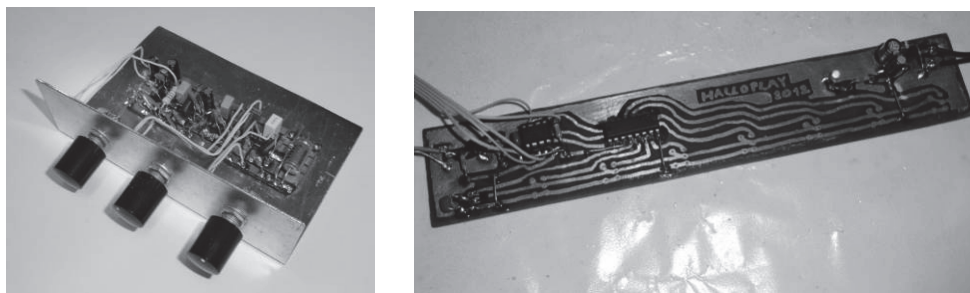
Při konstrukci nástroje byl použit struník, kobylka, struna a ladící mechanika ze starších nástrojů, vše ostatní bylo vyrobeno ručně. Rozměrově má nástroj délku znějící struny 328 mm, což odpovídá velikostně celým houslím. Zvuk je tvořen standardně smyčcem.

Zvuk „houslí“ je snímán třemi druhy snímačů: a) elektromagnetickým, b) piezoelektrickým, c) klasickým mikrofonom. Jednotlivé snímače je možno přepínat vestavěným přepínačem.



Obr. 5. a) elektromagnetický snímač, b) piezoelektrický snímač, c) klasický mikrofón.

K úpravě zvuku z jednotlivých snímačů byla vyrobena kopie kytarového efektu „Electro Harmonix Big Muff PI“. Efektové zařízení má tři ovládací prvky, kterými lze řídit hlasitost, barvu zvuku a zisk celého efektu. Výstup efektu je připojen na vstup libovolného NF zesilovače, výsledný zvuk lze poslouchat v připojených reproduktorech.



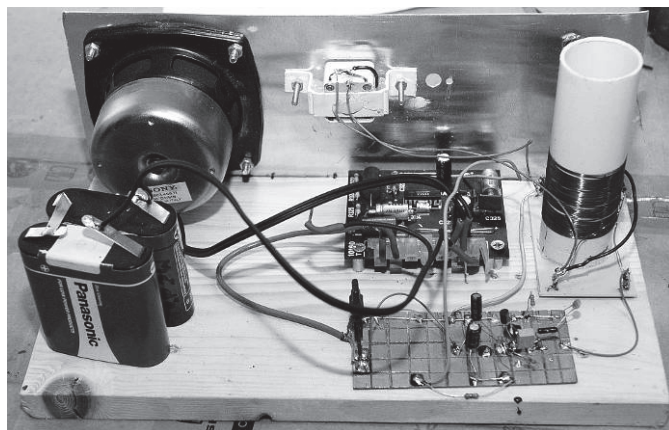
Obr. 6. Efektové zařízení Big Muff PI a bezdotikový syntetizér.

Bezdotykový syntetizér čte polohu magnetu pomocí osmi Hallových sond. Analogový signál je zpracovávám mikročipem AtTiny 13 a přes sériovou linku odesílán do PC. Kvůli problémům s logickým analyzátozem však nebylo možné s dostupným vybavením doladit komunikaci s PC.

Každý ze snímačů poskytuje rozdílný zvuk. Nejvěrnější podání zvuku poskytuje piezoelektrický snímač, nejhorší potom mikrofón. Pokusy se podařilo zjistit, že z průběhu zaznamenaného signálu ze snímačů je možné určit směr tažení smyčky.

Rádío pro trosečníka

Cílem bylo sestavit fungující radiopřijímač pro příjem středních a dlouhých vln. Použité součástky a díly byly převážně vlastnoručně vyrobené nebo získané z elektroodpadu. Aby se všichni řešitelé (Vít Boček, Dan Platil, Tomáš Pivoňka) mohli co nejintenzivněji podílet na konstrukci, vyráběl každý svůj přijímač a vzájemně si vypomáhali při vytváření jednotlivých dílů. Aby konstrukce byla co nejjednodušší, byl zvolen přijímač s přímým zesílením bez zpětné vazby. Byla natažena drátová anténa o délce cca 25 m ve výšce 5 až 8 m nad zemí. Uzemnění tvořila železná tyč zatlučená do země. Signál z antény je přiveden na laděný LC obvod a po detekci germaniovou hrotovou diodou na předzesilovač. Pro hlasitý poslech je použit blok zesilovače z vyřazeného televizoru a reproduktor. Napájení 9 V bylo zajištěno dvěma plochými bateriemi. Pro snadný přístup k jednotlivým prvkům při montáži byla zvolena dřevěná základní deska s hliníkovým čelním panelem. Celková koncepce a rozložení jednotlivých prvků je na obr. 7.



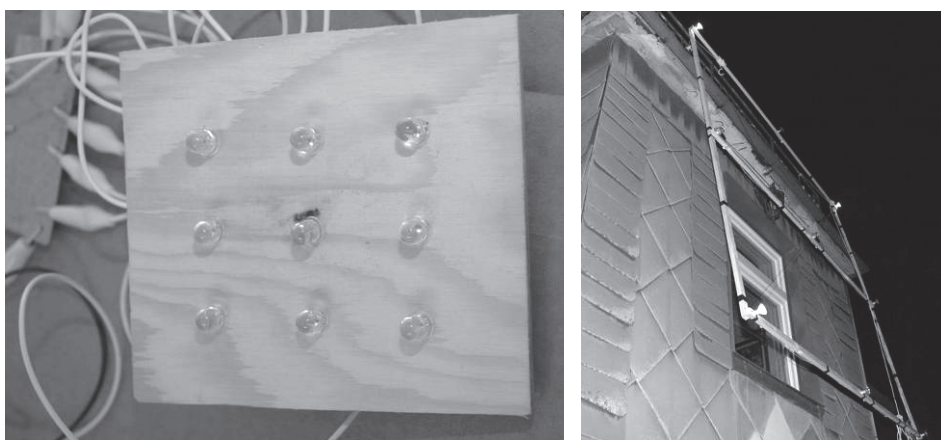
Obr. 7. Jeden z přijímačů.

Konstrukce jednotlivých přijímačů se mírně lišily jak uspořádáním prvků, tak i zapojením. Všechny přijímače byly schopny na středních vlnách hlasitého přednesu programu českého rozhlasu a jeden navíc i stanic v rozsahu dlouhých vln.

Světelná komunikace

Cílem projektu bylo vytvoření komunikační světelné brány, v níž je maticově zasazeno 9 světél a která umožňuje vysílání viditelné na vzdálenost několika kilometrů.

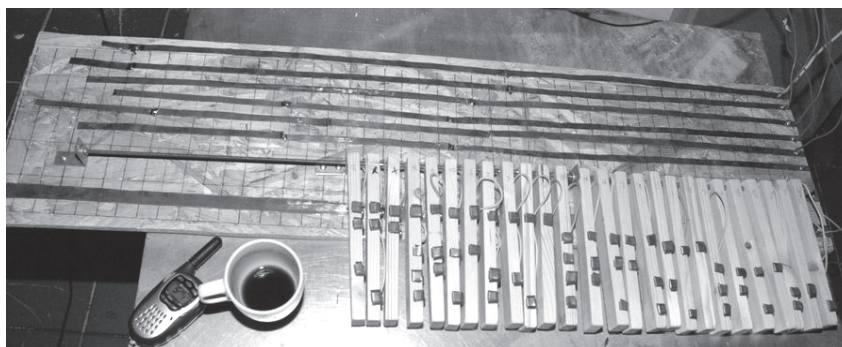
Řešitelé (Jakub Šlosárek, Michael Tvrđík, Martina Valešová) nejprve postavili prototyp o velikosti cca 10×10 cm, kde jako světla slouží LED. Výslednou konstrukcí je však čtverec o straně 2,5 m, kde jako zdroje světla slouží xenonové žárovky o svítivosti 250 cd. Oba modely jsou vidět na obr. 8.



Obr. 8. Přípravný prototyp a výsledný model světelné brány (během vysílání).

Ke kódování jednotlivých znaků sloužila vlastní kódovací tabulka založená na binárním kódování – každému znaku je přiřazen kód ze šesti bitů (zbývajících tři světla umístěná v rozích brány určují rám celé brány).

Pro pohodlné vysílání postavili řešitelé „klávesnici“ – každému z devíti světél je přiřazen jeden z devíti měděných pásků. Klávesy mají na sobě umístěny měděné plíšky tak, aby se při sepnutí příslušné klávesy sepnul kontakt na páscích odpovídající danému písmenu. Finální konstrukce klávesnice je vidět na obr. 9, video z vysílání je k dispozici na webových stránkách tábora [1].



Obr. 9. Klávesnice ovládající světelnou bránu během vysílání.

Vlna z kyvadel

Inspirací k projektu bylo video na adrese [4]. Cílem řešitelů, Pavla Duška a Milana Němého, tak bylo teoreticky určit potřebné délky jednotlivých kyvadel a celou vlnu postavit. Celá aparatura je vidět na obrázku 10 – matky jsou pověšené na bifilárním závěsu z rybářského vlasce a pomocí kancelářských klipsů upevněny na dřevěnou konstrukci. Jednotlivé matky jsou kvůli natáčení pohybu ve tmě a pod UV světlem opatřeny fluorescenčními nálepkami.



Obr. 10. Aparatura projektu „Vlna z kyvadel“.

Projekt byl posléze rozšířen jednak o tvorbu modelu vlny, jednak o experimenty s vázanými kyvadly. Řešitelé tak sestavili i aparaturu, na které mohli pozorovat chování 2-5 vázaných kyvadel.

Videa z projektu jsou k dispozici na webových stránkách tábora [1].

Vodní integrátor

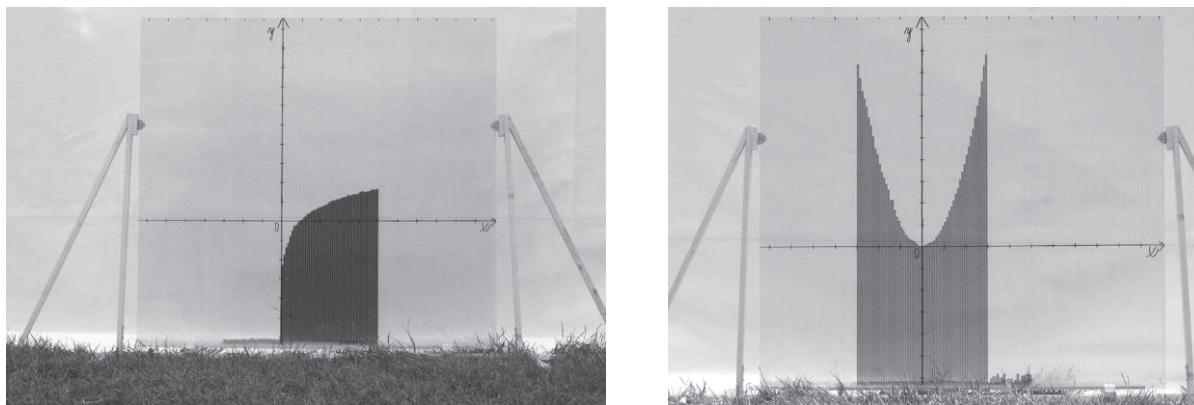
Projekt Petry Kaštánkové a Veroniky Valešové měl za cíl postavit mechanické zařízení, které bude sloužit k názornému výpočtu Riemannova integrálu.

Myšlenkou bylo na makrolonovou desku (deska s úzkými dutými sloupečky) nakreslit integrovanou funkci, poté do každého sloupečku nalít určité množství vody a opsat tak předpis nakreslené funkce – „nalít plochu pod křivkou“ a sestavit kalibrační tabulku, díky které půjde přepočítat nalitý objem na plochu.

Konstrukce

Spodní hrana desky byla po několika pokusech ucpána klempířským tmelem. Do sloupečků byla pomocí injekční stříkačky nalívána obarvená voda s jarem kvůli snížení povrchového napětí. Pro vysátí „přetažených sloupečků“ sloužila injekční stříkačka s hadičkou.

K upevnění celé desky sloužil dřevěný rám.



Obr. 11. Výsledná podoba desky s vylitou funkcí $\ln x$ a x^2 .

Funkce

Řešitelky nejdříve kalibrovaly nulu – zjistily, jaký objem vody je pod osou x . Objem jednoho sloupečku pod osou x je 107 ml, celá deska o šířce 105 cm má pod nulou objem přes 1800 ml. Poté řešitelky postupně nalily lineární funkci, kvadratickou funkci, exponenciální funkci, přirozený logaritmus, sinus a Gaussovu křivku. U většiny funkcí chyba „výpočtu“ nepřekročila 10 %.

Příští tábor

Příští tábor bude v Nekoři v Orlických horách v termínu 13. – 27. 7. 2013. Pokud máte studenty, které by mohl náš tábor zaujmout, prosím, řekněte jim o něm. Můžete nás také kontaktovat na adrese mfsoustredko@kdf.mff.cuni.cz.

Literatura

- [1] Soustředění mladých fyziků a matematiků [online]. Dostupné z: <http://kdf.mff.cuni.cz/tabor> [cit. 16. 8. 2012].
- [2] Žilavý, P., Koudelková, V.: Pár věcí (nejen) z tábora 9. In: Veletrh nápadů učitelů fyziky XI, sborník konference, Olomouc, 2006
- [3] Mendocino motor a mendocino vozítko. [online]. Dostupné z: <http://hawelson.blog.cz/0911/mendocino-motor-a-mendocino-vozik> [26. 8. 2012]
- [4] Amazing pendulum wave [online]. Dostupné z: http://www.youtube.com/watch?v=7_AiV12XBbI [23.7.2012]

Elektronická sbírka řešených úloh z fyziky

*ZDEŇKA KOUPILOVÁ, DANA MANDÍKOVÁ, MARIE SNĚTINOVÁ
KDF MFF UK*

Abstrakt

V příspěvku je prezentována sbírka řešených úloh z fyziky, zejména její nové části. V současné době sbírka obsahuje více než 600 úloh z mechaniky, elektřiny a magnetismu, molekulové fyziky a termodynamiky, fyziky mikrosvěta. Nově jsou do ní zařazeny úlohy z teoretické mechaniky a úlohy s důrazem na vysvětlení použité matematiky zaměřené zejména na integrální a diferenciální počet. Sbírkou obsahuje podrobná komentovaná řešení všech úloh, komentáře a strukturované nápovědy, které mají čtenářům pomoci při samostudiu a vést je k aktivnímu přístupu a plnému pochopení dané úlohy. Sbírkou je dostupná na adrese <http://fyzikalniulohy.cz>.

1 Úvod

Příspěvek navazuje na příspěvky z předchozích let, ve kterých byla prezentována elektronická sbírka řešených úloh z fyziky vznikající na KDF MFF UK. Sbírkou je určena především studentům úvodních fyzikálních kurzů na vysokých školách k prohlubování a opakování učiva a středoškolským studentům se zájmem o fyziku k rozšiřování a procvičování učební látky či k přípravě na přijímací zkoušky na VŠ. Do sbírky zařazujeme postupně i jednodušší úlohy vhodné pro žáky středních a základních škol. Sbírkou mohou samozřejmě využívat i pedagogové a zájemci z řad neodborné veřejnosti.

Sbírkou obsahuje podrobná komentovaná řešení všech úloh, komentáře a strukturované nápovědy, které čtenářům pomáhají při samostudiu a vedou je k aktivnímu přístupu a plnému pochopení dané úlohy. Podobně koncipovanou rozsáhlejší sbírku fyzikálních úloh se nám nepodařilo v dostupných českých ani zahraničních zdrojích nalézt.

2 Jak sbírka vypadá

Stránka s úlohou je rozdělena na několik částí (viz obrázek 1). V levé části se nachází rozbalovací menu se seznamem úloh (tvoří obsah a zároveň rozcestník sbírky). Úlohy v jednotlivých tématických celcích jsou členěny do kapitol a podkapitol. 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.

Sbírka řešených úloh z fyziky

Mechanika

Elektřina a magnetismus

Termodynamika a mol. fyzika

Teoretická mechanika

Fyzika mikrosvěta

Matematické metody

O sbírce

Úlohy

- Kinematika hmotných bodů (71)
- Dynamika hmotných bodů (30)
- Inerciální a neinerciální vztažné soustavy (8)
- Hybnost, práce, energie a výkon (27)
- Mechanika tuhého tělesa (22)
- Mechanika tekutin (24)
 - Tlak v tekutinách (5)
 - Archimédův zákon (12)
 - Utopený poklad (ZŠ)
 - Syrakúský král (ZŠ)
 - Skokan (SŠ)
 - Trosečníci (SŠ)
 - Želva (SŠ)
 - Hustota koule (SŠ)
 - Plovoucí kužel (SŠ+)
 - Potopí se, Nebo ne? (SŠ)
 - Kulička plovoucí ve rtuti (SŠ)
 - Záhadný kov (SŠ)
 - Zlato vyvážené závaží (SŠ+)
 - Plování skleněné trubice (SŠ+)
 - Proudění tekutin (4)
 - Odporové síly v tekutinách (1)
 - Vodní nádrž Orlik (ZŠ)
 - Válec ponořený ve vodě (SŠ+)
- Gravitační pole (19)

Filtrování úloh

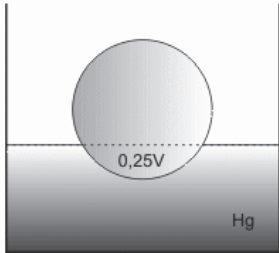
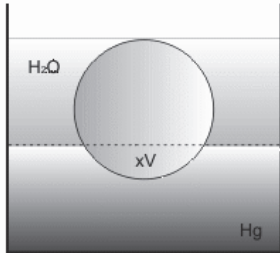
Zobrazit úlohu

kód: >

Kulička plovoucí ve rtuti

Homogenní kulička plave ve rtuti tak, že je v ní ponořena čtvrtina jejího objemu. Na rtuť nalijeme vodu tak, aby byla ponořena celá kulička. Jaká část objemu kuličky bude v tomto případě ponořená ve rtuti?

Na základě úvahy nejprve řekněte, zda bude menší či větší než v předchozím případě a pak to spočítejte.

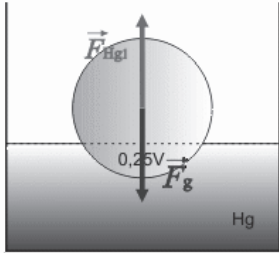
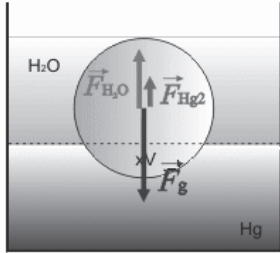



http://fyzikalniulohy.cz

Nápověda 1

Jaké síly působí na kuličku v obou případech? Nakreslete je do obrázku.

Řešení nápovědy 1

http://fyzikalniulohy.cz

Na obrázku můžeme vidět, že v prvním případě působí na kuličku gravitační síla a vzlaková síla rtuť (vzlakovou sílu vzduchu nebudeme uvažovat). Ve druhém případě na ni navíc působí vzlaková síla vody.

Nápověda 2

Nápověda 3

Nápověda 4

Nápověda 5

Celkové řešení

Obr. 1. Příklad zobrazení úlohy ve sbírce.

Úlohy jsou označeny podle náročnosti příslušnou kategorií (ZŠ, SŠ, SŠ+ a VŠ). Pokud se úloha řeší nějakým méně obvyklým způsobem, může být zařazena do jedné ze speciálních kategorií – úloha řešená graficky, úloha řešená úvahou, komplexní úloha, úloha řešená neobvyklým „trikem“ a úloha s vysvětlením teorie.

Každá úloha má svůj výstižný slovní *název* a přehledné, jasné formulované *zadání*. Snažíme se, aby zadané číselné hodnoty byly realistické. První *oddíly*, na které je členěno vlastní řešení úlohy, obsahují obvykle *nápovědy*. Ty mají pomoci řešitelům v začátcích a zároveň je motivovat k samostatnému řešení úlohy. Další součástí úlohy bývá *rozběr*, ve kterém je slovně shrnutý postup (strategie) řešení úlohy. Každá úloha obsahuje podrobné komentované *řešení*, kde je postup popsán „krok po kroku“. U všech úloh je uvedena *odpověď* umožňující rychlou kontrolu při samostatném počítání. V *komentáři* úlohy může být uveden případný jiný možný postup řešení či poznámky k realističnosti zadání úlohy, další možné varianty zadání, různé zajímavosti apod. Související úlohy jsou mezi sebou provázány pomocí *odkazů*. Pořadí jednotlivých oddílů v řešení úlohy není pevně dáno a záleží na tvůrci a povaze úlohy, jak budou oddíly seřazeny.

V rámci webového rozhraní si může čtenář nastavit, aby se mu zobrazovaly pouze úlohy požadované obtížnosti a případně i vybraného typu.

3 Současný stav sbírky

Celá sbírka v současnosti obsahuje přes 600 zveřejněných úloh – přibližně 170 úloh z mechaniky, 215 úloh z elektřiny a magnetismu, 140 úloh z termodynamiky a molekulové fyziky a 60 úloh z fyziky mikrosvěta. Přibyly dvě nové kapitoly – Teoretická mechanika, kde je zatím 16 úloh, a Matematické metody, kde je rovněž 16 úloh. Úlohy v kapitole Matematické metody mají fyzikální podtext a jsou zaměřeny na využití základních matematických metod potřebných při řešení fyzikálních úloh, zejména diferenciálního a integrálního počtu. Motivací k zařazení této kapitoly do sbírky byla skutečnost, že zejména na vysokých školách výuka fyziky předbíhá výuku matematiky, co se potřebného matematického aparátu týče. Úlohy ve sbírce mohou studentům pomoci doplnit si a procvičit potřebné matematické dovednosti.

Většina úloh vzniká v rámci studentských prací studentů učitelství fyziky.

Sbírka má i svou anglickou (50 úloh) a polskou (přes 80 úloh) verzi a je připravena ve své uživatelské části na rozšíření i pro další jazyky.

4 Novinky ve sbírce

Za poslední rok bylo významně vylepšeno administrátorské rozhraní sbírky. Došlo k úpravě práce s přístupovými právy a monitorování dění v databázi sbírky. Bylo vytvořeno komfortnější editační okno vlastních textů úloh a provedeny další drobnější úpravy. Tyto změny si vyžádal zvětšující se tým lidí, kteří sbírku vytvářejí, i zvětšující se počet úloh.

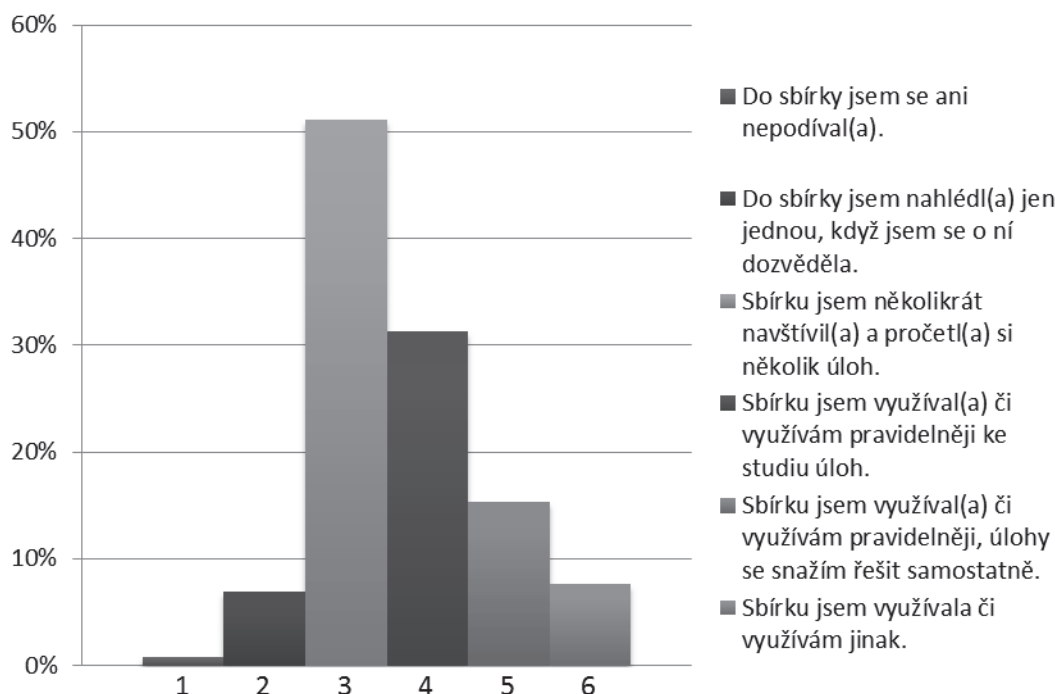
Změny v administraci sbírky jsou běžnému uživateli skryty. Větší změnou viditelnou čtenářům je přechod na nový způsob zobrazování vzorců, který kromě lepšího vzhledu umožňuje i tvorbu interaktivních odkazů na číslované vzorce. Nové vlastnosti se projeví u nově vytvořených úloh, úlohy dříve vytvořené jsou pro nové zobrazení postupně převáděny.

Co by ale mohli ocenit zejména středoškolští učitelé, jsou přehledy úloh v předmětech molekulová fyzika a termodynamika a elektřina a magnetismus, které plánujeme zveřejnit v krátké době. Přehledy jsou udělány v návaznosti na používané učebnice. K jednotlivým kapitolám v učebnicích jsou přiřazeny úlohy, které lze při probírání dané látky zařadit do výuky, a je zde uveden krátký komentář týkající se obtížnosti či obsahu dané úlohy. Tyto přehledy by měly umožnit učitelům lepší orientaci ve stále se zvyšujícím počtu úloh ve sbírce.

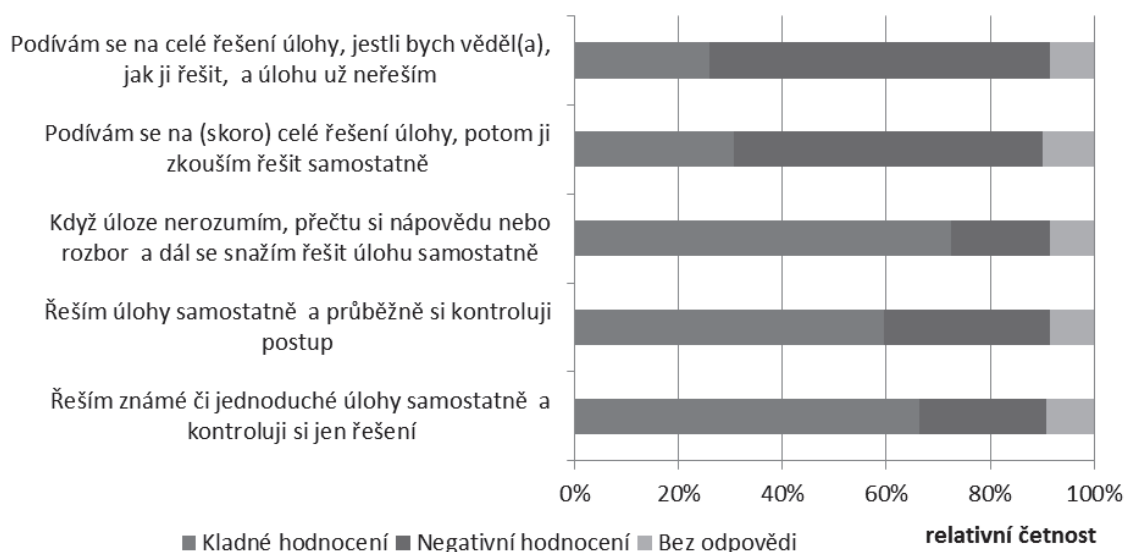
5 Názory na sbírku

Průběžně monitorujeme názory uživatelů na sbírku a využití sbírky. K datu 17. 7. 2012 bylo vyplněno a zpracováno 131 dotazníků. Při interpretaci dat je třeba brát v úvahu, že dotazník nebyl zadáván reprezentativnímu vzorku, vyplňovali jej čtenáři, kteří se sbírkou pracovali a měli o vyplnění dotazníku zájem. Z výsledků dotazníků vyplývá, že uživatelé sbírky jsou zejména studenti vysokých škol, žáci středních a základních škol a učitelé.

Sbírka je podle očekávání uživateli využívána příležitostně, ale někteří v dotazníku uvádějí, že se ke sbírce vrací. Z grafu 1 je vidět, že 47 % respondentů dokonce uvedlo, že sbírku využívají ke studiu pravidelně (položky 4 a 5). Velmi optimisticky působí i přístup k řešení úloh, který uživatelé preferují. Nahlédnutím do grafu 2 lze zjistit, jakým způsobem čtenáři využívali možnost „rozklikávání“ jednotlivých částí řešení. Při řešení úloh jsou hojně využívány oddíly nápověda a rozbor, což jsou části, které se obvykle u řešených úloh v učebnicích či sbírkách neobjevují.



Graf 1. Intenzita využívání sbírky čtenáři (pozn. respondenti mohou označit více než jednu odpověď zároveň).



Graf 2: Způsob řešení úloh ve sbírce

Sbírka je čtenáři kladně hodnocena, a to nejen v rámci dotazníku, ale i v osobních sděleních a emailových ohlasech. Z výsledku průzkumu vyplývá, že sbírka nachází uplatnění jak při výuce na školách, tak při samostudiu doma. Je zřejmé, že vytváření sbírky a vkládání nových úloh hodnotí čtenáři jako užitečnou a prospěšnou práci.

6 Budoucnost sbírky

Během příštího roku chceme sbírku rozšířit o úlohy z matematické analýzy. Průběžně také doplňujeme úlohy do všech stávajících kapitol. Úlohy ve sbírce jsou navíc propojovány s multimediální encyklopedií fyziky, která je dostupná na adrese <http://fyzika.jreichl.com/index.php>. I nadále budeme sledovat, jak studenti sbírku využívají i jejich názory na její použitelnost a přínos. To nám umožní sbírku v budoucnosti lépe uzpůsobovat požadavkům uživatelů.

Máme zájem o navázání užší spolupráce se středoškolskými pedagogy, kteří v rámci používání sbírky ve výuce mohou přinést cenné náměty na uzpůsobení sbírky praxi, při recenzování úloh by mohli přispět svými zkušenostmi k vylepšení textů jednotlivých úloh, ale také mohou poskytnout vhodné úlohy, které jsou pro studenty problematické.

Novou funkcí, kterou plánujeme ve sbírce spustit, je tvorba 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.

7 Závěr

Elektronickou sbírku řešených úloh chceme i nadále rozšiřovat a zdokonalovat. Věříme, že je a i dále zůstane dobrým pomocníkem jak studentům, tak jejich učitelům.

Sbírka je dostupná široké veřejnosti na adrese <http://fyzikalniulohy.cz>, její anglická verze pak na adrese <http://physicstasks.eu>. Náměty na další úlohy a připomínky k současnému stavu sbírky je možné zasílat na adresu: sbirka@kdf.mff.cuni.cz.

V roce 2012 je rozvoj sbírky finančně podpořen Institucionálním rozvojovým plánem MŠMT pro UK.

Fyzika v příběhu

ŠTĚPÁNKA KUBÍNOVÁ, ALENA NAVRÁTILOVÁ

PdF Univerzita Hradec Králové

Abstrakt

V příspěvku jsou zařazeny jednoduché fyzikální experimenty, které jsou sestaveny tak, aby přesně zapadaly do děje konkrétního, všem dobře známého příběhu, jejich příprava nebyla časově náročná a použité pomůcky nebyly příliš nákladné. Vše je předkládáno žákům ve formě soutěžní hry pro skupiny, která může být využita například v rámci projektového dne. Chceme tak ukázat, že fyzikální tematika může být zábavná pro všechny.

Amazing race aneb Cesta kolem světa za 80 minut

Amazing race aneb Cesta kolem světa za 80 minut je hra pro 3 až 5 členné skupiny žáků 2. stupně ZŠ či prvních ročníků víceletého gymnázia inspirovaná motivy knihy Julese Verna s podobným názvem.

Cílem hry je absolvovat cestu kolem světa a splnit všechny zadané úkoly v co nejkratším čase a se ziskem minima trestných bodů. Každá skupina obdrží mapu s vyznačenou trasou, ale nikoli pojmenovanými městy. Ty bude muset každá skupina přiřadit k mapě sama. Za každé špatně přiřazené město dostane skupina 1 trestný bod.

Cesta začíná v Londýně a pokračuje přes 7 dalších měst zpět do výchozího bodu. U každého města je uvedena fotografie a zajímavost, ze které vychází konkrétní úkol. Skupina musí pomocí připravených pomůcek zrealizovat experiment a pokusit se správně vysvětlit jeho fyzikální princip. Zde mohou být opět přidělovány trestné body za špatné určení fyzikálního principu.

Samozřejmě mezi městy je potřeba zajistit dopravu, i tu si však žáci budou muset sami sestavit a zprovoznit jednotlivé dopravní prostředky. Jejich fyzikální podstatu by žáci měli vysvětlit, jinak mohou být také sankciovány trestnými body.

Vyhrává skupina, která po přepočtení trestných bodů na čas a jeho přičtení k času cesty dosáhne nejlepšího času.

Plán trasy

Trasa zahrnuje následující města: Londýn – Suez – Bombaj – Kalkata – Hongkong – Jokohama - San Francisco - New York – Londýn.

Ke každému městu je připojena krátká charakteristika či zajímavost a na ní navazující úkol. Pro inspiraci jsou dále uvedeny popisy a úkoly k několika městům z popsané trasy.

Suez (Egypt)

Od 16. století byl Suez hlavním námořním a obchodním centrem Egypta. Velký význam byl přikládán Suezu také proto, že v 18. století se odtud každoročně plavily lodě do Džiddy – přístavu pro islámské posvátné město Mekku. Suez však již bohužel dávno ztratil svou významnost. [2]

Úkol: Jelikož plavby lodí trvají několik dní a nocí, je potřeba pro vaši loď zajistit dobrou viditelnost i v noci a za každého počasí.

Svíčka (ne)zhasne

Pomůcky: miska, voda, svíčka, seříznutá PET lahev, nůžky, tvrdý karton

Postup:

- Do misky nalijeme trochu vody.
- Doprostřed postavíme čajovou svíčku a zapálíme ji.
- Svíčku přiklopíme seříznutou PET lahví.
- Po chvíli svíčka zhasne.

Použijte tvrdý karton a zabraňte zhasnutí svíčky. Kartón můžete libovolně upravovat. Pokud se vám nepodaří nalézt řešení, můžete požádat o nápovědu, která bude penalizována trestným bodem.



Obr. 1. Svíčka nezhasne.

Kalkata (Indie)

Kalkata je třetím největším městem Indie, žije zde 4,6 milionu obyvatel. Po městě se můžete projet na rikšách, což jsou vozítka tažená indickými běžci.

Nachází se zde nejstarší muzeum v Asii – Inda, kde je rozsáhlá sbírka indického přírodopisu a umění. Samozřejmostí při návštěvě Kalkaty by měla být prohlídka hrobu, kde je pochována Matka Tereza a také dětský domov, který založila. [3]

Indie je známá fakíry a jogíny. Fakíři se vyznačují různými mimořádnými schopnostmi, např. schopností přejít žhavé ohniště nebo ležet na kovových hrotech čnicích z dřevěné desky a podobně. [4]

Úkol: Pokuste se také o nějaké představení, podobné těm, které provádějí fakíři.

Balónek propíchnutý špejlí

Pomůcky: nafukovací balónek, špejle

Postup:

- Nafoukneme balónek a zavážeme nití, aby z něho nemohl unikat vzduch.

Balónek propíchněte špejlí skrz, aniž by prasknul. Je důležité najít správné místo, kudy vést špejli. K dispozici máte 3 balónky, za každý zničený balónek bude přičten trestný bod.

Jokohama (Japonsko)

Jokohama leží na poloostrově na západním břehu Tokijského zálivu, 30 kilometrů od Tokia, s kterým je spojena několika železničními tratěmi, dálnicemi a dalšími silnicemi.

Japonsko leží na styku tří zemských ker, a proto patří k tektonicky nejneklidnějším oblastem světa. K lehkým záchvěvům zde dochází několikrát denně, k vnímatelnému otřesu pak nejméně jednou týdně. Japonci se s tímto přírodním fenoménem však naučili žít a značně mu přizpůsobili svou architekturu. Tradiční stavby jsou lehké, opírají se o dřevěnou konstrukci. Podle západního vzoru se začaly i zde stavět výškové stavby, a místní inženýři tak byli nuceni udělit stavbám odlišné parametry a jejich vlastní konstrukce je značně náročná. [5]

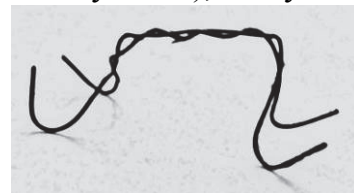
Úkol: Vyzkoušejte si, jak je náročné zkonstruovat stavbu, která odolá nepříznivým přírodním vlivům.

Vodoměrka

Pomůcky: nádoba s vodou o dostatečně velkém povrchu (plastový tácek), tenký měděný drát.

Postup:

- Ustříháme dva stejně dlouhé drátky.
- Drátky uprostřed propleteme.
- Z volných konců vytvoříme nožky vodoměrky.
- Nožky musí být zahnuté směrem nahoru.



Obr. 2. Vodoměrka.

Vyrobte alespoň tři vodoměrky, které se udrží na vodní hladině

New York (USA)

New York je nejlidnatější město Spojených států a jeho metropolitní oblast patří mezi nejlidnatější na světě. Město bylo založeno Nizozemci v roce 1625. V současnosti je jedním ze světových center obchodu a finančnictví. New York má také celosvětový vliv v oblasti médií, politiky, vzdělání, zábavy, umění, módy a reklamy. Je i ohniskem mezinárodních vztahů a diplomacie, neboť se zde nachází sídlo Organizace spojených národů.

V roce 2005 se v New Yorku mluvilo přibližně 170 jazyky a 36 % obyvatel se narodilo mimo Spojené státy. New Yorku se díky čilému nočnímu životu někdy přezdívá

Město, které nikdy nespí. Dalšími přezdívkami je i Gotham (podle města, ve kterém se odehrává děj Batmana). [2]

Úkol: Vytvořte vlastního Batmana a proletěte se s ním nad městem.

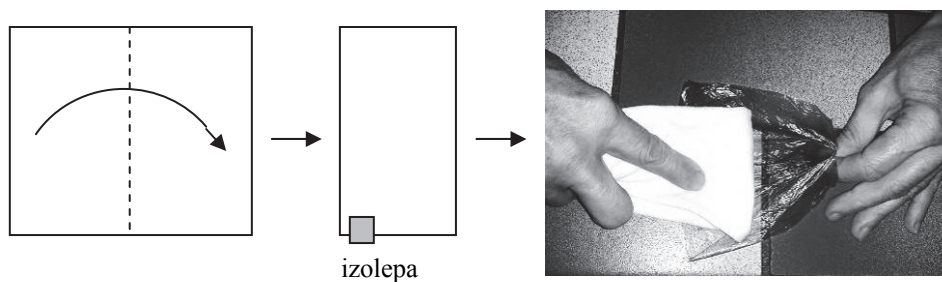
Létající Batman

Pomůcky: potravinový plastový sáček, nafukovací balónek, bavlněný hadřík, izolepa, pravítko, nůžky

Postup [7]:

- Ze sáčku vystříhneme čtverec o straně 9 cm.
- Čtverec přehneme v půli, ustříhneme si izolepu asi 1 cm dlouhou.
- Kratší stranu, asi centimetr od přehybu, zalepíme kouskem izolepy.
- Čtverec na druhé straně opět rozevřeme, položíme na stůl, držíme palci na nalepené izolepě a přetíráme bavlněným hadříkem.
- Nafoukneme balónek a také ho přetřeme bavlněným hadříkem.
- Čtverec ze sáčku vyhodíme do vzduchu a balónkem pohybujeme pod ním a snažíme se sáček udržet ve vzduchu.

Obleťte s takto vyrobeným Batmanem vyznačenou trasu.



Obr. 3. Výroba a příprava Batmana k letu.



Obr. 4. Let Batmana.

Dopravní prostředky:

Mezi jednotlivými městy je potřeba se přemísťovat pomocí vhodných dopravních prostředků. Žáci mohou některé dopravní prostředky zkonstruovat sami na základě návodu Jiné jim jsou dány k dispozici s úkolem, aby je sami zprovoznili a vysvětlili princip jejich činnosti bez jakýchkoliv bližších instrukcí.

Žáci mají na začátku cesty k dispozici seznam dopravních prostředků s uvedeným maximálním doletem či dojezdem v kilometrech. Sami si musí zvolit, jaký dopravní prostředek použijí na konkrétní části trasy.

Zde jsou uvedeny dopravní prostředky, které žáci mohou použít při překonávání cesty, postup výroby je patrný z uvedených odkazů:

- parní člun [8],
- autíčko na vzduch [6],
- helikoptéra [9],
- balsové letadélko [10],
- vor.



Obr. 5. Parní člun.



Obr. 6. Helikoptéra.



Obr. 7. Autíčko na vzduch.

Sami si žáci mohou vyrobit autíčko na vzduch, balsové letadélko a vor. Avšak některé součástky je lépe jim předpřipravit. Například u autíčka na vzduch vyvrtat dírky ve víčkách od PET lahví, která budou sloužit jako kola.

Dopravní prostředky, které si žáci mohou sami vyrobit, ukázka pracovního návodu:

Vor

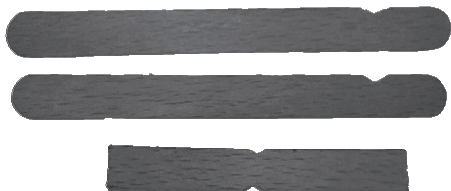
Pomůcky: 9 dřívěk od nanuku, gumička, nůž nebo pilník, lepidlo.

Postup:

Položíme dvě dřívka rovnoběžně kousek od sebe na podložku. Poté přilepíme příčně přes ně od kraje jedno dřívko vedle druhého, celkem čtyři. Vznikne základ voru. Další dvě dřívka přilepíme shora na ta dvě první.

Nyní je potřeba udělat zářezy na voru v místě, kde bude navlečena gumička. Další zářezy budou také po obou stranách ve středu volného dřívka, plnicího funkci poháněcího kola. Zářezy vytvoříme pilníkem nebo nožem.

Gumičku navlékneme na zářezy postranních dřívěk voru a uvnitř prostrčíme poháněcí dřívko a několikrát zatočíme. Položíme vor na vodní hladinu a uvolníme poháněcí dřívko.



Obr. 8. Zářezy voru.



Obr. 9. Vor.

Hru Cestu kolem světa za 80 minut si můžete libovolně upravit podle znalostí a schopností vašich žáků. Z časových důvodů můžete například i vynechat dopravní prostředky, či do trasy nezahrnout všechna uvedená města.

Proměňte žáky v cestovatele a nechte je objevovat svět za doprovodu fyziky.

Pokud budete mít zájem o kompletní materiály ve formátu doc nebo pdf ke hře Cesta kolem světa za 80 minut, připravené ihned k použití, stačí napsat na e-mailovou adresu: stepanka.kub@seznam.cz a materiály vám budou zaslány.

Literatura

- [1] PEREL'MAN, Jakov Isidorovič. *Zajímavá fyzika*. 2. vyd. Praha: Mladá fronta, 1962, 378 s.
- [2] <http://en.wikipedia.org>
- [3] <http://www.kalkata.cz/>
- [4] <http://www.iencyklopedie.cz/fakir/>
- [5] http://neviditelnypes.lidovky.cz/japonsko-zemetreseni-pripraveni-dqe-/p_zahranici.asp?c=A120125_120815_p_zahranici_wag
- [6] <http://www.youtube.com/watch?v=1Fs6k64IItM>
- [7] http://www.youtube.com/watch?v=1-jRxBfo7cU&feature=player_embedded
- [8] <http://www.youtube.com/watch?v=p-M9KUbxxfk&feature=related>
- [9] <http://www.mi100.cz/venkovni-hracky/>
- [10] <http://www.rcm-modely.cz/hazedla>

Příkon vybraných školních a domácích spotřebičů

RADIM KUSÁK, JANA VOMÁČKOVÁ

*Dvořákovo gymnázium a Střední odborná škola ekonomická,
Kralupy nad Vltavou*

Abstrakt

V rámci projektu e-VIM (výuka interaktivní moderní), jsme na naší škole začali používat moderní sondy a měřicí zařízení. Jedním z měřicích přístrojů je také Wattmetr Watts Up Pro, umožňující nejen měřit aktuální příkon zařízení, ale také tento příkon zaznamenávat do počítače. V tomto příspěvku se podíváme na průběhy příkonu vybraných zařízení – rychlovarné konvice, pračky, počítače a několika dalších.

Motivace

Naší hlavní motivací bylo podívat se na průběh příkonu v čase pro různé spotřebiče doma a v naší škole. Tento náš zájem sdíleli také další kolegové vyučující fyziku. Tato naše měření jsou primárně ukázkou toho, jak jednotlivé závislosti příkonu na čase spotřebičů vypadají – některé z nich byly opravdu velmi zajímavé.

Příkonem spotřebičů se již v minulosti věnovali i další autoři – J. Jermář v článku o účinnosti rychlovarné konvice [1], J. Reichl v článku o určování měrné tepelné kapacity pomocí rychlovarné konvice [2] a hlouběji taktéž J. Degro v článku „Experimentujeme s meračem spotřeby energie“ [3].

Zkoumané spotřebiče

Při našich měřeních jsme se podívali na několik spotřebičů elektrické energie:

- Ručně skládaný počítač s monitorem Dell E772p ve sborovně naší školy
- Pračka Whirlpool AWE 7729 při zkráceném režimu praní na 15 min
- Lednička Whirlpool WBE34132 během noci
- Žehlička Tefal FV 3820
- Nabíjení notebooku MacBook Pro 2010 13’’
- Rychlovarná konvice Tefal BF 6120 Vitesse

Nezkoumali jsme samozřejmě všechny dostupné spotřebiče, které můžeme nalézt doma a ve škole. Chtěli jsme tím dát možnost i našim studentům, aby se také i oni podívali na spotřebu různých spotřebičů a případně zkoumali některé spotřebiče hlouběji v rámci studentských projektů. Zajímavým tématem takových projektů je např. příkon různých žárovek, případně zkoumání, jak se nabíjejí různé baterky notebooků.

Wattmetr

Při našich měřeních jsme využívali wattmetr – WattsUp Pro International Model, dostupný např. na stránkách [4]. Data z wattmetru jsme zaznamenávali pomocí programu LoggerPro. Wattmetr měří efektivní hodnoty proudu a napětí, vzorkovací frekvence wattmetru byla u všech měření 1 s.



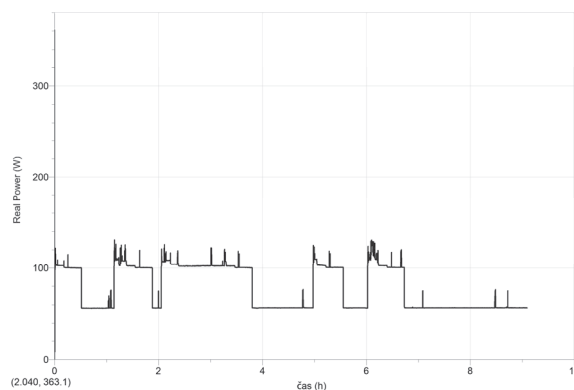
Obr. 1. Wattmetr - WattsUp Pro International Model.

Jednotlivá měření

Počítač ve sborovně

Nejprve se podívejme na měření příkonu počítače ve sborovně naší školy – měření probíhalo celý den, jen se učitelům nic neřeklo (naši snahou byl slepý experiment, ale notebook s wattmetrem byl kousek vidět pod stolem, což mohlo naše měření ovlivnit). Na grafu je vidět, že maximum příkonu bylo na počátku měření a odpovídalo hodnotě 361 W. Poté počítač i s monitorem snížil svou spotřebu na cca 100 W.

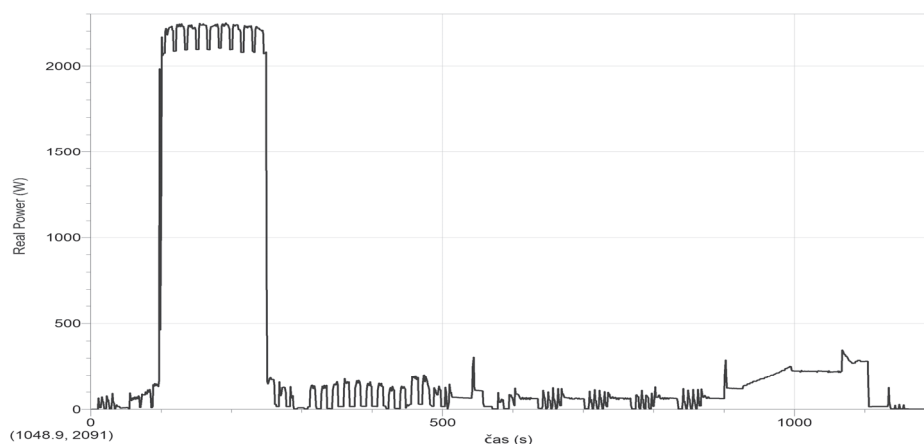
Při přepnutí monitoru do úsporného režimu se spotřeba snížila na 59,6 W. Samostatný příkon monitoru činí 48,6 W a počítače 58,4 W (měřeno při dalším měření). Toto měření není jen o demonstraci spotřeby počítače, ale z praktického hlediska dává škole informaci, kdy se na počítači pracuje a jak dlouho (s přihlédnutím doby, než monitor přejde do úsporného režimu. Celková spotřeba za 9 h provozu činila 0,714 kWh, průměrný příkon 79 W.



Pračka při zkráceném režimu praní

Jako dalšího zástupce elektrických spotřebičů jsme zvolili pračku Whirlpool AWE 7729. Podíváme-li se do příručky pračky (viz [5]), zjistíme, že spotřeba pro režim praní 15 min je 0,15 kWh. Tento režim je ideální na rychlé praní lehce špinavého prádla. Zajímavé na zaznamenaném grafu je, že největší spotřebu má pračka během

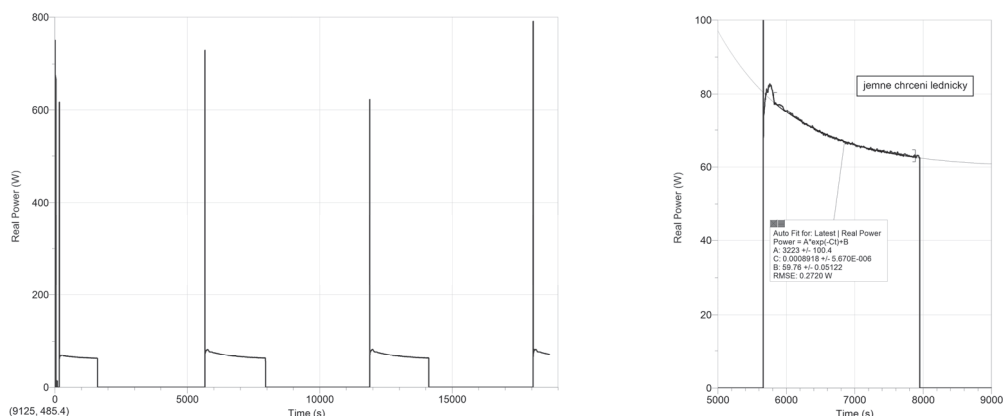
zahřívání vody pro praní. Pro řádovou představu, ohřev představuje příkon přibližně 2,2 kW, otáčení bubnu 100 W, napouštění a vypouštění vody 50 W a odstředování 230 W. Námi zjištěná celková spotřeba 117 Wh.



Obr. 2. Průběh příkonu pračky.

Lednička během noci

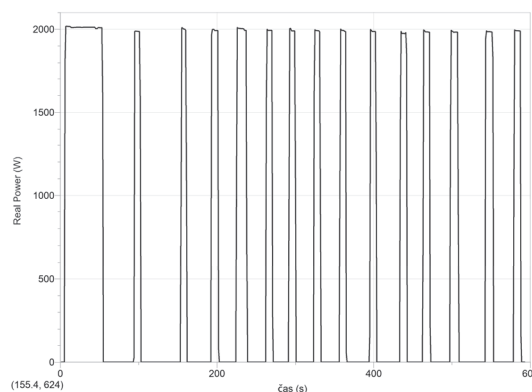
Dalším z elektrických spotřebičů, které jsme zkoumali, byla lednice (s mrazákem) typ Whirlpool WBE34132. Asi i z vlastní zkušenosti bychom očekávali, že se lednička bude v pravidelných intervalech zapínat. Z grafu je vidět několik zajímavých jevů. První je, že vždy na počátku spuštění kompresoru vzroste příkon na stovky wattů a následně klesne na hodnotu odpovídající přibližně 80 W, při kterém začne být slyšet jemné „chrčení“ ledničky. Další zajímavostí pro nás bylo podívat se na funkční závislost příkonu během „chrčení“. Naše hypotéza je, že se jedná o exponenciální pokles + konstanta (bude blíže ověřeno jedním ze studentských projektů). Jen pro srovnání při otevření ledničky stoupne příkon o 14,1 W – odpovídá rozsvícení žárovky v ledniče. Celková spotřeba za celou dobu měření (5 h a 11 min) činí 132 Wh, průměrný příkon odpovídá hodnotě 25,4 W. Převédeme-li naše údaje na denní spotřebu, dostáváme údaj 0,61kWh, který přesně odpovídá údajům výrobce na ledniče.



Obr. 3. Průběh příkonu lednice (s mrazákem) – vlevo delší časová škála, vpravo kratší časová škála s exponenciálním fitem.

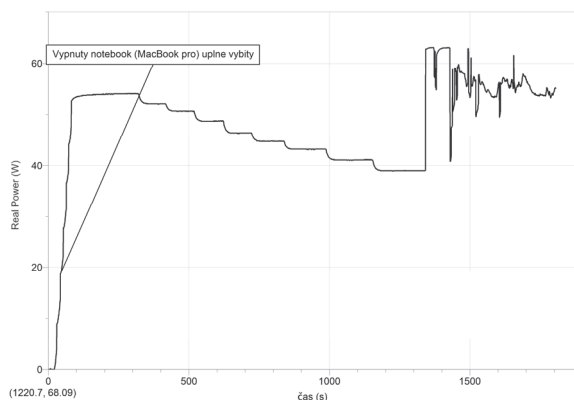
Žehlička

Spotřebičem s relativně jednoduchou závislostí je žehlička (v našem případě jsme použili parní žehličku Tefal FV 3820). Zde stojí za zmínku první „velký zub“, který odpovídá zahřátí žehličky na provozní teplotu, následně se „zuby“ přibližně pravidelně opakují – graf popisuje zapínání termostatu žehličky. Celková spotřeba za dobu měření (10 min) činí 94 Wh. Průměrný příkon odpovídá hodnotě 569 W.



Nabíjení notebooku

Velmi zajímavou závislostí je nabíjení notebooku. V našem případě jsme nabíjeli z úplného vybití MacBook Pro 2010. Rozhodně stojí za zmínku, že graf nabíjení se liší, pokud je notebook vypnutý – viz část grafu se „schody“ a nabíjení notebooku při práci na počítači ve zbývajících částech. Zvýšení příkonu v čase odpovídá zapnutí displeje notebooku. „Schody“ v grafu by podle naší hypotézy měly odpovídat softwarovému řešení způsobu nabíjení baterie a nabíjení jednotlivých částí baterie notebooku. Celková spotřeba „schodů“ odpovídá hodnotě 16,5 Wh, průměrný příkon 44,8 W.



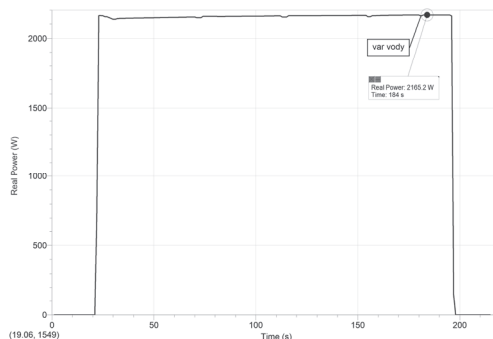
Obr. 4. Průběh příkonu při nabíjení notebooku MacBook Pro 2010.

Rychlovarná konvice

Posledním reprezentantem elektrických spotřebičů se pro nás stala rychlovarná konvice Tefal Vitesse. Jak je vidět z grafu, neděje se při ohřevu téměř nic zajímavého – příkon konvice téměř okamžitě skočí na údaj 2170 W a tato hodnota zůstává po dobu ohřevu vody téměř beze změn. Porovnáme-li tuto hodnotu s hodnotou na rychlovarné konvici, která udává 2000–2400 W, vidíme, že jsme ve shodě.

Tato hodnota může být ale užitečná, pokud máme k dispozici i časovou závislost teploty vody na čase a hmotnost vody – můžeme tento údaj využít k odhadu měrné tepelné kapacity vody a latentního tepla pomocí zákona zachování energie (a uvažujeme-li účinnost rychlovarné konvice 1, případně můžeme účinnost se stu-

denty odhadnout). Měření měrné tepelné kapacity tímto způsobem už dříve prováděl J. Reichl v [2], laboratorní práce i s postupem určení latentních tepel bude dostupná na stránkách našeho projektu [6]. Celková spotřeba po dobu našeho měření odpovídá hodnotě 0,10 kWh.



Obr. 5. Průběh příkonu při ohřevu vody v rychlovarné konvici.

Poznámky na závěr

Pro studenty mohou být tyto grafy příkonu užitečné k novému pohledu na funkční závislosti a fyzikální děje. Co se týká praktické stránky, je dobré zmínit, že plocha pod křivkou odpovídá spotřebě, kterou při využívání elektrických spotřebičů studenti zaplatí z rodinného rozpočtu. Pro názornost je také užitečné zmínit cenu elektřiny za rok 2012, která je přibližně 4,75 Kč za kWh (zdroj [7]).

Poděkování

Na tomto místě bychom chtěli poděkovat za možnost realizovat přírodovědný projekt e-VIM (výuka interaktivní moderní, CZ.1.07/1.1.06/03.0057), probíhající na Dvořákově gymnáziu a Střední odborné škole ekonomické, Kralupy nad Vltavou. Tento projekt je financován Evropským sociálním fondem a rozpočtem České republiky. Materiály z tohoto projektu jsou dostupné na stránkách [6].



Literatura

- [1] <http://fyzweb.cz/clanky/index.php?id=132>
- [2] http://jreichl.com/fyzika/vernier/teplota_c_vody.pdf
- [3] <http://vnuf.cz/sbornik/prispevky/13-04-Degro.html>
- [4] <http://www.vernier.cz/produkty/podrobne-informace/kod/WU-PRO-I>
- [5] http://www.whirlpool.cz/data/blob-rename/priloha-application_pdf-prirucka-AWE7729.pdf/
- [6] <http://evim.cfme.net/>
- [7] <http://www.cenyenergie.cz/ceny-elektriny-2012-za-kwh-az-o-3-vice.aspx>

Wolfram|Alpha a cdf formát a příkaz Manipulate

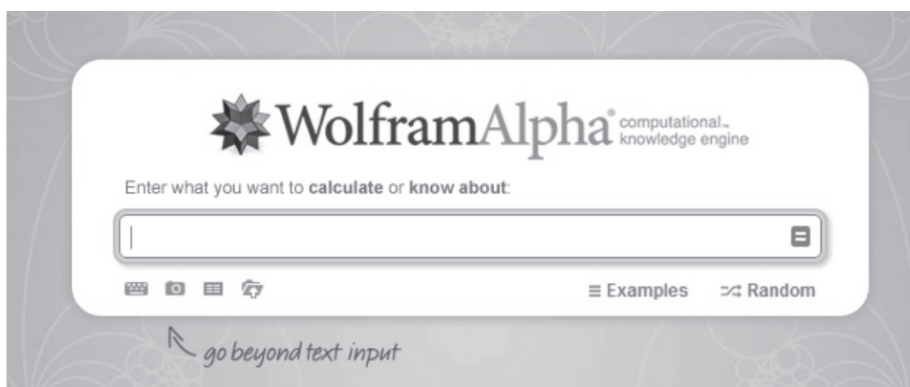
RADIM KUSÁK

*Ústav teoretické fyziky, Matematicko-fyzikální fakulta,
Univerzita Karlova v Praze*

Abstrakt

Před více než třemi lety byla spuštěna webová stránka www.wolframalpha.com, využívající pro své výpočty jádro systému Wolfram Mathematica. Samotný program Mathematica je jeden z předních reprezentantů programů pro symbolické výpočty (zkráceně CAS). Stěžejním příkazem tohoto programu je z pohledu střední školy příkaz Manipulate. Umožňuje zkoumat problémy pro různé hodnoty parametrů, podobně jako běžné applety, ale jeho možnosti jsou oproti appletům mnohem obecnější. Posledním blokem tohoto článku je formát .cdf (Computable Document Format), který byl zaveden před rokem a umožňuje využívat interaktivní prvky programu Mathematica širší veřejností. V tomto příspěvku se blíže podíváme, jak Wolfram|Alpha a .cdf formát využívat na střední škole.

Wolfram|Alpha



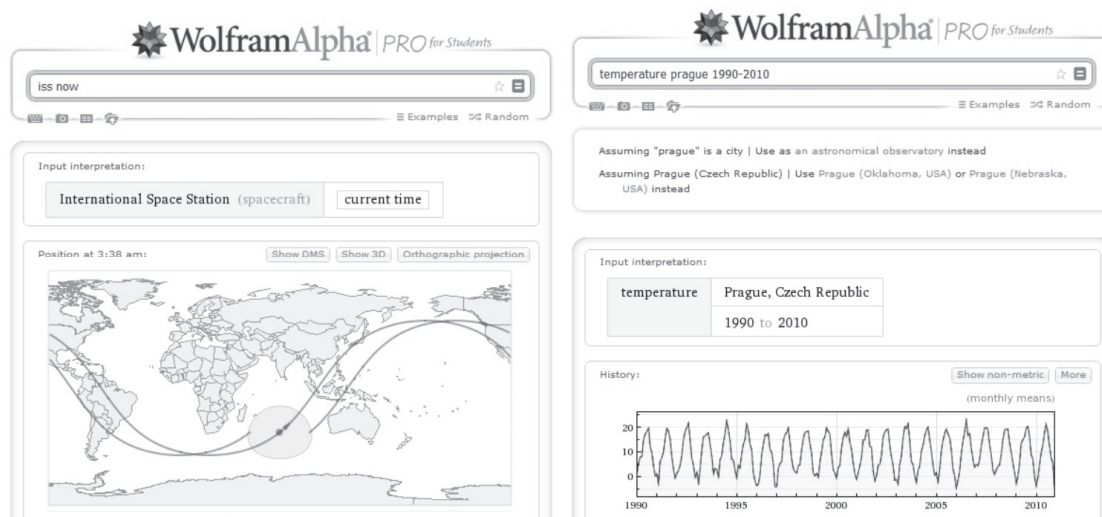
Obr. 1. Vstupní rozhraní Wolfram|Alpha na stránce [1].

S Wolfram|Alpha se lze setkat na webové stránce [1]. Tato stránka vypadá svým vzhledem velmi obyčejně (viz obr. 1), podobně jako stránka www.google.com, ale přesto nabízí nevídané možnosti nejen pro učitele fyziky. Některé z těchto možností jsme si již ukázali v příspěvku na loňském Veletrhu [2], ale jak už to na poli počítačových algebraických systémů bývá, udály se během tohoto roku některé zajímavé změny, některé z nich zde představíme.

Možnosti Wolfram|Alpha lze shrnout do několika hlavních bodů:

- Využití Wolfram|Alpha k číselným a symbolickým výpočtům – např. kolik je $2+2$, ale i vyjádření libovolné neznámé z kalorimetrické rovnice.

- Získávání nejen fyzikálních dat – např. jak se vyvíjela teplota v Praze od roku 1990 do roku 2005, tak také data v reálném čase – např. kde se momentálně nachází stanice ISS. Ukázka těchto výstupů viz obr. 2.
- Vizualizace – kreslení 2D a 3D grafů
- Zadávání problémů běžnou angličtinou – např. aktuální čas získáme položením otázky What time is it?



Obr. 2. Výstupy Wolfram|Alpha – vlevo aktuální poloha ISS v době přípravy příspěvku, vpravo vývoj teploty v Praze v letech 1990–2010.

Hlavní změna, kterou Wolfram|Alpha oproti loňsku zaznamenal je spuštění Wolfram|Alpha Pro, umožňující si za poplatek¹ spouštět na webové stránce [1] výstupy v cdf formátu² a také nově nahrávat obrázky nebo vlastní naměřená data, případně nastavit způsob exportu výstupů. Další příjemnou změnou je možnost přidání dotazu mezi oblíbené položky stránky. Aby ale uživatelé používali Pro verzi rozumně, je v ní zaveden kreditový systém – každý měsíc uživatel dostane 1000 kreditů a např. za stažení grafu ve formátu .jpg s vlastním nastavením (barva čáry grafu, velikost obrázku a několik dalších nastavení) se mu strhne 75 kreditů.

Wolfram|Alpha ve výuce

Wolfram|Alpha se může díky svým možnostem stát zajímavou součástí hodiny. Učitel jej může využívat ze svého počítače jako webovou stránku, avšak mnohem zajímavější je ukázat Wolfram|Alpha studentům. Většina studentů už totiž má “chytré” telefony umožňující mít nainstalovanu přímo aplikaci Wolfram|Alpha (cena aplikace \$1,99). Studenti se tím najednou stávají učitelovým pomocníkem tím, že například

¹ \$4,99/měsíc, \$2,99/měsíc pro studenty.

² V běžné verzi Wolfram|Alpha již tato možnost není dostupná.

mohou kreslit grafy funkcí, případně vyhledávat údaje potřebné pro řešení úloh, nebo zjistit nějakou zajímavost. Pro studenty může být užitečné mít možnost přístupu nejen k obecně známým údajům jako je např. poloměr Země, ale třeba kdy naposledy bylo zemětřesení v Japonsku, kde se momentálně nachází stanice ISS, nebo kolik studentů v České republice nedokončilo základní školu. Student tímto dostává možnost být rovnocenným partnerem v hodině fyziky (společně získáváme nové poznatky) a úloha učitele se posouvá spíše do role jeho průvodce na poli fyziky.

Na druhou stranu je dobré být opatrný při písemkách, pokud studenti používají mobilní telefony, jelikož Wolfram|Alpha umožňuje stáhnout do mobilního telefonu speciální aplikace pro fyziku, které počítají běžné fyzikální veličiny.

Příkaz Manipulate a Mathematica

Mathematica se řadí mezi programy typu CAS – počítačové algebraické systémy. Samotný program má díky svým výpočetním možnostem velmi široké uplatnění v různých oblastech lidské činnosti. Z hlediska učitele fyziky střední školy může být program Mathematica pomocníkem při kreslení grafů a přípravách na písemné práce – svými nástroji na řešení rovnic a úpravy výrazů.

Také může být užitečným pomocníkem při práci s talentovanými žáky při řešení úloh soutěží jako Fyzikální olympiáda a v seminářích fyziky. Na druhou stranu může pomoci žákům s dyskalkulií a dysgrafií, jelikož jim otevře dveře k výpočetním a vizualizačním možnostem.

Úplně nový rozměr nabyl program Mathematica díky příkazu Manipulate. Ten umožnil pomocí jediného příkazu generovat nejrůznější posuvníky a „zaškrťavátka“ a následně díky nim měnit například parametry grafu, meze integrálů, ale třeba i barvu, nebo pozadí grafu.

Další velký skokem programu Mathematica byla možnost generování souboru typu .cdf. Má sice proti běžnému souboru typu .nb (notebook programu Mathematica) některá omezení, která jsou pro uživatele programu Mathematica dost výrazná, ale stále je možné např. volně otáčet 3D objekty, případně pomocí příkazu Manipulate sledovat změny grafu kmitavého pohybu pro různou amplitudu a úhlovou frekvenci.

CDF Player a .cdf formát

.cdf formát se objevil jako protipól statického formátu jako je .pdf. Umožnil interaktivní změnu dokumentu – otáčení 3D objektů, tvorbu demonstrací a provádění výpočtů přímo v dokumentu. Díky provádění výpočtů dostal také svůj název cdf – Computable Document Format. Srovnáme-li .cdf formát s prostředky dostupnými na poli appletů a tvorbě matematických materiálů, tak tyto prostředky řádově přesahuje (jak ukazuje srovnání [3]). Oproti formátu .nb, který je standardním formátem programu Mathematica, má .cdf některá omezení (například není možné načítat externí data), ale stále nabízí velmi široké možnosti, při využívání materiálů.

CDF Player pracuje se soubory .cdf na dvou rovinách – prvním způsobem je spouštění souborů přímo z disku počítače, druhou variantou je možnost využít cdf plug-in

pro webové prohlížeče, umožňující spouštět .cdf soubory přímo na (vlastních) webových stránkách.

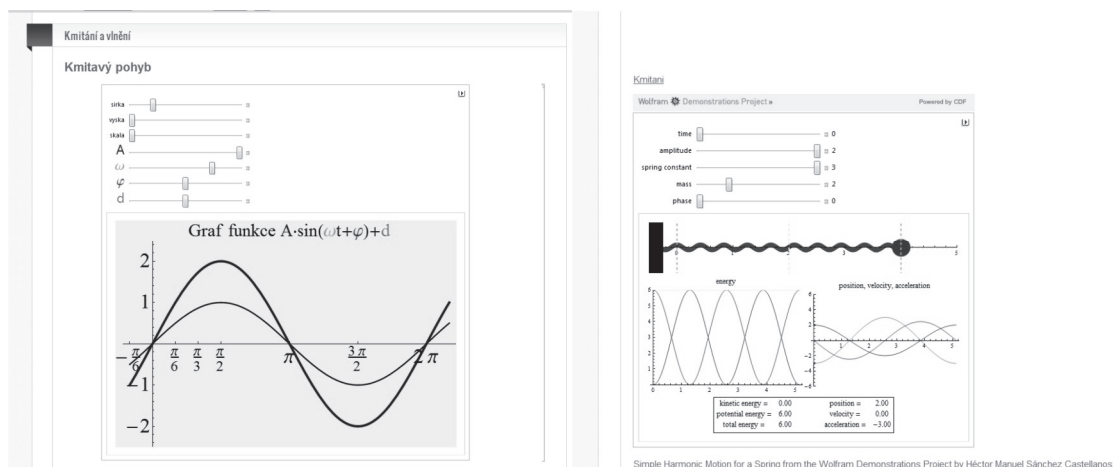
Příjemnou vlastností pro nás učitele je fakt, že CDF Player je zdarma. Zajímavou možností je také kombinování CDF Playeru s Wolfram|Alpha Pro, čímž je možné využít interaktivních možností tohoto formátu bez nutnosti učit se jakýkoli programovací jazyk.

CDF Player a .cdf formát ve výuce

Jsou dvě možnosti jak využít možnosti CDF Playeru ve výuce. První je využít již hotové materiály lidí, kteří s programem Mathematica nějak pracují. Užitečná je v tomto ohledu stránka [4], která nabízí volně ke stažení přes 8000 různých demonstrací využívající formát .cdf.

Druhou možností je tvorba vlastních materiálů. Pokud by si chtěl učitel tyto materiály vytvořit, je potřeba, aby si ale pořídil program Mathematica. V něm je možné sepsat celé učební texty a knihy a následně exportovat jako formát .cdf. Pro začátečníka bych ale nejprve doporučil, zkusit si vytvořit jednoduchou demonstraci za pomoci příkazu Manipulate.

Velmi příjemnou vlastností .cdf formátu každopádně je možnost umístit si materiály do vlastních nebo školních stránek (viz obr. 3). A to jak materiály, které jste si sami vytvořili, tak materiály dostupné na [4]³. Následně mohou tyto materiály použít jako běžné applety. Rozdílem oproti běžným appletům je možnost v souborech provádět symbolické operace – řešit rovnice a podobně. To běžné applety zatím neumí.



Obr. 3. CDF materiály na stránkách [5]. Materiál vlevo byl připraven autorem článku, materiál vpravo byl do stránek vložen z [4].

³ Stránka [4] u každé demonstrace nabízí zkopírování kódu na vložení do stránek učitele.

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval Ústavu teoretické fyziky za technické zázemí a podporu mé práce. Hlavní poděkování patří projektu SVV 104-09/265310 – Studentský výzkum v oblasti didaktiky fyziky a matematického a počítačového modelování.

Literatura

- [1] <http://www.wolframalpha.com>
- [2] Kusák R.: Co může nabídnout wolframalpha? Veletrh nápadů učitelů fyziky 16, sborník z konference. UP Olomouc, 2011, s. 149-153. ISBN 978-80-244-2894-9
- [3] <http://www.wolfram.com/cdf/compare-cdf/how-cdf-compares.html>
- [4] <http://demonstrations.wolfram.com>
- [5] <http://www.radim-kusak.net/vyuka-temata/fyzika/kmitani-a-vlneni>

Pokusy a videopokusy na UPOL

FRANTIŠEK LÁTAL, ZDENĚK PUCHOLT, LUKÁŠ RICHTEREC

Katedra experimentální fyziky, Přírodovědecká fakulta UP v Olomouci

Tento příspěvek popisuje některé popularizační aktivity, na nichž spolupracují členové Katedry experimentální fyziky (KEF) Přírodovědecké fakulty UP. Na těchto akcích jsou předváděny klasické fyzikální pokusy. V souladu s rozvojem techniky a ICT se ovšem také snažíme vytvářet virtuální pokusy (aplety), videopokusy a vzdáleně ovládané pokusy. Fyzikální materiály, které naši studenti vytvářejí, jsou postupně umisťovány na nově vytvořenou webovou stránku pokusy.upol.cz.

Popularizace fyziky na UPOL

Na KEF Přírodovědecké fakulty UP v Olomouci se již řadu let snažíme příjemnou a zábavnou formou rozkrývat taje fyzikálního vědění mezi všemi věkovými kategoriemi žáků. Pro ty nejmenší (často i žáky mateřských škol) jsou organizovány **týdenní letní tábory**. Žáci prvního a druhého stupně ZŠ mohou během školního roku navštěvovat **Univerzitu dětského věku** (viz obr. 1), kde nejprve projdou slavnostní imatrikulací, poté navštěvují jim přizpůsobené přednášky (např. *Fyzika v kuchyni*, *Návštěva ve světě základních částic hmoty*, *Srdce – světový rekordman* apod.) a na závěr obdrží diplom na slavnostní promoci. Ve spolupráci s MENSOU ČR se podílíme na fyzikálním programu pro **Klub nadaných dětí Olomouc**.



Obr. 1. Univerzita dětského věku na UP v Olomouci.

O popularizaci fyziky se nesnažíme pouze v Olomouci, ale jsme již několik let pravidelným účastníkem **Jarmarku vědy a umění**, který se koná na přelomu května a června na náměstí v Uherském Hradišti (viz obr. 2). Pro starší žáky (primárně pro středoškoláky) a především širokou veřejnost spolupřádáme každoročně vždy koncem června **Přírodovědný jarmark** (viz obr. 3). Na těchto jarmarcích jsou převážně studenty učitelských kombinací demonstrovány nejrůznější (nejenom) fyzikální pokusy (např. *pokusy s točnou*, *Van de Graaffův generátor*, *vodní okruh*, *tibetská mísa*, *Blackburnovo kyvadlo*, *Fresnelova čočka*, *pokusy s tekutým dusíkem* apod.).



Obr. 2. Jarmark vědy a umění na náměstí v Uherském Hradišti.

Pro žáky středních škol, často již vážné zájemce o studium vysokoškolské fyziky, pořádáme již deset let **Olomoucký fyzikální kaleidoskop** (kaleidoskop.upol.cz). Jedná se o jednodenní akci, při které žáci navštíví fyzikální laboratoře na PřF UP a mají možnost vyslechnout přednášky či demonstraci zajímavých fyzikálních pokusů od vysokoškolských pedagogů (např. *Optické kvantové zpracování informace* – doc. Mgr. Jaromír Fiurášek, Ph.D., *Aplikace nanotechnologií* – doc. RNDr. Roman Kubínek, CSc., *Časové smyčky v literatuře, ve vědě a ve filosofii* – prof. RNDr. Jan Novotný, CSc., *Jaký je náš vesmír* – prof. RNDr. Petr Kulhánec, CSc., *Kaleidoskop fyzikálních experimentů* – Mgr. František Látal). Naše aktivity nejsou soustředěny pouze na budoucí studenty fyziky, ale v rámci **Univerzity třetího věku** pořádáme fyzikální přednášky také pro studenty-seniory.



Obr. 3. Přírodovědný jarmark na PřF UP v Olomouci.

Internetové stránky pokusy.upol.cz

Jelikož každý rok předvádíme velké množství fyzikálních pokusů, a také naši studenti učitelství fyziky v rámci svých bakalářských, diplomových či disertačních prací, vytváří mnoho zajímavých materiálů vhodných pro experimentování ve fyzice, rozhodli jsme se vytvořit webovou stránku, kde všechny tyto pokusy budou postupně umístovány a budou volně přístupné středoškolským učitelům fyziky, žákům, studentům učitelských oborů na VŠ či zcela libovolným zájemcům.

Na webové stránce **pokusy.upol.cz** vzniká databáze fyzikálních pokusů. V současné době obsahuje tato stránka dvě kapitoly *Videopokusy* a *Školní pokusy*.

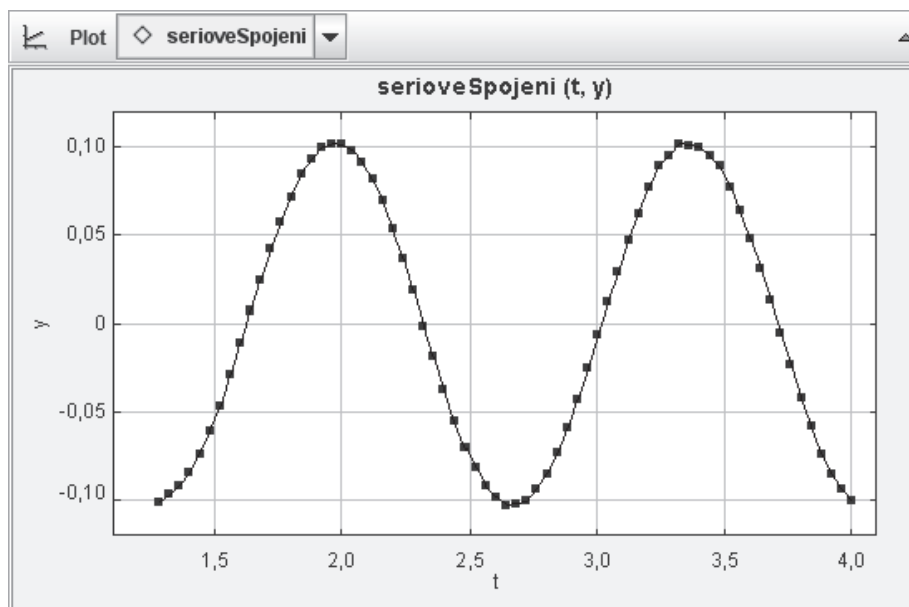
Videopokusy

Každý videopokus na webové stránce **pokusy.upol.cz** obsahuje cíl úlohy, fyzikální podstatu pokusu, pomůcky potřebné k provedení, pracovní postup, vyhodnocení získaných výsledků a samotnou videoanalýzu pokusu. Pro analýzu a zpracování natočených videí byl použit volně dostupný program TRACKER, který je navíc zařazen do projektu Open Source Physics, jehož cílem je aktivně zapojit žáky i jejich učitele do vzdělávacího procesu za využití modelování a počítačového zpracování získaných dat. Program TRACKER lze stáhnout z webové stránky cabrillo.edu/~dbrown/tracker a může být spuštěn v operačních systémech Linux a Windows. Mezi největší výhody tohoto programu patří:

- dostupnost zdarma;
- jednoduchá instalace s využitím instalačního průvodce;

- několik jazykových mutací;
- široká podpora vstupních a výstupních formátů videí a obrázků;
- neustálý vývoj, přidávání nových funkcí a zlepšování.

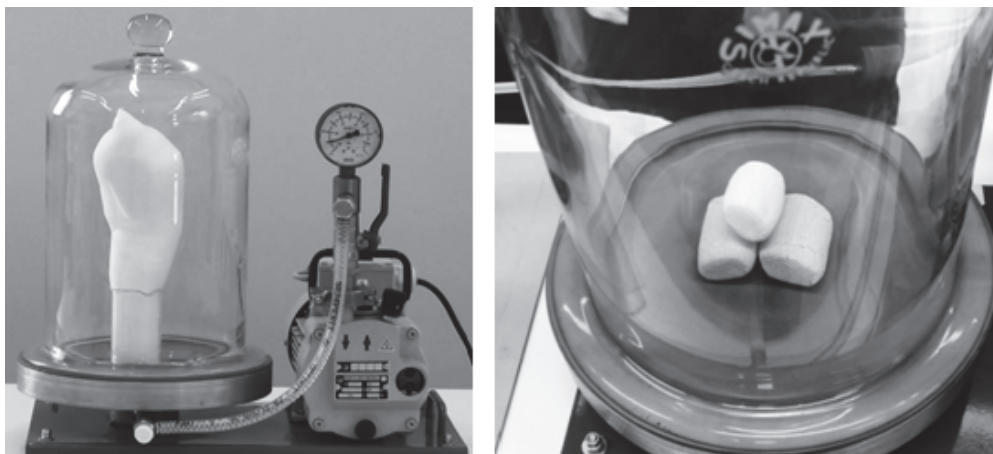
Na webové stránce **pokusy.upol.cz** je v současnosti umístěno celkem deset videopokusů a to z oblasti kinematiky hmotných bodů (např. *rovnoměrně zrychlený přímočarý pohyb*, *rovnoměrný pohyb po kružnici*), dynamiky hmotných bodů (např. *nepružné srážky těles*, *pružné srážky těles*) a mechanického kmitání a vlnění (např. *matematické kyvadlo se závažkou*, *pružinový oscilátor a spojování pružin*). Všechny tyto videopokusy byly zpracovány v rámci diplomové práce Bc. Zdeňka Pucholta s názvem *Videopokusy z fyziky*.



Obr. 4. Graf z programu TRACKER. Pružinový oscilátor (sériové zapojení stejných pružin).

Školní pokusy

Druhá kapitola na nově vzniklé webové stránce **pokusy.upol.cz** obsahuje sérii středoškolských fyzikálních pokusů. Tento oddíl je primárně určen pro přípravu budoucích učitelů fyziky na PřF UP v Olomouci, ale doufáme, že bude inspirací i pro začínající či zkušené učitele nebo zvědavé žáky. Každý pokus obsahuje postup, potřebné pomůcky, závěr a fotografii uspořádání pokusu. U vybraných pokusů jsou ještě navíc doplňující poznámky, odkazy na další webové stránky a video, kde je v maximálně dvou minutách zachycen průběh celého pokusu. Nyní tato kapitola obsahuje pokusy z mechaniky (např. *odstředivý stroj*, *Pohlův přístroj*, *vývěva*), molekulové fyziky a termodynamiky (např. *sdílení tepla vedením*, *objemová roztažnost pevného tělesa*) a elektřiny a magnetismu (např. *Faradayova klec*, *elektrické kyvadélko*, *Peltierův článek*).



Obr. 5. Ukázka z kapitoly Školní pokusy. Netradiční předměty ve vývěvě.

Závěr

Věříme, že webová stránka **pokusy.upol.cz** bude přínosná pro současné i nastávající učitele fyziky a pomůže jim při přípravě a realizaci experimentální činnosti v jejich vyučovacích hodinách fyziky na středních či základních školách.

Poděkování

Je naší milou povinností poděkovat všem kolegům a studentům z PřF UP v Olomouci, kteří se aktivně podílejí na popularizačních aktivitách. Velký dík patří našemu bývalému kolegovi RNDr. Pavlu Krchňákovi, Ph.D., který vždy ochotně a s velkou radostí pomáhal při popularizaci fyziky.

Tento příspěvek vznikl za podpory projektů *"Moduly jako prostředek inovace v integraci výuky moderní fyziky a chemie"* reg. č. CZ.1.07/2.2.00/28.0182 a *"Modularizace a modernizace studijního programu počáteční přípravy učitele fyziky"* reg. č. CZ.1.07/2.2.00/18.0018. Tyto projekty jsou spolufinancovány Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky. Poděkování patří i projektu FRVŠ č. 1358/2012/F6a.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Literatura

- [1] <http://pokusy.upol.cz>
- [2] <http://kaleidoskop.upol.cz>
- [3] <http://cabrillo.edu/~dbrown/tracker>
- [4] Pucholt Z.: Videopokusy z fyziky: diplomová práce. Olomouc: Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, 2012.

Fyzikální experimenty s tradičním, virtuálním a vzdáleným kořením

FRANTIŠEK LUSTIG

Univerzita Karlova Praha, KVOF

Príspevek chce vyzvednout *propojení* tradičních, vzdálených a virtuálních experimentů. Experimenty jsou nejčastěji prováděny jako tradiční „hand made“, resp. nyní často s podporou počítačů. Poměrně rychle se zabydlely též virtuální experimenty. Pro název příspěvku jsem se inspiroval mottem konference: „Experimenty – koření fyziky“, kde právě poměrně nová kategorie vzdálených reálných experimentů vyvolává trochu „exotický“, vzdálený nádech.

Príspevek je zaměřen na novinky ve vzdálených laboratořích. Přináší nový jednoduchý a rychle použitelný „Easy Plug and Play“ způsob tvorby vzdálených experimentů i pro laické uživatele - neprogramátory. Opět inspirován mottem konference můžeme zodpovědně říci, že takovéto vzdálené experimenty lze realizovat jako „minutku“ do 5 minut.

Současný stav vzdálených experimentů na MFF-UK, v ČR a ve SR

První vzdálené experimenty vznikly na MFF-UK Praha již v roce 2002, zavzpomínejme na úlohu Řízení výšky hladiny (kdt-14.karlov.mff.cuni.cz, mimochodem je stále funkční), která ještě nebyla vzdálenou laboratorní úlohou, neměla hlavně přenos naměřených dat pro další jejich zpracování. V dalších letech nastal rozvoj vzdálených experimentů jak na MFF-UK Praha, tak na PedF-TU Trnava, též na PedF-MU Brno aj. V těchto laboratořích se využívá hardware universální soupravy ISES [1], [2] a software stavebnice ISES WEB Control [3], [5]. Vzdálené experimenty na této bázi se tvoří snadno, ale pouze programátorům, kteří znají základy HTML. V současné době se připravuje „Easy Remote ISES“, který bude generovat HTML kód s aplety a rovněž HTML kód WWW jednoduché stránky. Takováto vzdálená úloha se sestaví pouhým výběrem položek menu. Varianta „Easy Remote ISES“ bude představena v roce 2013.

Rozcestníky vzdálených experimentů na MFF-UK Praha:

<http://www.ises.info> ,

na PedF-TU v Trnavě:

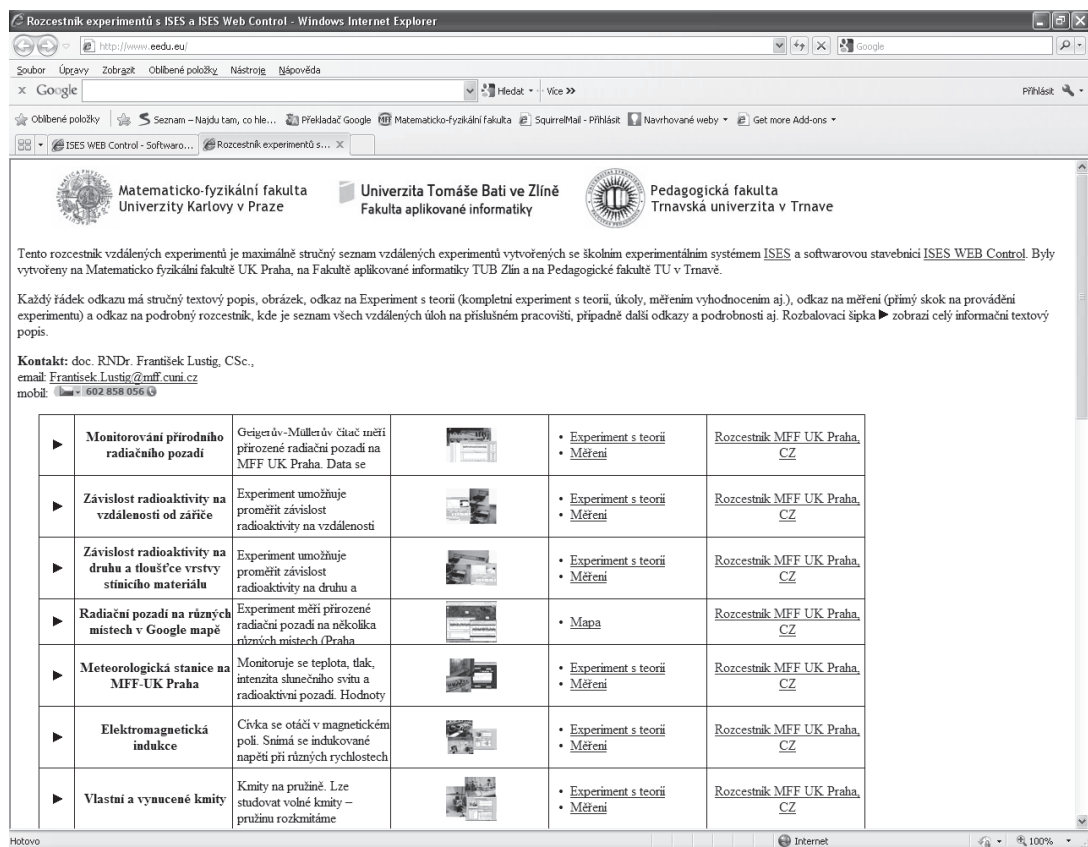
http://kf.truni.sk/index.php?option=com_content&view=article&id=95&Itemid=76

a na PedF-MU Brno:

<http://www.remote-laboratory.com/cz/>

jsme již prezentovali. V podstatě se jedná o samostatné soubory, které kromě experimentů představují informace o hardwareovém a softwareovém řešení, informace o projektech, ze kterých byly experimenty vybudovány, přehledy publikací, též informace o fakultách aj. Zkrátka plno nadbytečných údajů. Uživatele zajímá pouhý seznam vzdálených experimentů. Přicházíme proto s novým souhrnným rozcestníkem

<http://www.eEdu.eu>, který je maximálně stručný, aby vynikl seznam experimentů. Obsahuje název experimentu se stručným 3řádkovým popisem experimentu (ten se dá rozvinout na max. 10 řádkový popis). Experiment je charakterizován malým typickým obrázkem (opět se dá trochu zvětšit). A nyní je již odkaz na experiment s teorií, či odkaz přímo na měření (!), pokud chceme provádět pouze vlastní měření. Pokud by uživatele zajímalo více informací ohledně celého rozcestníku, může si vybrat odkaz na celý rozcestník příslušné univerzity, viz obr. 1.



Obr. 1. Sdružený rozcestník vzdálených experimentů www.eEdu.eu.

Easy hardware pro vzdálené experimenty

Vzdálené experimenty dosud vznikaly na hardware souprav ISES a ISES PCI založených na měřicí ADDA kartě, která, se instalovala do počítače. Všichni uživatelé souprav ISES se mohli pustit do tvorby vzdálených experimentů, stačilo si doinstalovat software ISES WEB Control. Velikou výhodou řešení založených na ADDA kartě bylo velké množství jak vstupů, tak výstupů (např. ISES PCI s deskou relé měl k dispozici 8 analogových vstupů, 2 analogové výstupy, 4 digitální výstupy a 16 reléových výstupů). Tak široké možnosti řízení experimentů nemá žádná podobná souprava (!).

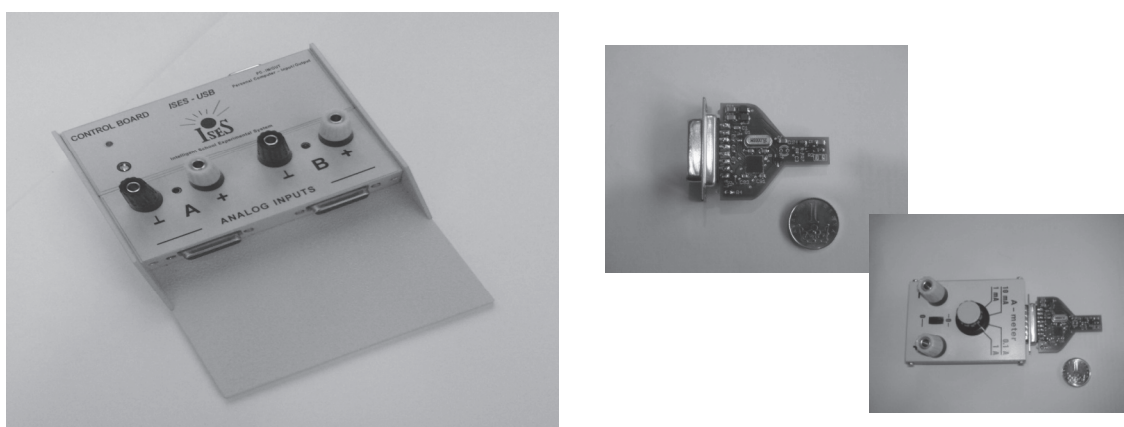
Avšak „doba USB“ si vyžádala jednodušší a lacinější měřicí systémy. ISES přišel s novinkou ISES-USB, ISES-Link a ISES-MultiLink, všechny systémy mají USB připojení. Vzorkovací frekvence je 100 kHz (max. až 200 kHz). Všechny jednotky

ISES-USB mají stejný ovládací program ISESWIN32i, který je stejný jako u původní soupravy ISES PCI.

ISES-USB je dvouvstupová měřicí ústředna, která může mít buď 2 vstupy nebo 1 vstup a 1 výstup. Lze zapojit až 4 jednotky ISES-USB současně v libovolné konfiguraci vstupů a výstupů (cena cca 10 000,- Kč, [4]).

ISES-Link je jednovstupová měřicí ústředna, která může mít buď 1 vstup nebo 1 výstup. Lze zapojit až 4 jednotky ISES-Link současně v libovolné konfiguraci vstupů a výstupů (cena cca 3 000,- Kč, [4]).

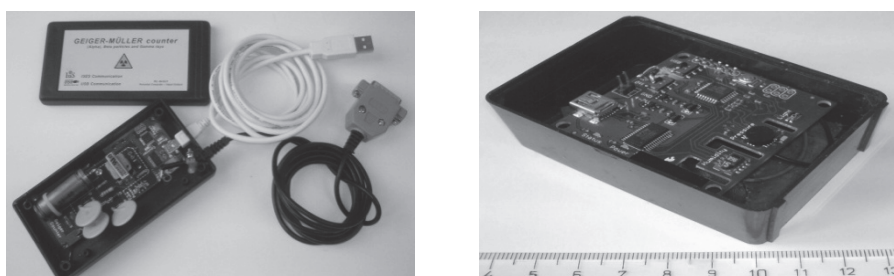
ISES-MultiLink je jednovstupová měřicí ústředna, která může mít buď 1 vstup nebo 1 výstup. Vstupní konektory jsou pro moduly ISES, Vernier a Pasco (pro analogové moduly). Lze zapojit až 4 jednotky ISES-USB současně v libovolné konfiguraci vstupů a výstupů (cena cca 4 000,- Kč, [4]).



Obr. 2. Měřicí systém ISES-USB a ISES-Link.

Ke všem USB univerzálním měřicím jednotkám ISES-USB, ISES-Link (viz obr. 2) a ISES-MultiLink je standardní univerzální software ISES WEB Control pro tvorbu vzdálených experimentů.

Kromě USB univerzálních měřicích jednotek ISES-USB, ISES-Link a ISES-MultiLink, jsme připravili ještě jednodušší řešení *samostatných měřicích přístrojů*, např. USB Geigerův-Müllerův čítač, resp. USB Meteorologickou stanici (obr. 3).



Obr. 3. Měřicí přístroje USB Geigerův-Müllerův čítač a USB Meteorologická stanice pro Easy Plug and Play vzdálené experimenty.

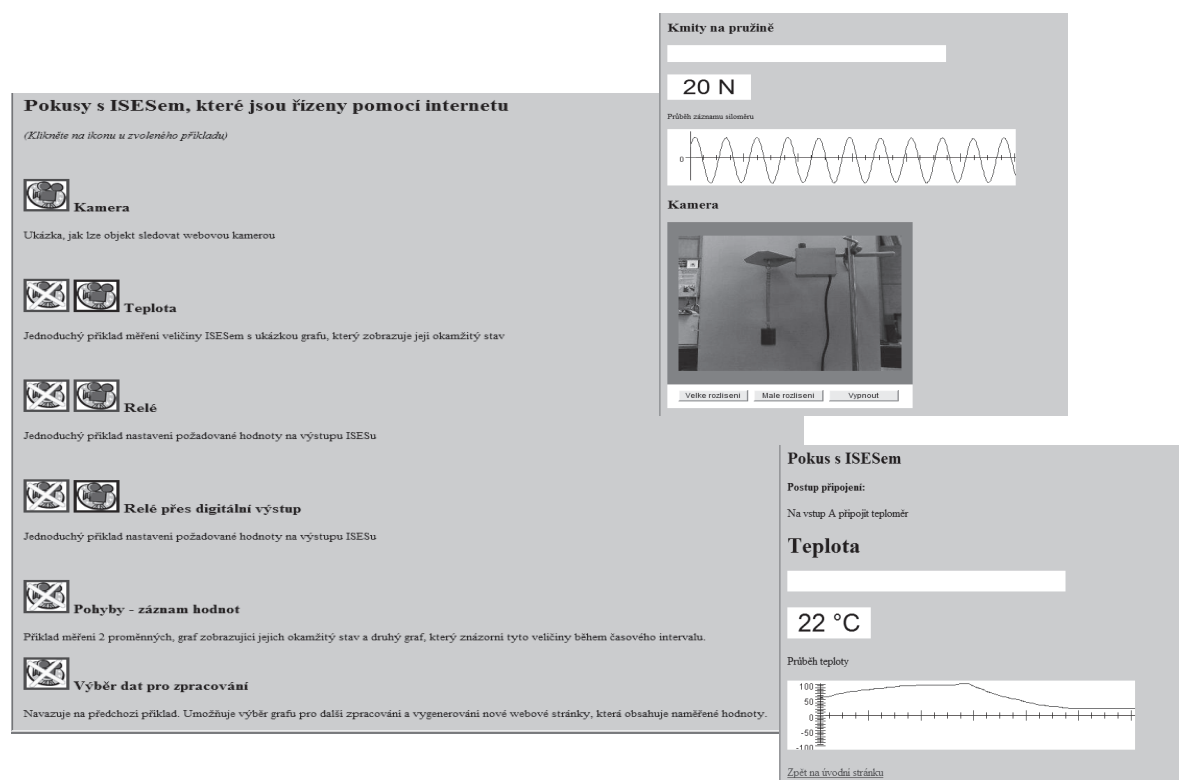
Tyto samostatné měřicí přístroje se pouze zapojí do USB konektoru, nainstaluje se jednoúčelový program a dostaneme měřicí jednotku na internetu. Řešení „Easy Plug and Play“ by měla usnadnit tvorbu prvních jednoúčelových vzdálených měření.

Remote Geigerův Müllerův čítač lze vyzkoušet na <http://kdt-26.karlovy.mff.cuni.cz>, resp. na <http://kdt-1.karlovy.mff.cuni.cz> jako několik stanic snímajících radiační pozadí na několika místech v GoogleMap s možností vykreslení historie a přenosu vybraných dat. Obrázek o činnosti Meteorologické stanice si můžete udělat na PřF Olomouc <http://www.ictphysics.upol.cz/remotelab/r1ab4.html>.

Easy software pro vzdálené experimenty

Softwarová stavebnice ISES WEB Control [3] je modulární, obsahuje asi 30 apletů pro tvorbu základních měřicích a ovládacích prvků (tlačítka pro nastavení, zobrazovací okna, grafické výstupy, záznam dat, výběr dat, přenos dat, přenos videokamery aj.).

ISES WEB Control dále obsahuje asi 10 jednoduchých funkčních dílčích úloh – typicky měření teploty, ovládání relé, nastavení napětí aj. přes WEB rozhraní. Tyto jednoduché příklady lze pouze „slepit“ a tak vytvořit poměrně složitou vzdálenou úlohu, viz typické ukázky na www.ises.info.



Obr. 4. Jednoduché příklady ze stavebnice ISES WEB Control.

Závěr

Příspěvek představil Easy Plug and Play systém pro tvorbu vzdálených experimentů. Řešil pouze hardware a software.

Ale je nutné řešit nejenom problematiku vzdálených experimentů, ale také integrovat experimentální možnosti tradičních, virtuálních a vzdálených experimentů [6], ale úplně nejvíce pozornosti je třeba věnovat novému pojetí výuky fyziky. S jedním takovým trendem, kde se využívají vzdálené a virtuální experimenty, s tzv. „integrováním e-learningem“, přišli F. Schauer, F. Lustig a M. Ožvoldová, viz [7].

Literatura

- [1] SCHAUER, F. LUSTIG, F. OŽVOLDOVÁ, M. *ISES – Internet School Experimental System for Computer-Based Laboratories in Physics*. Innovations 2009 (USA). World Innovations in Engineering Education and Research. iNEER Special Volume 2009. chapter 10. pages 109-118. ISBN 978-0-9741252-9-9.
- [2] LUSTIG, F. *Computer based system ISES*. Available at <http://www.ises.info>, 1990-2012
- [3] LUSTIG, F., DVOŘÁK, J. *ISES WEB Control – software kit pro vzdálené laboratoře se soupravou ISES*. Výroba učebních pomůcek PC-IN/OUT, U Druhé Baterie 29, 162 00 Praha 6, tel. 602 858 056, Praha, (2003)
- [4] LUSTIG, F., Výroba učebních pomůcek PC-IN/OUT, U Druhé Baterie 29, 162 00 Praha 6, tel. 602 858 056, Praha, 2003.
- [5] 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. 2008.
- [6] LUSTIG, F., *Školní laboratoře badatelského typu – integrace tradičních, vzdálených a virtuálních fyzikálních experimentů*, Veletrh nápadů učitelů fyziky 16, Olomouc, 2011.
- [7] SCHAUER, F., LUSTIG, F., OŽVOLDOVÁ, M. *Internet Natural Science Remote e-Laboratory (INRe-L) for Remote Experiments*, In: Innovations 2011: World Innovations in Engineering Education and Research, iNEER / ed. W. Aung, et al. – (2011), s.51-68.

František, Lustig, doc., RNDr., CSc.

Univerzita Karlova v Praze, Matematicko fyzikální fakulta, KVOF
frantisek.lustig@mff.cuni.cz,
www.ises.info

Experimenty na podporu aktivního badatelského přístupu blízkého praxi ve středoškolské fyzice

HEŘMAN MANN

ČVUT, Fakulta elektrotechnická

Príspevek k diskuzi o tom, jak

- zvýšit zájem studentů o fyziku a usnadnit jim její hlubší pochopení
- lépe přizpůsobit výuku fyziky navazujícímu studiu i potřebám praxe
- motivovat studenty ke studiu přírodovědných a technických oborů

Úvod

Rozsáhlý a velmi užitečný průzkum názorů žáků českých škol na výuku fyziky [1] ukázal, že obliba fyziky výrazně klesá s přechodem žáků do vyšších tříd středních škol. Žáky základních škol baví hlavně fyzikální experimenty – zvláště když je mohou provádět vlastníma rukama. Středoškoláci nejčastěji uváděli, že tradiční způsob výuky fyziky je nebaví, a že se fyziku učí hlavně kvůli známám. Fyzika je jimi vnímána jako "vzdálená, nudná, složitá a stará". Rádi by využívali počítače, se kterými se ve výuce fyziky setkávají většinou jen jako součástí měřicí aparatury. Jejich představy o povoláních spojených s fyzikou či s technikou jsou realitě velmi vzdálené. Přitom však většinou předpokládají, že fyziku budou ve svém životě potřebovat, i když to nebude přímo souviset s jejich povoláním.

V práci [1] autoři uvádějí, že „při hledání cesty k pozitivním změnám ve výuce fyziky považují za logické hledat poučení u těch učitelů, kteří umí své žáky motivovat pro fyziku a dosahují dobrých výsledků”. Zřejmě je však nezbytné posoudit situaci z vyššího nadhledu a odpoutat se přitom od pouhého vylepšování tradičního způsobu výuky založeného na jednosměrném působení učitele na studenty. Cíle i metody středoškolské výuky fyziky by měly být především aktualizovány s ohledem na potřeby a způsoby uplatňování fyzikálních znalostí ve výzkumu i v praxi. Týká se to mj. využívání počítačů, které se staly klíčovým nástrojem při řešení úloh v mnoha oborech.

Studentům je rovněž potřeba přiblížit samotnou metodiku rozvoje fyziky a ostatních exaktních přírodovědných oborů a na příkladech z různých oborů jim ji prezentovat jako lákavé dobrodružství. Kde jinde než ve fyzice by se studenti měli poučit např. o tom jak rozlišit pseudovědecký přístup od vědeckého? Ostatně průzkum [1] prokázal, že fyzika je vnímána pozitivněji těmi studenty, kteří ji vidí jako vědní obor spíše než jako vyučovací předmět.

Experimenty ve výuce fyziky

Tento sborník i řada dalších publikací svědčí o tom, že čeští učitelé fyziky jsou velmi vynalézaví ve vymýšlení názorných a často velmi vtipných experimentů. Experimentování si nelze od výuky fyziky odmyslet. K předávání znalostí potřebných k plánování, realizaci, vyhodnocování a dokumentování experimentů lze sice využívat i video a jiná elektronická média, dovednosti potřebné k úspěšné realizaci experimentů však tímto způsobem získávat nelze.

Cílem výukových experimentů nejčastěji bývá ukázat, **jak** se určitá fyzikální soustava za určitých podmínek chová. Chování soustav je obvykle charakterizováno časovými nebo prostorovými průběhy určitých veličin soustav nebo jejich vzájemných závislostí. Rovněž bývá vyšetřována závislost chování soustav na změnách jejich parametrů nebo parametrů okolí soustav.

Lidé experimentují a výsledky experimentů různým způsobem zaznamenávají již od nepaměti. Uvádí se, že teprve až Galileo povýšil experiment (pohyb koule po nakloněné rovině) na výzkumný projekt tím, že jej doprovodil výpočty vedoucími ke vztahům představujícím **matematický model** experimentu. Položil tak základ tzv. **vědecké metody**, která se stala klíčovým nástrojem rozvoje moderní fyziky, techniky i dalších exaktních oborů.

Vědcům a technikům obvykle nestačí pomocí experimentů pouze zjišťovat, jak se daná soustava chová, ale navíc potřebují pochopit, proč se tak chová. Hledají proto vysvětlení, které fyzikální jevy a jakým způsobem chování soustavy ovlivňují. Obvykle přitom postupují následovně:

- zformulují předpokládaný matematický model vyšetřovaného chování dané soustavy
- pomocí modelu vypočítají průběhy veličin charakterizující toto chování
- vypočítané průběhy porovnají s průběhy veličin experimentálně naměřenými a model podle potřeby upřesní

Podobně odborníci postupují, potřebují-li určitým způsobem modifikovat chování soustavy nebo např. odhalit příčiny její poruchy.

Při řešení takovýchto úloh badatelského charakteru, náročnějších a zajímavějších než je pouhé experimentování, studenti získají přesnější představu o způsobu práce ve výzkumu a vývoji. Mohou ji pak uplatnit např. při individuálním nebo (oblíbenějším) týmovém řešení problémově orientovaných projektů.

V praxi je také často potřeba předpovědět, jak se bude chovat soustava, která dosud neexistuje, protože zatím nebyla vyrobena, nebo ji příroda ještě nevytvořila a tudíž není možné s ní experimentovat. S takovými úlohami se běžně setkávají technici konstruující nové stroje nebo jiná zařízení, projektanti ochrany proti velké vodě, nebo třeba lékaři plánující léčebný zásah do krevního oběhu pacienta. Zde odborníkům nezbyvá, než se spolehnout na počítačový model vytvořený na základě jejich předchozí zkušenosti s ověřováním dostatečného počtu příbuzných modelů.

Matematické modelování

Cílem matematického modelování obvykle nejsou samotné rovnice modelu, ale průběhy veličin charakterizující chování fyzikálních soustav získané řešením těchto rovnic. Rovnice jsou tedy pouze prostředkem k dosažení tohoto cíle. Není např. možné matematický model ověřit porovnáním jeho rovnic s průběhy veličin naměřenými při modelovaném experimentu.

V příspěvku [2] je naznačen způsob matematického modelování chování soustav, který formulování rovnic vůbec nevyžaduje a klade tak minimální nároky na matematické kompetence uživatele této metody. Je proto vhodný i pro středoškolské studenty. Vyžaduje jen fyzikální kompetence potřebné k sestavení schématu znázorňujícího fyzikální jevy a jejich interakce, které modelované chování dané soustavy ovlivňují.

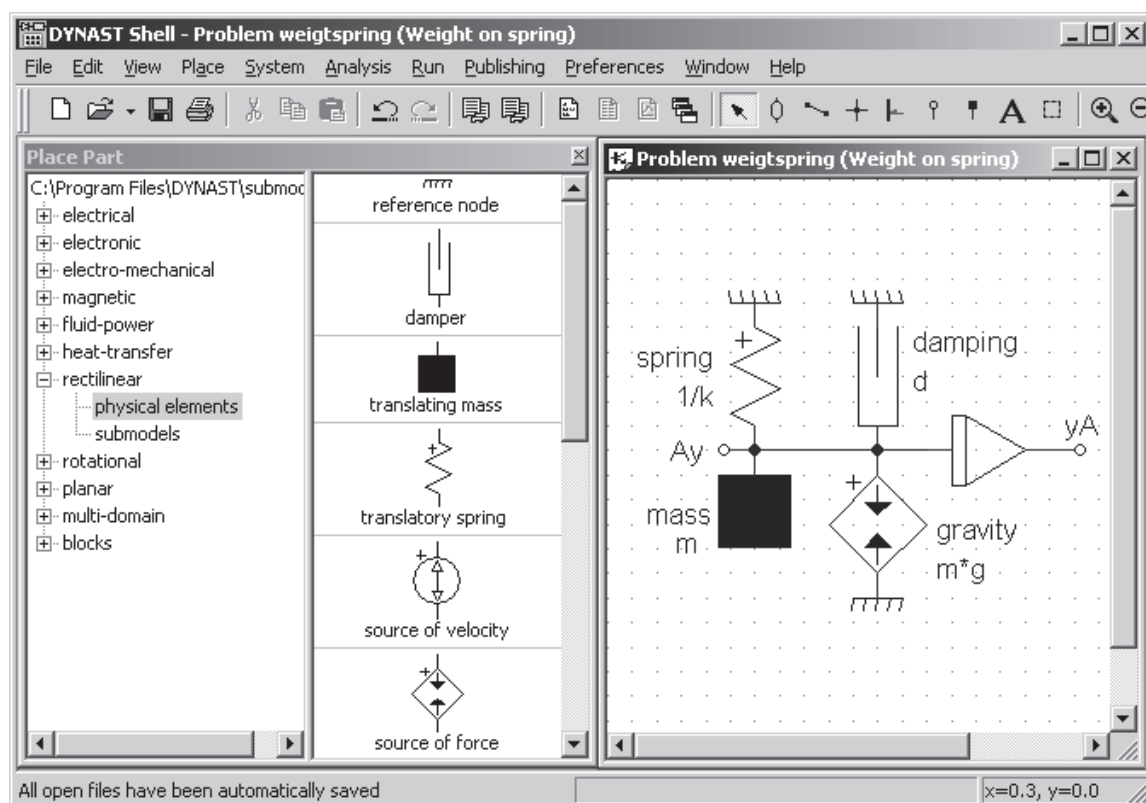
Formulaci a řešení rovnic matematického modelu může obstarat počítačový program DYNAST vyvinutý na ČVUT a již po tři desítky let tam zdokonalovaný. Program našel využití v mnoha průmyslových podnicích a odborných školách u nás i v zahraničí. V rámci dvouletého projektu podporovaného EU byl úspěšně otestován při řešení individuálních příkladů i projektů při výuce fyziky na jednom českém a dvou německých gymnáziích.

Obr. 1 ukazuje, že program DYNAST umožňuje pomocí grafického editoru sestavit potřebné fyzikální schéma v grafické podobě přímo na obrazovce počítače. Slouží k tomu sortiment značek základních fyzikálních jevů, kterých postačuje překvapivě malý počet. Na obr. 1 je fyzikální schéma závaží zavěšeného na pružině. Model sestává ze značek elasticity a tlumení materiálu pružiny a ze značky setrvačnosti závaží. Z takovýchto základních značek lze pak stavebnicovým způsobem skládat značky tzv. submodelů představujících složitější součásti, jako jsou různé motory, čidla, ventily, mechanické převody apod.

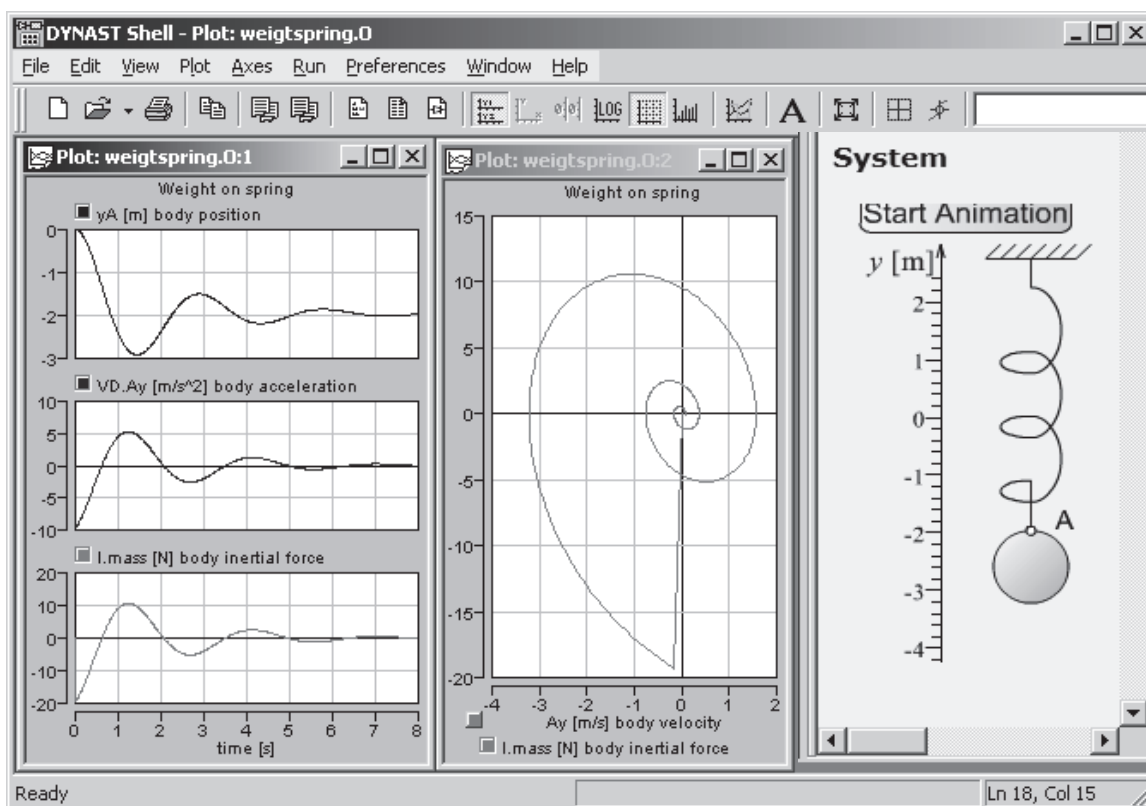
Program po svém spuštění potřebné rovnice automaticky zformuluje a vyřeší. Řešení pak v požadované formě graficky znázorní a případně je doplní i animací vyobrazení modelované soustavy. Na obr. 2 jsou jednak různým způsobem zobrazeny průběhy některých veličin a dále je tu animované zobrazení dané soustavy využívající ke svému pohybu vypočítané průběhy.

Literatura

- [1] Dvořák L. a kol.: Lze učit fyziku zajímavěji a lépe? MATFYZPRESS, Praha 2008
<http://kdf.mff.cuni.cz/vyzkum/NPVII/PriruckaProUcitele.pdf>
- [2] Mann H.: Počítačem podporované modelování ve výuce fyziky. In: Veletrh nápadů učitelů fyziky 15. Ed.: Drozd Z. Prometheus, Praha 2010, s.158-163.
- [3] Mann H., Ševčenko M.: Snadné počítačové modelování dynamických soustav. Příručka k internetovému kurzu a simulačnímu systému DYNAST. ČVUT, Praha 2008. <http://virtual.cvut.cz/dyn/examples/>
- [4] <http://virtual.cvut.cz/dyn/fyzika/>



Obr. 1. Příklad sestavení fyzikálního schématu.



Obr. 2. Odezvy a animace modelované soustavy.

Modely atmosférických jevů

TOMÁŠ MILÉŘ

KF PdF MU

Příspěvek představuje 7 vybraných modelů, které zjednodušeně znázorňují konkrétní jevy v zemské atmosféře nebo vlastnosti atmosféry samé: 1. složení atmosféry, 2. vertikální rozložení hmoty atmosféry, 3. lom slunečních paprsků v atmosféře, 4. polarizace oblohy, 5. tornádo, 6. atmosférické fronty a 7. statistický vztah extrémů počasí a globální změny klimatu.

Model 1. - Složení atmosféry

Zastoupení hlavních složek atmosféry můžeme ztvárnit pomocí obarvené rýže [1]. Pro model na obr. 1 bylo použito 0,5 kg rýže a potravinářské barvivo. Nejpočetnější dusík (asi 78 %) znázorňuje neobarvená bílá rýže, pro kyslík (asi 21 %) byla zvolena žlutá barva, argon (asi 1 %) je červený a oxid uhličitý (asi 0,04 %) je černý. Černá barva vznikla smícháním různých barev. Model zahrnuje i přízemní vodní páru (asi 2 %), která se obvykle v tabulce složení atmosféry neuvádí, protože množství páry je velmi proměnlivé. Součet složek suché atmosféry tedy dává přibližně 100 %, s párou je součet 102 %. V našem modelu je pára reprezentována modrou rýží. Naváženou a obarvenou rýží usušíme. Všechny pět hromádek smícháme a vystavíme v transparentní nádobě s co největší plochou.



Obr. 1. Model složení atmosféry.

Model 2. – Vertikální rozložení atmosférické hmoty

Žijeme na dně vzdušného oceánu. Na rozdíl od vody je vzduch dobře stlačitelný, proto jeho hustota s výškou klesá a tlak vzduchu klesá dle barometrické rovnice (za definovaných podmínek [2]). Troposféra obsahuje asi 80 % atmosférické hmoty, a 99 % vodní páry a aerosolů [3]. Vertikální rozložení atmosférické hmoty můžeme znázornit pomocí magické pružiny (viz obr. 2). Při zemi jsou závitové pružiny zhuštěné podobně jako molekuly vzduchu v atmosféře. Na pružinu i na molekuly působí gravitační síla

Země. Asi nejnápadnější rozpor je v tom, že molekuly vzduchu jsou stlačovány, zatímco pružina je natahována.



Obr. 2. Model vertikálního rozložení atmosférické hmoty.

Model 3. – Lom paprsků

Index lomu vzduchu je sice blízký hodnotě indexu lomu vakua, ale přece jen je větší než 1. Závisí na teplotě a obsahu vodní páry. Index lomu vzduchu v atmosféře proto s výškou klesá a paprsky světla procházející atmosférou se zakřivují směrem k zemskému povrchu. V podstatě jde o mnohonásobný lom světelných paprsků. V prostředí, jehož index lomu se plynule mění, čára lomeného paprsku přechází v plynulou křivku [4]. Mluvíme pak o „atmosférické refrakci“ [5], „astronomické refrakci“ [6], „zakřivení paprsku“ [6] nebo „ohybu paprsku“ [7] (v jiném smyslu než např. ohyb na štěrbině, kapičkách vody [8] nebo na gravitační čočce [9]).

Tento jev lze modelovat v akváriu, které napustíme čistou vodou a na dno pomocí trychtýře opatrně nalijeme vodu s velkým množstvím rozpuštěného cukru. Při posvícení laserovým ukazovátkem ve vodorovném směru na rozhraní oslazené a čisté vody se paprsek ohne směrem ke dnu. Zelené světlo se lomí více než červené (disperze), proto je pokus se zeleným ukazovátkem efektnější.



Obr. 3. Model lomu slunečních paprsků při průchodu atmosférou.

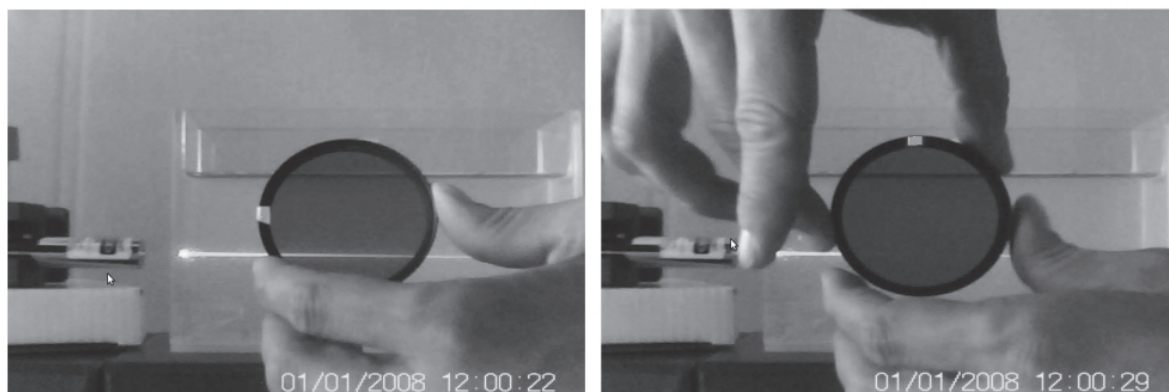
Model 4. – Polarizace oblohy

Při pohledu na oblohu ve směru kolmém na sluneční paprsky je světlo zcela polarizované. Fotografové někdy používají polarizační filtry ke ztmavení oblohy, čímž vyniknou mraky rozptylující světlo bez polarizace. Na obrázku 4 je pohled na oblohu přes rybářské polarizační brýle orientované pro polarizované světlo propustně (vlevo) a nepropustně (vpravo, brýle pootočený o 90°).



Obr. 4. Polarizovaná obloha při pohledu rybářskými polarizačními brýlemi.

Tento jev můžeme modelovat v akváriu s vodou [10]. Pro výraznější rozptyl je vhodné do vody kápnout trochu mléka. Pokus je zachycen na obr. 5. Polarizované světlo laseru pozorujeme v kolmém směru přes polarizační filtr, kterým pomalu otáčíme. Intenzita propuštěného světla závisí podle Malusova zákona [11] na druhé mocnině kosinu úhlu pootočení filtru vůči rovině elektrické složky elektromagnetické vlny polarizovaného světla.



Obr. 5. Model polarizace oblohy s laserovým paprskem a akváriem. Na snímku vlevo je polarizační filtr orientován tak, aby polarizované světlo propouštěl. Na snímku vpravo filtr při pootočení o 90° polarizované světlo laseru pohltí.

Model 5. – Tornádo

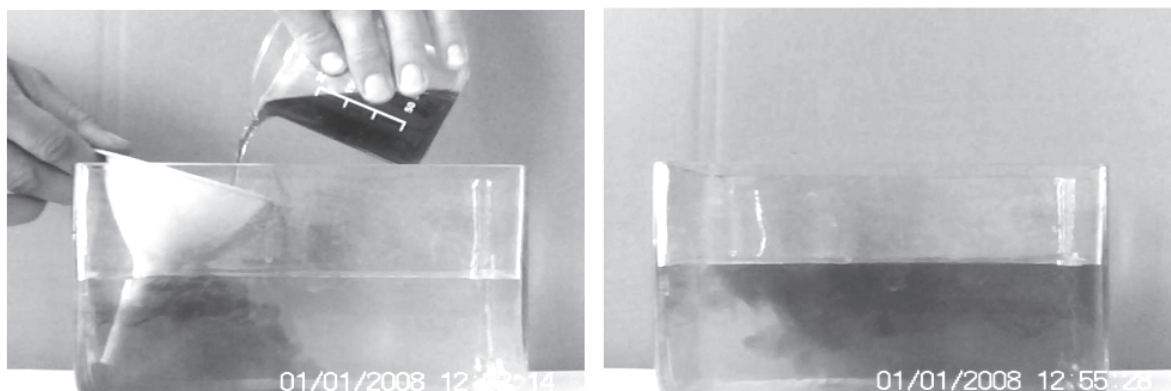
Ve dvou PET lahvích se spojenými hrdly (viz obr. 6) můžeme vytvořit vodní vír tvarem připomínající tornádo [11]. Aby voda mohla přetéct z horní do dolní lahve, je potřeba vodu roztočit, čímž vznikne uprostřed víru prostor pro přepuštění vzduchu do horní lahve. Spíše než vodní vír je tornádu podobný vzestupný proud vzduchu, který ovšem při pokusu nevidíme. Skutečné tornádo má ale složitější strukturu. Po obvodu oka se točí několik savých vírů, které tropí na zemi největší škody [12]. Tento zajímavý jev však model tornáda v PET lahvi neukáže.



Obr. 6. Model tornáda v PET lahvích.

Model 6. – Atmosférické fronty

Atmosférická fronta je rozhraní mezi studenou a teplou vzduchovou hmotou. Schémata atmosférických front lze nalézt v mnoha knihách a internetových zdrojích (např. [13]). Ve školní výuce je vhodné pro větší názornost předvést žákům model postupu atmosférických front. Připravíme si akvárium s vlažnou vodou, kádinku s chladnější vodou obarvenou modře (potravinářským barvivem) a kádinku s teplejší vodou obarvenou červeně. Optimální rozdíl teplot se ukázal být asi 2 °C až 3 °C. Je-li rozdíl teplot větší, chladná voda se rozlije po dně, resp. teplá voda se rozlije po hladině. Chladnou vodu pomalu nalijeme na dno akvária tak, aby se voda příliš nezvířila. Chladná voda vytvoří klín, který pomalu postupuje z jedné strany akvária na druhou (viz obr. 7 vlevo). U skutečné studené fronty studená masa vzduchu vytlačuje teplejší masu, ale v našem modelu je příčinou postupu modrého klínu difúze v kapalině. Podobně postupujeme při znázornění teplé fronty pomocí teplejší červené vody (viz obr. 7 vpravo). Je potřeba žáky upozornit, že úhel klínu v akváriu neodpovídá skutečnosti. Šířka oblačného pásu bývá u studené fronty 200–300 km, v případě teplé fronty dokonce až 1000 km [13].



Obr. 7. Model studené (vlevo) a teplé (vpravo) atmosférické fronty.

Model 7. – Statistický vztah extrémů počasí a globální změny klimatu

Užitečnou pomůcku na objasnění vztahu klimatu a počasí vymyslel Dr. James Hansen – hlavní klimatolog NASA a ředitel GISS [14]. Hansen byl v roce 2008 oceněn Americkou meteorologickou společností za to, jak prezentuje veřejnosti vědecké poznatky o klimatu. V roce 1988 svědčil před americkým kongresem o globálním oteplováním, čímž se na tento problém připoutala pozornost laické veřejnosti. Hansen si tehdy uvědomil, že lidé často zaměňují klima a počasí. Jestliže se někdy objeví neobvykle chladný den, lidé dělají ukvapený závěr, že žádné globální oteplování není. Změna globální teploty je relativně malá ve srovnání se změnami denní teploty na určitém místě. Pravděpodobnosti výskytu dnů chladných, normálních a teplých jsou tedy vyrovnané. Proto je třeba sledovat četnost, s jakou se vyskytují dny teplé, dny chladné a dny s normální teplotou. J. Hansen se to pokusil vysvětlit pomocí dvou hracích kostek. Jedna kostka představuje počasí v třicetiletém období 1951–1980. Kostka má dvě bílé strany pro dny s normální teplotou, dvě modré strany pro chladné dny a dvě červené strany pro teplé dny. Posun klimatu při oteplení reprezentuje druhá kostka. Ta má podle původní klasifikace jednu stranu bílou pro normální teplotu, jednu modrou pro chladné dny a čtyři červené strany pro dny teplé. Když druhou kostkou hodíme, může padnout normální nebo chladný den, ale výskyt teplých dní je mnohem pravděpodobnější. V roce 2012 Hansen tento model poopravil tak, aby lépe popisoval současné pozorované projevy počasí. Jednu ze čtyř červených stran je potřeba přetříť novou barvou, protože představuje bezprecedentní vedra [15].

Analogii hracích kostek použili také Coumou a Rahmstorf ve svém článku shrnujícím významné extrémní události 1. desetiletí 21. století [16]. Článek uzavírají následujícím textem: „Po výskytu extrémní události mnoho vědců (nás nevyjímaje) odpovídá na dotazy médií rutinní frází, že určitou událost nelze přímo vztahovat ke globálnímu oteplováním. To je často špatně pochopeno veřejností ve smyslu, že ona událost s globálním oteplováním nesouvisí, ačkoliv souviset může – jen si nemůžeme být jisti. Jestliže hodíme falešnou (zatíženou) kostkou a padne šestka, nelze říci, že tento konkrétní výsledek vznikl díky manipulaci – takto otázka nestojí. Můžeme ale říct, že počet šestek hozených falešnou kostkou je větší (možná i mnohem větší). Zrovna tak počet určitých typů extrémů počasí vzrůstá v oteplujícím se klimatu (možná i hodně). Vztah není ano nebo ne, jak očekávají média, ale je to otázka pravděpodobnosti. Je

velice pravděpodobné, že několik bezprecedentních extrémů posledního desetiletí by nenastalo bez antropogenního globálního oteplování. Detailní analýza může dát konkrétní čísla (procenta) pro určité typy extrémů, jak jsme diskutovali výše. V roce 1988 James Hansen ve svém slavném projevu pro Kongres řekl: "Je na čase přestat mlžít a říct, že máme velice jasné doklady o přítomnosti skleníkového efektu." My nyní uzavíráme, více než 20 let poté: máme jasné doklady, že lidmi způsobené bezprecedentní extrémy veder a dešťů jsou zde – a způsobují lidem intenzivní utrpení."

Výše popsanou analogii lze také využít ve výuce. Dané vysvětlení je poměrně srozumitelné, takže není nezbytné házení kostkami skutečně realizovat. Z pedagogického hlediska by bylo samozřejmě lepší, kdyby žáci dostali falešnou a poctivou kostku, zkusili několik hodů a výsledky vyhodnotili. Učitel se však vystavuje riziku obvinění, že děti učí podvádět při hře v kostky. Kupované falešné kostky bývají tak dobře provedeny, že s nimi šestka padne téměř vždy [17].

Príspevek byl napsán v rámci řešení operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost: Moduly jako prostředek inovace v integraci výuky moderní fyziky a chemie, Reg.č.: CZ.1.07/2.2.00/28.0182

Literatura

- [1] <http://www.exo.net/~pauld/workshops/weather/earthatmcompositionrice.htm>
- [2] http://en.wikipedia.org/wiki/Barometric_formula
- [3] <http://en.wikipedia.org/wiki/Troposphere>
- [4] <http://www.mike-willis.com/Tutorial/refraction.htm>
- [5] http://cs.wikipedia.org/wiki/Lom_vln%C4%9Bn%C3%AD
- [6] Bednář, J.: Pozoruhodné jevy v atmosféře. Academia. Praha 1989
- [7] <http://fykos.cz/rocnik24/reseni/reseni6-6.pdf>
- [8] <http://www.kof.zcu.cz/st/dp/hosnedl/html/pohybov.html>
- [9] http://cs.wikipedia.org/wiki/Gravita%C4%8Dn%C3%AD_%C4%8Do%C4%8Dka
- [10] http://www.exploratorium.edu/snacks/blue_sky
- [11] http://cs.wikipedia.org/wiki/Polarizace_%28elektrodynamika%29#Malus.C5.AF_v_z.C3.A1kon
- [11] <http://fyzweb.cuni.cz/piskac/pokusy/www/mechtek/tornado.htm>
- [12] <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/tornada/poznamky/save-viry.html>
- [13] Bednář, J.: Meteorologie – Úvod do studia dějů v zemské atmosféře. Portál. Praha 2003
- [14] <http://doteearth.blogs.nytimes.com/2008/06/23/nasas-hansen-humans-still-loading-climate-dice/>
- [15] <http://climatecrocks.com/2012/08/05/hansen-on-the-new-math-of-extreme-events>
- [16] <http://sciences.blogs.liberation.fr/files/10-ans-dextremes-climatiques.pdf>
- [17] <http://www.fantasyobchod.cz/falesna-kostka-p-1280.html>

Pokusy na zdi a na okně

TOMÁŠ NEČAS

Gymnázium Brno, třída Kapitána Jaroše 14

V příspěvku bude představena sada interaktivních exponátů, které jsem vyrobil a umístil na chodbě naší školy. Všechny jsou dostatečně jednoduché a levné na výrobu, určené k tomu, aby si s nimi mohli kolemjdoucí hrát.

Motivace

Podobně jako muzea již nevystavují jen exponáty „za sklem“, mohla by rovněž výzdoba školy s fyzikální tematikou nabídnout interaktivní exponáty. K vytvoření malého science centra mě inspirovali mimo jiné kolegové z gymnázia v Chebu, kterým tímto děkuji. Kromě výzdoby zvolených prostor a možnosti propagace fyziky je možné zapojit do výroby některých exponátů také studenty. Při výrobě je potřeba myslet na to, že exponáty nebudou pod trvalým dohledem a musejí být poměrně odolné a zároveň neobsahovat součásti, které by šly snadno odnést. K snadnému a přitom pevnému připevňování se velmi osvědčila ocelová pásovina (viz obrázek 1).



Obr. 1. Využití ocelové pásoviny.

Popis vybraných exponátů

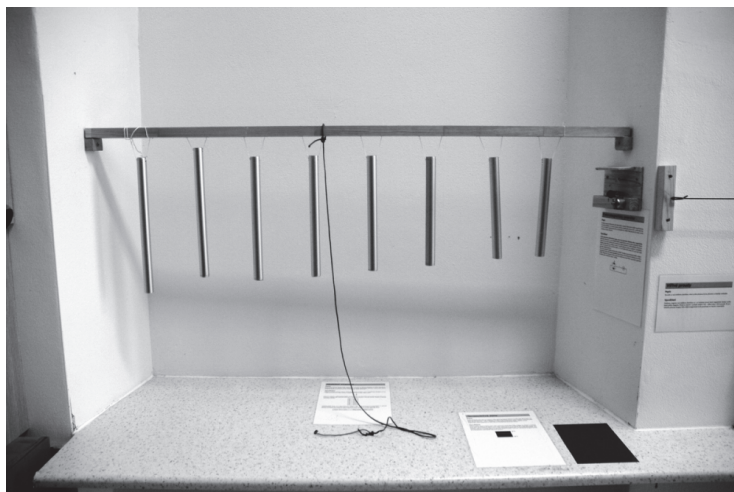
Všechny zde popsané exponáty splňují podmínku interaktivnosti, tedy je možné si s nimi „hrát“. Zároveň se dají vyrobit s minimálními náklady. Každý pokus je opatřený tabulkou s popisem a fyzikálním vysvětlením. Tyto texty se do příspěvku nevejdou, proto uvádím pouze stručný popis nejzajímavějších exponátů. Fotografie a dokumentace k mnoha dalším pokusům jsou k dispozici na mé webové stránce [1] nebo přímo ve škole.

Zvonkohra

Zvonkohra je vyrobena z dutých hliníkových trubek. V horní části trubek jsou vyvrtány otvory pro zavěšení na provázek. Nejtěžší je trubky správně naladit. Ladění se řídí přibližným teoretickým vztahem

$$f \sim \frac{1}{l^2}$$

Přesné doladění je vždy třeba udělat experimentálně (postupným zkracováním). Výsledné zavěšení trubek pro vytvoření stupnice ukazuje obrázek 2.



Obr. 2. Zvonkohra.

UV zdroj

Jednoduchý zdroj blízkého UV záření vyrobíme snadno z UV LED. Je třeba jich zapojit více paralelně, abychom dosáhli požadované intenzity a při nákupu zvolit typ, který vytváří úzký svazek světla. Napájet můžeme například z ploché baterie při zapojení vhodného rezistoru. Ke zdroji pak umístíme papír s nalepenými vzorky, které vykazují luminiscenci (jízdenky, známky, látky, atd.). Je možné testovat též bankovky, občanské průkazy atd.

Anaglyf

Anaglyf je druh 3D obrázku (fotografie) založený na principu dvou barvených filtrů. Obrázky pro pravé a levé oko jsou vytištěny na papír přes sebe, každý v jiné barvě. Brýle s barevnými filtry se prodávají asi za dvacet korun a často je seženete i zadarmo. Důležité je, že program pro výrobu anaglyfu ze dvou fotografií si můžete zdarma stáhnout – například program anamaker [2]. Můžete si pak vyfotit, vytisknout a vystavit vlastní 3D obrázky.

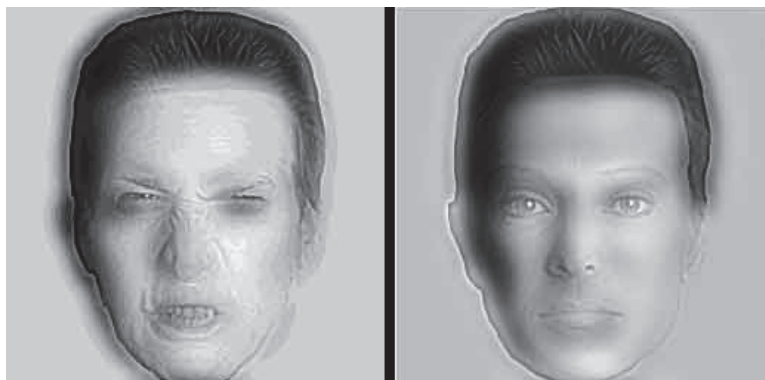
Rozlišovací schopnost oka

Exponát sloužící k měření rozlišovací schopnosti oka vyrobíme tak, že vytiskneme dva větší čtverce obsahující černé proužky ve vzdálenosti 1 mm. Poté oba čtverce

umístíme na zeď vedle sebe s tím, že jeden otočíme vůči druhému o 90 stupňů. Pak zbývá určit vzdálenost, ze které se nám oba čtverce jeví jako stejné šedé plochy. Rozlišovací schopnost oka pak získáme ze vztahu

$$\tan \alpha = \frac{1}{d},$$

kde d je vzdálenost pozorovatele od zdi v mm. Druhou částí exponátu je zrakový klam založený na různém rozlišení detailů v obrázku 3 z různé vzdálenosti [2].



Obr. 3. Zrakový klam.

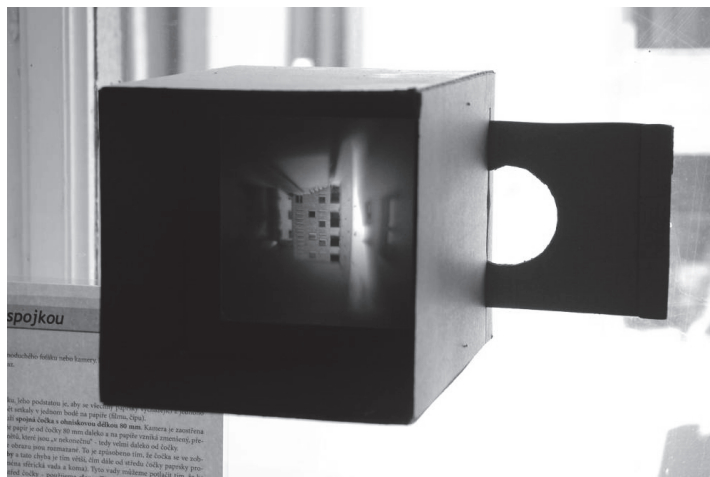
Poslední dva pokusy jsou vhodné v případě, že máte k dispozici okno či jinou světlo plochu

Polarizace

Velký polarizační filtr (fólii) můžeme získat zadarmo například rozebráním starého LCD monitoru. Pak stačí vzít nebo vyrobit krabici vhodných rozměrů, do dvou protilehlých plochých stran vyříznout díru a přilepit polarizační filtry. Do prostoru uvnitř krabice je pak možné vkládat opticky aktivní látky dle fantazie (izolepa, pravítko, atd.)

Zobrazovač

Z kartonu vyrobíme krabici (viz obrázek). Do čelní stěny umístíme spojku vhodné ohniskové délky (musí odpovídat délce krabice). Do zadní stěny vyřízneme otvor a připevníme matný papír, který bude sloužit jako stínítko. Tím vznikne jednoduchý zobrazovač (model kamery), který můžeme připevnit na sklo okna oboustrannou lepicí páskou. Dál je možné přidat ještě clonu. Tu vyrobíme opět z kusu kartonu, do kterého vyřízneme otvory různé velikosti a vložíme před čočku. Můžeme pak sledovat vliv clony na kvalitu a jas obrazu.



Obr. 4. Zobrazovač.

Literatura

- [1] <https://sites.google.com/site/jaroska14>
- [2] http://www.stereoeye.jp/software/index_e.html
- [2] <http://www.michaelbach.de/ot/index.html>

Niekoľko nápadov pre vyučovanie fyziky IV

*ĽUDMILA ONDEROVÁ, JOZEF ONDERA**

Ústav fyzikálnych vied, Prírodovedecká fakulta UPJŠ Košice, SR

**Dubnický technologický inštitút, Dubnica nad Váhom, SR*

Abstrakt

V príspevku bude prezentovaných niekoľko nápadov a experimentov z rôznych oblastí fyziky, ktoré môžu učitelia fyziky jednoducho realizovať na vlastnom vyučovaní a spestriť tak vyučovanie fyziky ako na základnej, tak na strednej škole.

Archimedov zákon v plastových pohároch

Žiaci často neovládajú fyzikálne zákony dostatočne dobre na to, aby ich vedeli správne uplatniť aj v konkrétnej situácii. Jedným z nich je aj Archimedov zákon. Pomocou pokusu s plastovými pohármi, ktorý vzhľadom na dostupnosť pomôcok môžeme realizovať s celou triedou im môžeme pomôcť ho pochopiť[1]. Máme dva priehľadné ľahké plastové poháre – jeden je prázdny, druhý je naplnený vodou centimeter pod okraj. Žiakom položíme otázku, aby predpovedali, čo sa stane, keď položíme prázdny pohár na hladinu vody v druhom pohári. Všetci správne odpovedia, že bude plávať na hladine, čo si môžu hneď aj overiť. Potom nás zaujíma predpoveď, čo sa stane, keď do prázdneho pohára prelejeme asi centimeter vody a opätovne ho položíme na hladinu v druhom pohári. Predpovede žiakov budú opäť správne, čo si následne overia pokusom. Pri tom zistia, že pohár bude plávať, hoci bude viac ponorený v dôsledku množstva vody, ktoré sme naliali dovnútra. Po týchto počiatočných pokusoch žiadame od žiakov predpoveď situácie, čo sa stane, keď z pôvodne plného pohára prelejeme takmer všetku vodu do druhého pohára, pričom v pôvodnom ponecháme len asi centimeter vody na dne. Teraz začnú byť predpovede žiakov váhavé, nie sú presvedčení o tom, že plný pohár bude plávať, niektorí dokonca vyslovia predpoklad, že voda pretečie cez okraj a pohár klesne až na dno. Po realizácii ich predpovedí im dáme uskutočniť pokus, výsledok ktorého viacerých prekvapí. Druhý pohár bude opäť plávať a žiadna voda sa nevyleje. Ak žiakom dáme pokus zopakovať s tým, že ich upozorníme, aby sledovali hladinu vody v oboch pohároch, s prekvapením zistia, že tá ostáva pri všetkých pokusoch rovnaká. V súlade s Archimedovým zákonom vztlaková sila pôsobiaca na teleso v kvapaline (teda na vnútorný pohár s vodou) sa rovná tiažovej sile, ktorá by pôsobila na kvapalinu vytlačenú objemom ponorenej časti telesa. Ak vezmeme do úvahy zanedbateľnú hmotnosť samotného pohára (voči hmotnosti naliatej vody) začne byť výsledok experimentu žiakom zrejmý, teda hladina vody v prvom pohári musí byť v rovnakej výške, ako bola pôvodne a rovnako, že hladina vody ako vo vnútornom, tak vo vonkajšom pohári musia byť takmer rovnaké. Uvedomia si tiež, že stačí veľmi malé množstvo vody v prvom pohári na to, aby druhý plával, ak pri jeho ponorení bude možné dosiahnuť vytlačenie potrebného množstva

vody (kvapaliny). To znamená, že ak by objem vody z prvého pohára bol naliaty do širšej nádoby, vnútorný pohár by nemohol plávať, ale by dosadol na dno nádoby.

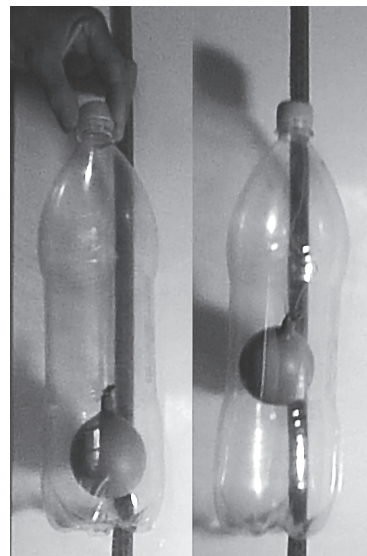


„Mikroskop“ z plastovej fľaše

Snaha vidieť menšie objekty ako tie viditeľné voľným okom viedla pred mnohými rokmi k vynálezu mikroskopu. Dnes sa už mikroskopy používajú bežne, ale žiaci ich používajú len na hodinách biológie a neuvažujú nad fyzikálnymi princípmi, na ktorých sú založené. Pomocou dostupných jednoduchých pomôcok si môžu jednoduchý jednošoškovkový mikroskop (podobný ako zostavil Holanďan Van Leeuwenhoek už v polovici 17. storočia) zostaviť aj sami [2]. Budú na to potrebovať plastovú fľašu s viečkom, vrták, nožnice, lepiacu pásku a maličkú sklenenú guľôčku (priemer guľôčky asi 2 mm). V strede viečka fľaše pomocou vrtáka vyvrtáme taký veľký otvor, aby doň guľôčka tesne pasovala. Potom sklenenú guľôčku zatlačíme dovnútra otvoru, tak aby tam pevne držala. Odstrihneme hrdlo fľaše aj s uzáverom. Kvôli ochrane očí poraneniu oblepíme odstrihnutý okraj lepiacou páskou. Zo zvyšku fľaše vystrihneme „podložné sklíčko“ tak aby pasovalo na hrdlo fľaše. Preparát, ktorý chceme pozorovať, napr. zrnká kuchynskej soli prilepíme na stred lepiacej pásky, ktorou upevníme kúsok plastu slúžiaci ako podložné sklíčko na hrdlo fľaše. Následne na hrdlo upevníme vrchnák s vloženou guľôčkou. Zaskrutkujeme ho čo najtesnejšie. Keď priložíme takto vytvorený mikroskop, vrchnákom k oku, môžeme pozorovať zväčšené objekty, v našom prípade zväčšené kryštálky soli. Takto vytvorený „mikroskop“ vlastne pracuje na princípe lupy. Objekt vidíme väčší ako v skutočnosti, pretože pozorujeme jeho neskutočný obraz. Práve čo najtesnejším zaskrutkovaním viečka dostaneme objekt, čo najbližšie ku šošovke, ktorú tvorí sklenená guľôčka. Ohnisková vzdialenosť šošovky – guľôčky je veľmi malá, práve preto sa musíme snažiť, aby predmetová vzdialenosť pozorovaného objektu bola čo najmenšia. Mechanizmus zaostrovania funguje zmenou vzdialenosti pomocou uvoľňovania alebo priťahovania viečka fľaše. Ak si takto vytvorený mikroskop priložíme čo najtesnejšie k oku dosiahneme najväčšie zväčšenie zorného uhla.

Beztlakový stav v plastovej fľaši

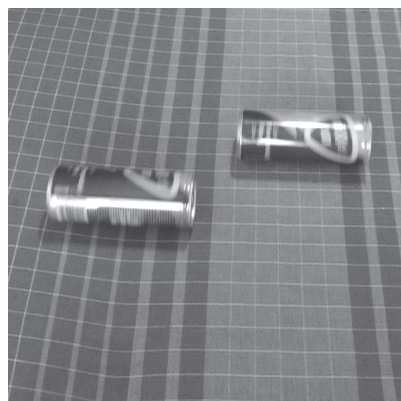
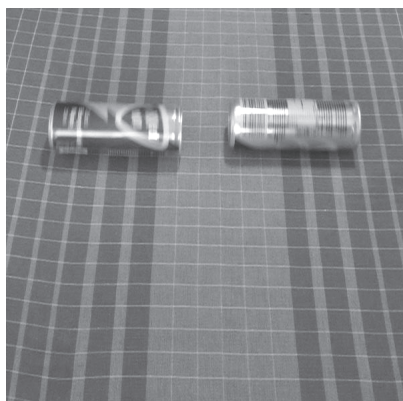
S pojmom beztlakový stav sa na základnej škole stretávame napr. v učive o astronómii. Žiaci sa niekedy pýtajú prečo sa predmety v družiciach voľne „vznášajú“. Bez náročných pomôcok môžeme telesá uviesť do beztlakového stavu aj v laboratórnych podmienkach. Viacero príkladov na jeho demonštráciu jednoduchými pomôckami nájdeme aj v literatúre, napr. [3,4]. Nami prezentované riešenie je taktiež ľahko realizovateľné a dostatočne názorné. Do vnútra väčšej plastovej fľaše umiestnime malý balónik tzv. vodnú bombu, ktorý len čiastočne naplníme vodou. Balónik vo fľaši čiastočne nafúkame a následne ho priviažeme na gumové vlákno. Dĺžku vlákna je dobré si vopred vyskúšať, aby tlak balónika nebola napnutá veľmi ani málo. Druhý koniec nite upevníme na hrdle fľaše a fľašu uzavrieme uzáverom. Takto upravenú fľašu spustíme z výšky a necháme ju padať voľným pádom na mäkkú podložku. Žiaci sledujú pohyb balónika vo vnútri fľaše počas pádu a spoločne s nimi môžeme dospieť k jeho vysvetleniu. Po spustení sa sústava pohybuje voľným pádom a preto sa nachádza v beztlakovom stave. Na balónik pôsobia len sily pružnosti, gumička prestane byť natiahnutá a balónik sa posunie do stredu fľaše. V dnešnej dobe nie je pre žiakov problém doplniť pozorovanie zhotovením videa napr. prostredníctvom mobilu.



Závod plechoviek

Bežný život nám prináša často prekvapenia, ktoré je nie vždy jednoduché fyzikálne zdôvodniť. Jedným z takých je nasledovný pokus. Vezmime dve plechovky so sýtenými nápojmi a spustíme ich súčasne po naklonenej rovine. Pozorujeme, že „do cieľa“ dorazia prakticky súčasne. Potom jednu z plechoviek dôkladne potrasíme a pokus zopakujeme. Na naše prekvapenie „trénovaná“ – potrasená plechovka tentokrát viditeľne zaostáva. Prečo? Dôvodom je skutočnosť, že pri roztočení plechovky pohybom po naklonenej rovine kvapalina vo vnútri sa neroztočí na rovnakú uhlovú rýchlosť ako obal plechovky, kvapalina „voľne tečie“ po stenách, takže energia vložená do rotačného pohybu náplne je malá. Je viditeľné, že potrasenie spôsobí zmenu vo veľkosti energie potrebnej na vytvorenie rotačného pohybu tekutiny vnútri plechovky. V dôsledku toho ostáva menej energie na posuvný pohyb ťažiska sústavy tvorenej plechovkou s tekutinou. Možno urobiť záver, že bubliny vytvorené potrasením nápoja sa tesnejšie prichytia povrchu plechovky a vytvoria pevnejšie prepojenie medzi obalom a obsahom ako v prípade bez bublín (t.j. nepotrasenej plechovky). Toto tesnejšie prepojenie (spôsobené povrchovým napätím medzi bublinami a plechovkou) prenáša do kvapaliny energiu účinnejšie ako samotná kvapalina, ktorá sa len nepatrne trie o hladké steny nádoby. V snahe vysvetliť tento jav boli realizované viaceré experimenty [5]. Pri experimentoch bol meraný čas pohybu po tej istej naklonenej rovine u rôznych nápojov (napr. Pepsi cola, Coca cola light a ďalšie.). U všetkých

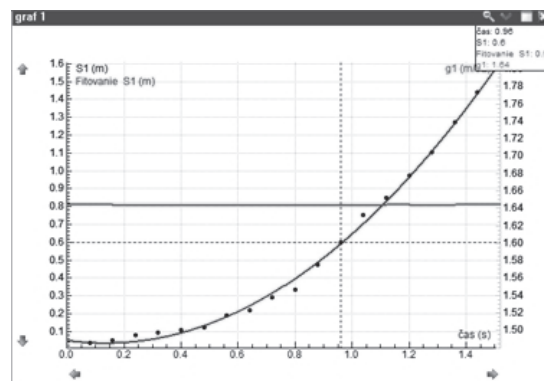
nápojov sa preukázal rovnaký efekt, teda kratší čas u nepotraseného a dlhší čas u potraseného nápoja. Následne sa testovali tri iné tekutiny – voda z vodovodu, voda so saponátom a „bezbullinková“ Cola, t.j. Cola ktorá bola otvorená po celý deň. Skutočnosť, že voda z vodovodu prakticky nevykazovala tento efekt viedla k potvrdeniu predpokladu, že pozorované správanie spôsobujú bubliny obsiahnuté v kvapalinách. Rovnaké správanie však preukázala aj „bezbullinková“ Cola, ale po potrasení takejto Coly v plastovej fľaši, zistíme, že sa v nej nachádza ešte viac peny ako pôvodne, keď bola sýtená. Na potvrdenie spomenutého predpokladu boli urobené ešte ďalšie pokusy, pri ktorých boli merané časy pred potrasením a po potrasení, pričom sa následne nechala plechovka odpočívať 15 minút, resp. 2 hodiny. Merania ukázali, že po 15 minútach sa ešte kvapalina nedostala do pôvodného stavu, ale po dvoch hodinách už áno. Túto skutočnosť potvrdil aj pokus s pohybom plastových nádob naplnených vodou so saponátom. Pre jednoduchý školský pokus je vhodné porovnať súčasný pohyb dvoch rozmerom a hmotnosťou zhodných nádob. Pokus je pekným príkladom, ako poskytnúť študentom priestor na ich vlastné bádateľské aktivity. Učiteľ predvedie len samotný pokus, nechá ich pátrať po vysvetlení a realizovať vlastné pokusy. Je vhodné predviesť pokus s dvomi priehľadnými nádobami, z ktorých je jedna naplnená čistou vodou a druhá mydlovou vodou. Náznosť pokusu a správnosť úvahy o vzniku tesnejšieho prepojenia medzi nádobou a tekutinou je možné overiť aj pokusom s nádobou v ktorej by bol vo vode vložený dostatočne veľký molitan, pričom celková hmotnosť nádoby by bola rovnaká ako hmotnosť nádoby s vodou. Nádoba s molitanom výrazne zaostáva nielen voči nádobe s vodou, ale aj voči nádobe so spečeným roztokom.



Môžeme určiť gravitačné zrýchlenie na Mesiaci?

Určenie gravitačného zrýchlenia voľne padajúceho telesa patrí k štandardným školským experimentom. V priebehu rokov boli vymyslené a zdokonaľované metódy na jeho čo najpresnejšie určenie. V poslednej dobe sa často využíva aj videomeranie. Práve použitie videa nám umožní spolu so študentmi odpovedať na otázku v nadpise. V priebehu spoločnej diskusie ohľadne možnosti jeho určenia určite prideme aj k nápadu, že by sme mohli využiť vhodné video. Dáme študentom za úlohu pokúsiť sa vyhľadať takéto video. [6, 7] Na web stránke NASA nájdeme video, ktoré bolo zrealizované počas misie Apollo 15 na Mesiaci. Na tomto videu je zachytený experiment, ktorý zrealizoval astronaut David Scott. Na videu je zachytené ako z rovnakej výšky

púšť a ťažké geologické kladivko a ľahké pierko. Hoci video nie je veľmi kvalitné, dá sa z neho potvrdiť fakt, že obidva predmety dopadnú na povrch Mesiaca súčasne, čo potvrdzuje fakt, ktorý predpovedal Galileo Galilei už dávno pred tým a síce že vo vákuu všetky telesá spustené súčasne aj dopadnú súčasne. Video však môžeme súčasne aj na určenie gravitačného zrýchlenia na Mesiaci. Kvalita videa je pomerne slabá a je pomerne zložitá rozlíšiť obidva objekty na pozadí. Navyše kamera nie je v úplne horizontálnej polohe. My sme realizovali videoanalýzu pomocou programu Coach 6. Klikaním na padajúce objekty sme zaznamenali polohu kladiva a pierka v závislosti od času. Namerané výsledky sme spracovali pomocou funkcie fitovanie a gravitačné zrýchlenie sme určili z fitovaného grafu pomocou funkcie derivácia. Presnosť určenia gravitačného zrýchlenia sa u jednotlivých študentov líšila, čo bolo spôsobené obtiažnosťou presného určenia pozície padajúcich objektov ako aj skúsenosťami študentov s videomeraním. Najlepšie hodnoty, ktoré sme získali udávali pre kladivo hodnotu $1,64 \text{ ms}^{-2}$ a pre pierko $1,87 \text{ ms}^{-2}$. Tieto hodnoty sú v celkom dobrej zhode s hodnotou udávanou v tabuľkách $1,62 \text{ ms}^{-2}$. Nepresnosť bola zapríčinená zlou kvalitou obrazu a teda aj nepresným zaznamenaním polohy kladiva a pierka v čase. Kladivo, ktoré bolo viditeľné lepšie, má aj určenú hodnotu bližšie k realite. Pokiaľ učiteľ nemá k dispozícii nami použitý softvér na videoanalýzu, môže použiť aj voľne dostupný softvér na videoanalýzu Tracker [8].



Literatúra

- [1] Featonby, D: Do floating beakers displace water? In: The Physics Education, Vol. 46, September 2011, pg. 630
- [2] Haruka Onishi, Masako Tanemura, Kyoko Ishii, Fumiko Okiharu, Masaaki Taniguchi, Junichiro Yasuda, Mika Yokoe, Hiroshi Kawakatsu: Simple and Beautiful Experiments V by LADY CATS and Science teachers groups. In: 08.09 Workshop, WCPE, July 1-6, 2012
- [3] Svoboda, E.: Pokusy z fyziky s jednoduchými pomůckami. Prometheus, Praha, 1995
- [4] Sliško, J., Planišič, G: Hands-on experiences with buoyant-less water. In: The Physics Education, Vol. 45, May 2010, pg. 290 - 295
- [5] Kagan, D: The Shaken-Soda Syndrome. In: The Physics Teacher, Vol. 39, May 2001, pg. 290–292
- [6] Persson, J.R., Hagen, J. E: Videos determine the Moon's g. In: The Physics Education, Vol. 46, January 2011, pg. 12 – 13
- [7] http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/lunar/apollo_15_feather_drop.html
- [8] <http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/>

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. LPP-0124-09.

Experimenty v modulech projektu PROFILES

LENKA PAVLÍČKOVÁ, JOSEF TRNA

Pedagogická fakulta MU

Evropský projekt PROFILES podporuje přípravu učitelů v badatelsky orientované výuce (IBSE). Hlavní inovační metodou jsou výukové moduly, ve kterých hrají zásadní roli experimenty. Cílem těchto modulů je zvýšit zájem žáků, ale zároveň rozvinout jejich přírodovědnou gramotnost. Jako konkrétní příklad bude prezentován fyzikální modul „Jak vědci pozorují“ s uvedením řady experimentů.

1. Výukové moduly v projektu PROFILES

Z mnoha výsledků výzkumů, které se zabývají přístupem žáků k přírodovědným předmětům na ZŠ a SŠ vyplývá, že nepatří mezi oblíbené. Pro učitele těchto předmětů je tedy velkou výzvou jak motivovat žáky ve výuce. K tomuto cíli by mohl vést projekt PROFILES, který je založen na implementaci IBSE ([1], [2], [3], [4]) do přírodovědné výuky. Jedním z cílů tohoto projektu je vytvoření a aplikace výukových modulů, které se týkají různých témat fyziky a také integrované přírodovědy.

V rámci projektu PROFILES ([5]) v ČR vyzkoušelo ve školním roce 2011/2012 ve své výuce deset učitelů fyziky ZŠ a SŠ modul s názvem „Jak vědci pozorují“. Tento modul byl učiteli-účastníky projektu vybrán z nabídky modulů, které byly vytvořeny odborníky z partnerských zemí. Modul byl zvolen hlavně pro jeho silnou motivaci a pro jeho jednoduché začlenění do výuky.

Modul se zabývá jednou ze základních metod fyzikálního bádání, pozorováním jevů. Upozorňuje žáky na to, jak je pozorování a následný popis zkoumání ve vědě důležitý. Při pozorování jevů v přírodě se dozvídáme základní informace díky našim smyslovým orgánům. Jak při pozorování využíváme smyslové orgány a jak nás mohou i klamat, to vše je součástí modulu. Základním nástrojem využívaným v modulu jsou **jednoduché experimenty**.

2. Ukázka modulu „Jak vědci pozorují“

Modul je podpořen studijními texty pro žáky a metodickým materiálem pro učitele. Materiál pro žáky obsahuje teoretický úvod; jednoduché experimenty a pracovní list. Ze začátku žáci plní jednoduché úlohy založené na experimentech, které se týkají sluchu, zraku, hmatu a čichu. Docházejí k myšlence, že „Pozorování je vnímání přírodních jevů s využitím všech smyslů“.



Obr. 5. Experimenty se smysly.

Modul dále žáky vede k uvědomění, že jenom samotné pozorování jevů smysly nestačí. Velmi důležité je umět si před a v průběhu pozorování daných jevů klást správné otázky, odpovědět na ně, výsledky zaznamenat a potom si výsledky porovnat s ostatními spolužáky.

Modul proto pokračuje sadou jednoduchých experimentů, které žáci sami provedou za pomoci učitele. Učitel si experimenty může připravit v podobě stanovišť, kde žáci mají nachystané pomůcky a připravené instrukce v pracovním listu (jak mají experiment provést a co mají vysvětlit). Vedle pozorování, odpovídají na otázky a zaznamenávají svá pozorování do pracovního listu. Do pracovního listu také zaznamenali smysl a smyslový orgán, který během pokusu používali.

Jako příklady uvádíme experimenty, které žáci v rámci modulu prováděli:

2.1 Za sklem

K provedení experimentu potřebujeme zkumavku s vodou a papír s textem. Text bude obsahovat slova, která nejsou souměrná podle vodorovné osy (např. LAMA, VRUT, VSTUP, NULA) a slova, která podle vodorovné osy souměrná jsou (např. KODEX, HOD, BOK, UCHO, OKO). Žáci nejprve přiložili zkumavku na papír se slovy a zkusili přečíst jednotlivá slova. Poté zkumavku drželi asi dva centimetry nad papírem se slovy a zkusili jednotlivá slova opět přečíst.



Obr. 6. Za sklem.

2.2 Tužka v láhvi

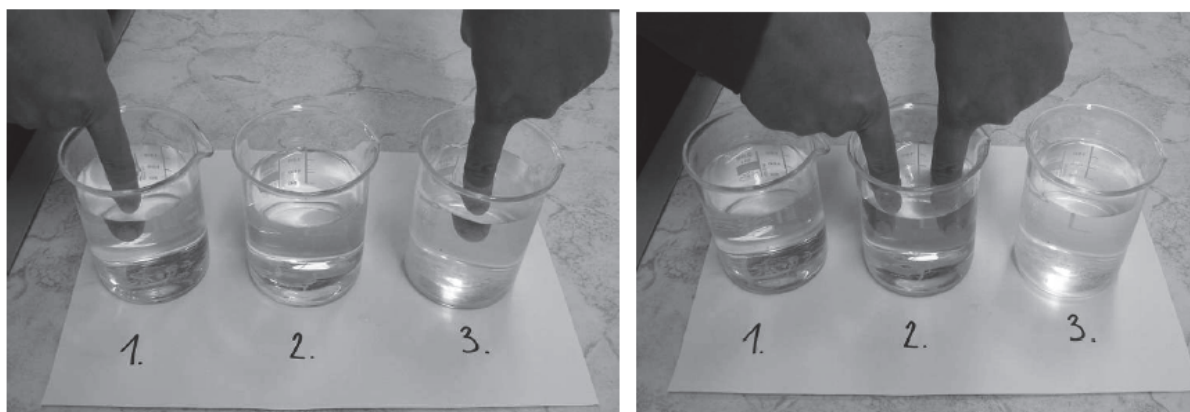
K provedení experimentu potřebujeme prázdnou láhev a tužku. Žáci měli za úkol vybrat jednoho, který bude „navigovat“ druhého. První si sednul na židli tak, aby měl láhev ve výšce očí, a zakryl si libovolné oko. Druhý, sedící přibližně o metr až dva daleko, vzal tužku a dal ji nad láhev. Člověk se zavřeným okem se ho pokusil navigovat tak, aby tužka skončila v láhvi. Tento experiment zkusili žáci nejdříve se zakrytým levým okem, pak se zakrytým pravým okem a nakonec si oči nezakrývali.



Obr. 7. Tužka v láhvi.

2.3 Teplá nebo studená?

K provedení experimentu potřebujeme tři sklenice s vodou (1. studenou, 2. vlažnou a 3. teplou). Žáci ponořili jeden svůj ukazováček cca na dvě minuty do vody studené a druhý současně do vody teplé. Poté je oba dali do vlažné vody, takže byly obklopeny prostředím stejné teploty.



Obr. 8. Teplá nebo studená?

2.4 Voní hezky!

K provedení experimentu potřebujeme plechovky, do kterých žáci nemohou vidět, s různými vůněmi (náplň např. mateřídouška, skořice, kakao, káva, kokos, máta, česnek, majoránka, kmín, černý čaj). Plechovky přikryjeme vatou, aby do nich nebylo vidět a očíslováme je. (Místo plechovek můžeme použít např. zavázané pytlíčky.) Žáci se pokoušeli určit jen čichem, co je v plechovkách.

2.5 Ťuk, ťuk!

K provedení experimentu potřebujeme PVC hadici a tužku. Žák si do uší opatrně vložil konce PVC hadice. Druhý žák tužkou ťukal na různá místa na hadici. Žák měl uhodnout, odkud zvuk pocházel. Při klepání na střed ukázal žák dopředu, posuneme-li se jen o několik centimetrů od středu, ukázaný směr se hodně liší. Tento pokus lze provést i opačně, pomocí vnímaného zvuku lze určit, kde leží střed hadice.



Obr. 9. Ťuk, ťuk!

2.6 Jablko nebo hruška?

K provedení experimentu potřebujeme jablka a hrušky nakrájené na plátky a šátek. Zavážeme žákovi oči a musí si zacpat nos. Žákovi položil spolužák na jazyk plátek jablka a nechal ho, ať ho rozkouše. Totéž udělal i s plátkem hrušky. Mezi pokusy žák vypláchnul ústa čistou vodou. Hygiena výjimečného experimentu, při kterém se může konzumovat ovoce je samozřejmostí.



Obr. 10. Jablko nebo hruška?

2.7 Co je v láhvi?

K provedení experimentu připravíme několik větších zavařovacích láhví, které omotáme látkou tak, aby do nich nebylo vidět. Láhve si označíme čísly. Do jednotlivých láhví umístíme různé předměty. Místo láhví můžeme použít např. krabice od bot s vyrobeným otvorem. Takto nachystané láhve položíme na stůl. Úkolem žáka bylo po vsunutí ruky do láhve ohmatáváním a dotýkáním zjistit, jaký je to předmět a z jaké je látky.



Obr. 11. Co je v láhvi?

3. Závěr

Materiál pro učitele obsahuje metodický popis modulu, cíle a kompetence, které žáci v průběhu provedení modulu získají, seznam pomůcek, které si musí k daným experimentům obstarat, vysvětlení daných experimentů a některé zajímavé odkazy, které mohou použít na rozšíření obsahu modulu.

V současné době tým projektu PROFILES připravuje vlastní modul na příští školní rok, který budou opět ověřovat učitelé fyziky v praxi. V budoucnosti se chceme zaměřit i na moduly pro žáky se specifickými poruchami učení. Základem všech modulů budou jednoduché experimenty.

Školní experimenty mají tři základní složky: vědecky správnou prezentaci fyzikálního jevu, technicky dokonalé provedení experimentu a optimální didaktické zařazení experimentu do výuky. Většina autorů experimentů se věnuje jen prvním dvěma složkám a podceňuje či ignoruje úvahy o jejich optimálním didaktickém využití. Právě prezentovaný modul projektu PROFILES je ukázkou jedné z možností, jak sestavit soubor jednoduchých experimentů do didakticky efektivního celku.

Literatura

- [1] Kyle W. C. What research says: Science through discovery: Students love it. *Science and Children*, 1985, 23(2), 39–41.
- [2] Narode R. *Teaching Thinking Skills: Science*. Washington, DC, National Education Association, 1987.
- [3] Rakow S. J. *Teaching Science as Inquiry*. Fastback 246. Bloomington, Phi Delta Kappa Educ. Found., 1986.
- [4] Trna, J. Využití IBSE ve výuce fyziky. Využití IBSE ve výuce fyziky. In *Veletrh nápadů učitelů fyziky 16*. Olomouc: UP Olomouc, 2011, s. 237-245.
- [5] http://www.profiles-project.eu/cms_profiles/

Poděkování

Studie vznikla v rámci projektu PROFILES: Professional Reflection-Oriented Focus on Inquiry-based Learning and Education through Science (FP7-SCIENCE-IN-SOCIETY-2010-1, 266589).

Pár zajímavých nápadů III

Generátor funkcí jako zdroj k blikání LEDek

VÁCLAV PAZDERA

Gymnázium, Olomouc, Čajkovského 9

Abstrakt

Příspěvek je věnován jednomu využití *Generátoru funkcí* k blikání LEDek.

LabQuest jako generátor funkcí

Jako generátor funkcí s výhodou používám LabQuest 2 u kterého je možné přesné nastavení frekvence střídavého signálu.



Obr. 1. LabQuest 2 zapnutý jako generátor funkcí.

Podrobnější informace viz [1]. K LabQuestu 2 je potřeba připojit **zesilovač** [2], který umožňuje připojit spotřebiče s větším příkonem (napětím). Např. LEDky, žárovku, reproduktor atd.



Obr. 2. Zesilovač (viz můj příspěvek na Veletrhu nápadů učitelů fyziky 16).

Parametry generátoru funkcí

Kmitočtový rozsah 0,25 Hz až 10000 Hz.

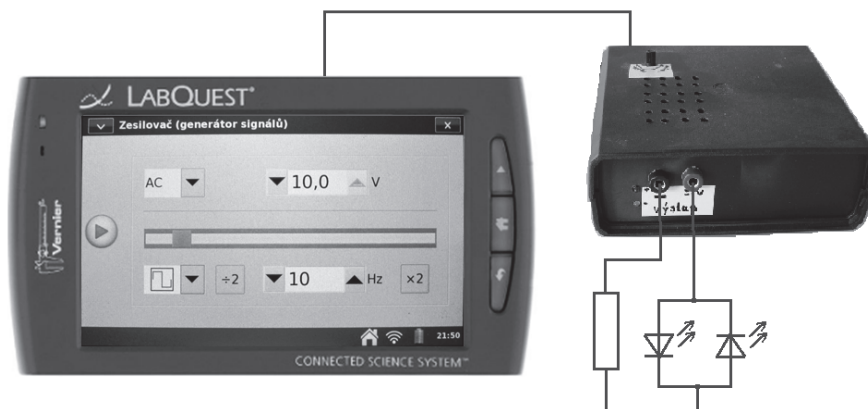
Výstupní napětí 0 až ± 10 V

Druh výstupního signálu: Sinus, obdélník, trojúhelník, pila.

Výstupní proud 0 až 1 A.

Využití LabQuestu 2 jako generátoru funkcí k blikání LEDek

K LabQuestu 2 připojíme zesilovač a dvě LEDky antiparalelně zapojené.

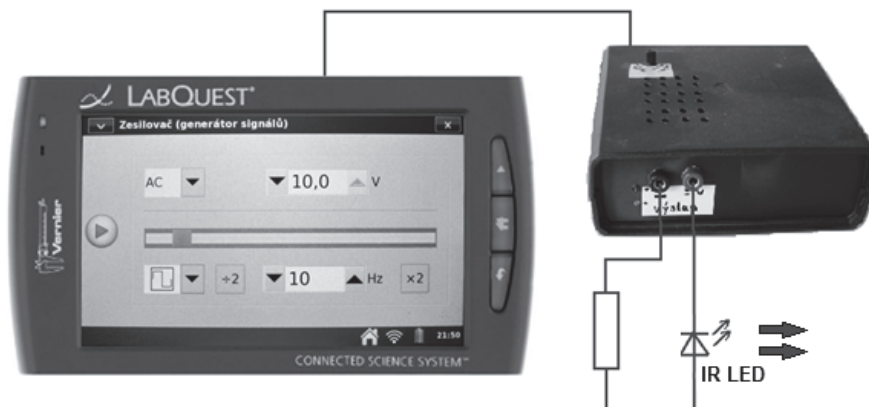


Obr. 3. Antiparalelně zapojené LED-ky.

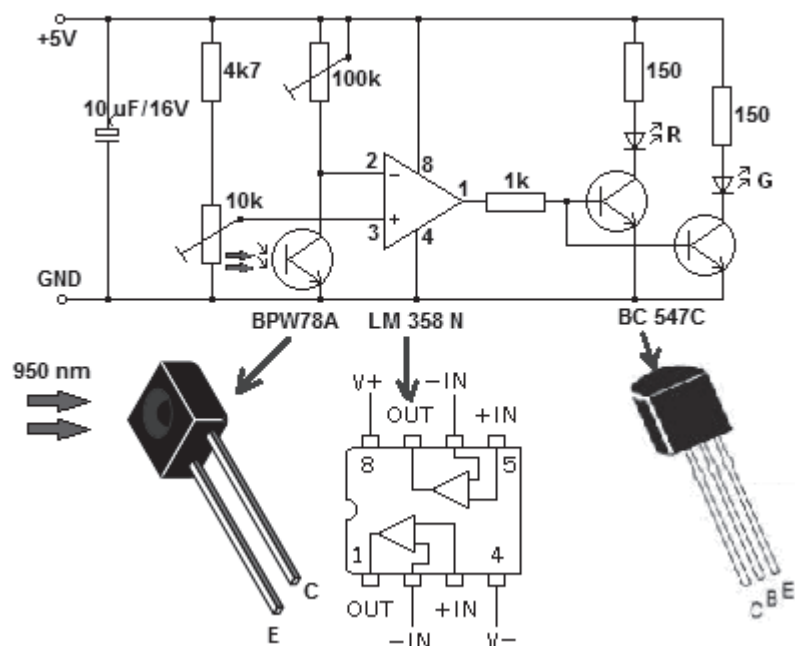
Postupně zvyšujeme frekvenci od 1 Hz a pozorujeme blikání LEDek. Přibližně při kmitočtu 33 Hz přestáváme pozorovat blikání (nedokonalost zrakového vjemu). Pokud chceme pozorovat blikání LEDek i při vyšších frekvencích můžeme s LEDkami **pohybovat**.

Pohyb blikajících LEDek po kružnici

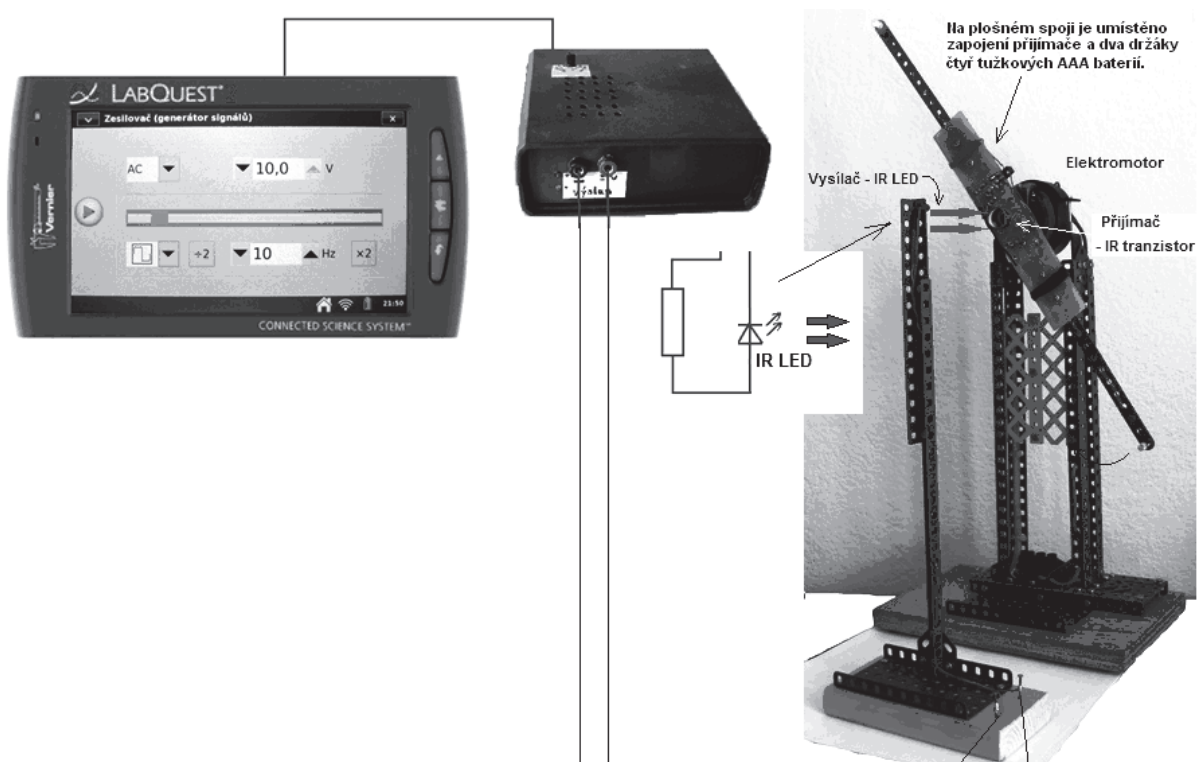
Při pohybu LEDek potřebujeme **přenášet** střídavý signál z generátoru a zesilovače na pohybující se LEDky (červená, zelená) a nelze k tomu použít vodiče (ty by se zamotaly). K přenosu střídavého signálu tvaru obdélníku použijeme IR signál (viz obr. 6.). K pohybu LEDek můžeme použít elektromotor, na který upevníme přijímač IR signálu s blikajícími LEDkami (viz obr. 6). Zapojení IR vysílače je na obr. 4. Vysílací IR LEDka je upevněná na stojánku. Zapojení IR přijímače je na obr. 5. a celkové uspořádání vysílače a přijímače je na obr. 6.



Obr. 4. Vysílač IR signálu tvaru obdélníku.



Obr. 5. Přijímač IR signálu s blikajícími LEDkami (upevněný na elektromotoru).



Obr. 6. Celkové uspořádání vysílače, přijímače a elektromotoru.

Pokusy s blikajícími LEDkami, které se pohybují po kružnici

Nyní zapneme elektromotor, který roztočí LEDky upevněné na koncích otáčejících se ramen. Na generátoru (LabQuest 2) budeme postupně nastavovat frekvenci od 1 Hz. Při určité frekvenci se pohyb blikajících LEDek „zastaví“. Tato počáteční frekvence odpovídá frekvenci otáčení elektromotoru. Nyní se můžeme bavit o **rovnoměrném pohybu po kružnici** a probírat pojmy: poloměr kružnice, dráha, úhlová dráha, úhlová rychlost, obvodová rychlost, frekvence, perioda a **trajektorie**.

V dalším kroku můžeme buď **plynule** zvyšovat frekvenci blikání LEDek nebo **skokem**: „×2“ (viz obr. 1. tlačítko „×2“). Vždy při dvojnásobně vyšší frekvenci můžeme pozorovat zastavení „kruhových oblouků“ a zvýšení jejich počtu na dvojnásobek.

V dalším kroku můžeme použít **regulátor otáček** elektromotoru a předvádět, jak se mění vznikající světelné obrazce se změnou počtu otáček.

V dalším kroku můžeme jako vysílač použít jiný zdroj IR signálu – např. **dálkový ovladač**. Tím se krásně zviditelní struktura vysílaného signálu. Můžeme zkoumat, zda je signál stejný při stisknutí různých tlačítek.

Závěr

Pokusy s **pohybujícími** se LEDkami, které blikají, ukazují také na **vlastnosti** těchto moderních světelných zdrojů, které tak lze studentům názorně předvést.

Literatura

[1] <http://www.vernier.cz>

[2] <http://www.vernier.cz/produkty/podrobne-informace/kod/PAMP>

Z Fyzikálního šuplíku 002

VÁCLAV PISKAČ

Gymnázium tř.Kpt.Jaroše, Brno

Abstrakt

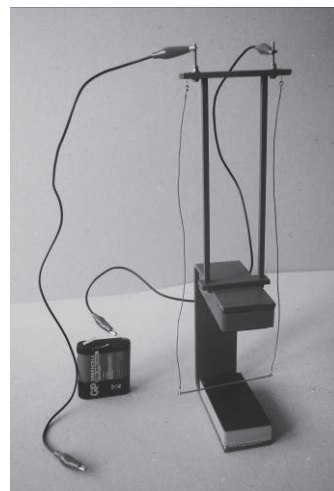
Příspěvek seznamuje se dvěma soubory pomůcek pro demonstrační experimenty – „Vodič v magnetickém poli“ a „Lepenkové vozíky“. Obě sady pomůcek i pokusy, které s nimi lze provádět, jsou podrobně popsány formou webových článků na stránkách autora [1].

1. Vodič v magnetickém poli

Na Veletrhu 2011 jsem předváděl demonstrační podkovovitý magnet [2] a slíbil, že k němu připravím soubor elektromagnetických pokusů. Soubor je podrobně zdokumentován na mých stránkách [3]. Zde uvádím pouze základní popis některých experimentů (jedná se o všeobecně známé pokusy, proto zde necituji literaturu, i když nejsem jejich autorem).

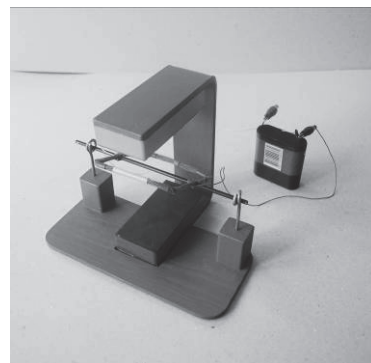
1.1. Elektromagnetická houpačka

Na stojící podkovovitý magnet se pomocí malých magnetek uchyty dřevěná hrazdička, ze které visí „houpačka“ z drátu. Po připojení k ploché baterii vylétne houpačka do boku. Ze známé orientace magnetického pole a směru proudu je možno snadno odvodit pravidlo pro směr síly působící na vodič.



1.2. Cívka v magnetickém poli

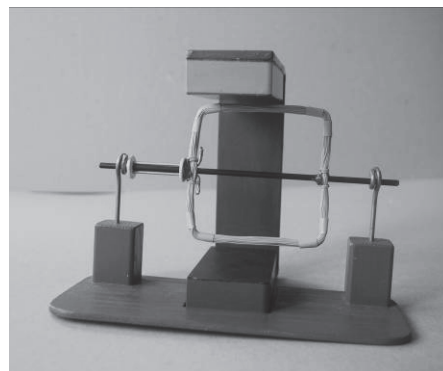
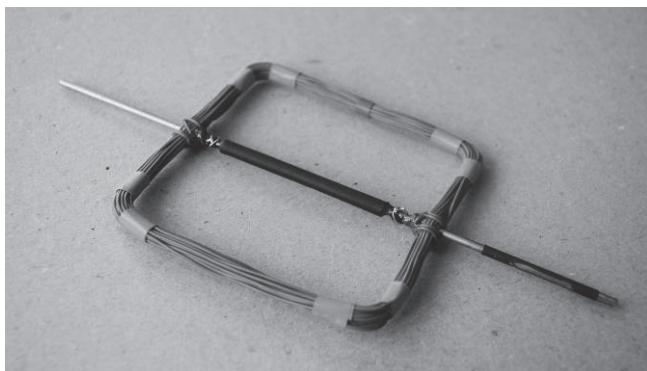
Cívka tvořená 20 závity izolovaného drátu je uchycena na pevnou osku. Ke zdroji je připojena dvojicí ohebných káblíků. Po zapnutí zdroje se prudce natočí do vodorovného směru. Při prepólování zdroje se otočí na opačnou stranu.



1.3. Elektromotory

Sada obsahuje dvě funkční makety elektromotorů. První z nich je takzvaný „jednopolový“ elektromotor, který je znám z mnoha návodů na webu (např. [7] a [8]). Seřiznutá izolace na ose ho během jedné poloviny otáčky odpojí od zdroje. Díky tomu je připojen ke zdroji vždy jen během části otáčky – ve „správný okamžik“.

Cívka druhého rotoru má dva vývody podél osy. Ke zdroji se připojuje pomocí drátků, které drží učitel v rukou a opatrně se dotýká vývodů. Při roztočení fungují vývody jako dvoupólový komutátor.

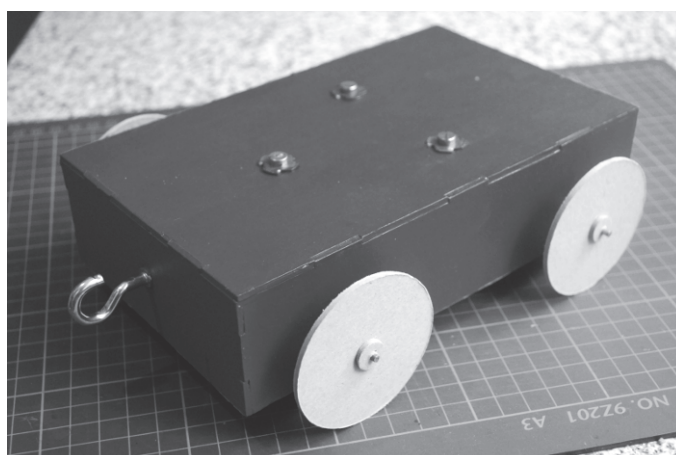


2. Lepenkové vozíky

Díky svým synům jsem zjistil, jak vyrobit lehké vozíky jezdící s minimálním třením. Klíčem k úspěchu je ocelová podložka přilepená k bočnici vozíku jako ložisko a mosazná oska, která jí prochází. Oska tře pouze o podložku, nedotýká se materiálu bočnice vozíku. Tímto způsobem je možno vyrobit vozíky z dřevěných lišt nebo z tvrdého papíru (postup stavby viz [4]).

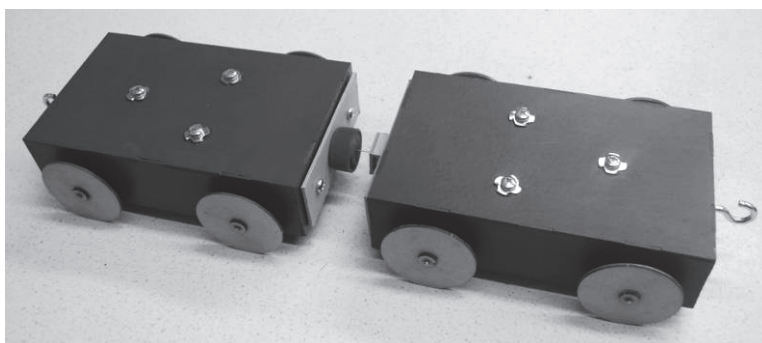
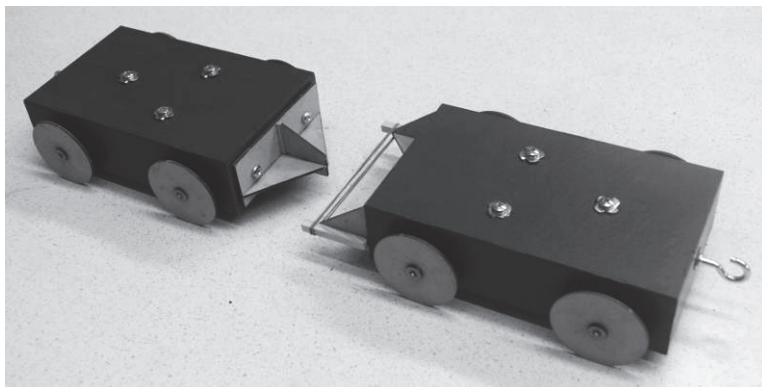
Pro sebe jsem si vyrobil vozíky z 2 mm silné papírové lepenky (díly jsou řezány laserem, ale stačí i šikovná ruka). Vozíky jsou dostatečně velké, přitom ale velmi lehké a unesou až kilogramovou zátěž. Na vozících mám osazeny nárazecí matice, takže lze snadno měnit nebo přidávat potřebné nástavce.

Se dvojicí vozíků lze demonstrovat většinu experimentů nutných pro úvodní kurz mechaniky (složky síly, zákon akce a reakce, zákon zachování hybnosti, rázy, reaktivní pohon, ...). Podrobný popis viz [5] a [6].



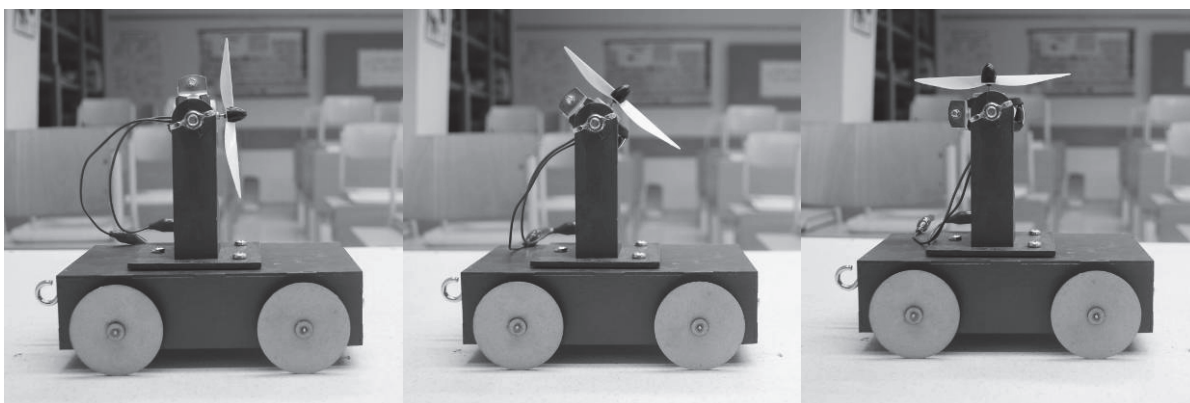
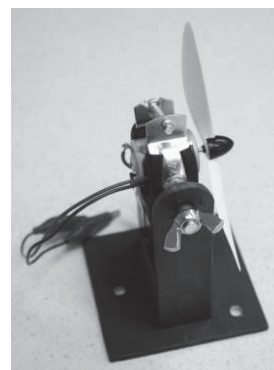
2.1. Rázy těles

Dvojice nástavců, které se k čelům vozíků přichytávají šrouby, umožňují demonstrovat dokonale pružný i dokonale nepružný ráz. Efekt experimentů je srovnatelný s použitím vzduchové lavice.



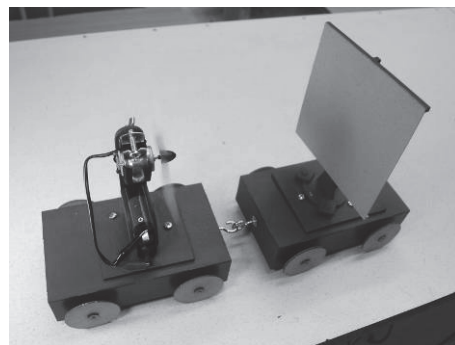
2.2. Vrtulový nástavec

Dalším z nástavců je stojan s modelářským elektromotorem a vrtulkou. Jedním z jevů, který nástavec umožňuje předvést, je vliv směru síly na pohyb tělesa. Motorek s vrtulkou lze naklánět, takže do směru pohybu působí různě velká složka síly – vozík se rozjíždí s výrazně rozdílným zrychlením.



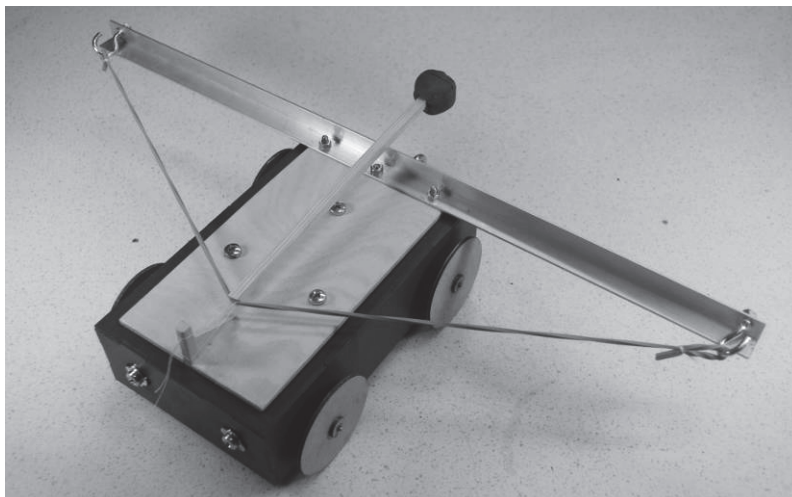
Sonarem lehce změříme závislost rychlosti vozíku na čase (jedná se prakticky o rovnoměrně zrychlený pohyb). Na druhý vozík lze přišroubovat stěžen s plachtou a hrát si na plachetnici.

Pokud spojíme vozík s vrtulkou a vozík s plachtou gumičkou, můžeme prakticky ověřit klasický problém, jestli se plachetnice rozjede, pokud její posádka fouká do plachet...



2.3. Zpětný ráz

Efektní pokusy umožňuje nástavec s gumovým prskem vystřelující dřevěné „šípky“. Guma je po natažení praku zajištěna nití. Její přepálení umožňuje vystřelit, aniž by byl vozík ovlivněn. Pokud je šíp zatížen plastelínou nebo gumovou zátkou, získá vozík značný zpětný ráz. Pokud vystřelíme šíp bez zátěže, vyletí větší rychlostí, ale vozík získá výrazně menší zpětný ráz. Pokud vozík před výstřelem zablokujeme zarážkou, doletí střela mnohem dál.



Literatura

- [1] <http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz>
- [2] Piskač V.: *Z Fyzikálního šuplíku 001*. In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 16. Prometheus Praha 2011.
- [3] Piskač V.: *Vodič v magnetickém poli*, dostupné online
http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/elekto/vodic_v_magnetickem_poli.pdf
- [4] Piskač V.: *Stavba vozíku*, dostupné online
http://skolnipomucky.websnadno.cz/stavba_voziku.pdf
- [5] Piskač V.: *Pokusy s vozíky 1*, dostupné online
http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/mechanika/pokusy_s_voziky_1.pdf
- [6] Piskač V.: *Pokusy s vozíky 2*, dostupné online
http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz/mechanika/pokusy_s_voziky_2.pdf
- [7] http://www.youtube.com/watch?v=it_Z7NdKgMY
- [8] <http://scitoys.com/scitoys/scitoys/electro/electro.html#motor>

Několik pokusů s LED

ZDENĚK POLÁK

Jiráskovo gymnázium v Náchodě

Abstrakt

Zkoumáme základní vlastnosti jedné LED. Několik pokusů pro výuku fyziky, ve kterých jsou použity LED a kde se projevuje kvantový charakter světla. Odhad Planckovy konstanty. Závislost luminiscenčních účinků světla na látku na vlnové délce světla.

Použití LED

Kdo by neznal svítivé diody LED a co všechno se s nimi dá dělat. Na veletrzích nápadů učitelů fyziky v minulosti již zaznělo 18 příspěvků, které velmi doporučuji k prostudování, a bezpočet dalších inspirací nalezne zájemce na internetu (např. [1]).

LED diody používáme jako kontrolky přístrojů, indikátory proudu a hlavně směru proudu v obvodu. Supersvítivé diody vytváří pozorovatelné světlo již při proudu řádově desetin mikroampéru. Jsou vhodné jako zdroje monochromatického světla pro pokusy se skládáním jednoduchých světél, při zkoumání odrazu od barevných povrchů i k pozorování interference. Již prvním pohledem přes mřížku lze poznat, že modré světlo má kratší vlnovou délku než červené, protože jeho maxima jsou blíže u sebe. LED diodami lze nahradit žárovky výkonových zdrojů bílého i barevného světla. Nenahraditelné jsou jako velmi levné a jednoduše realizovatelné zdroje neviditelného IR a UV záření. Málokdo ví, že je lze použít i jako detektory pro daný typ světla či záření. Ve viditelném spektru obvykle na LED diodě vzniká napětí, pokud ji osvětlíme světlem stejné vlnové délky, jakou vyzařuje, nebo případně vlnovou délkou kratší.

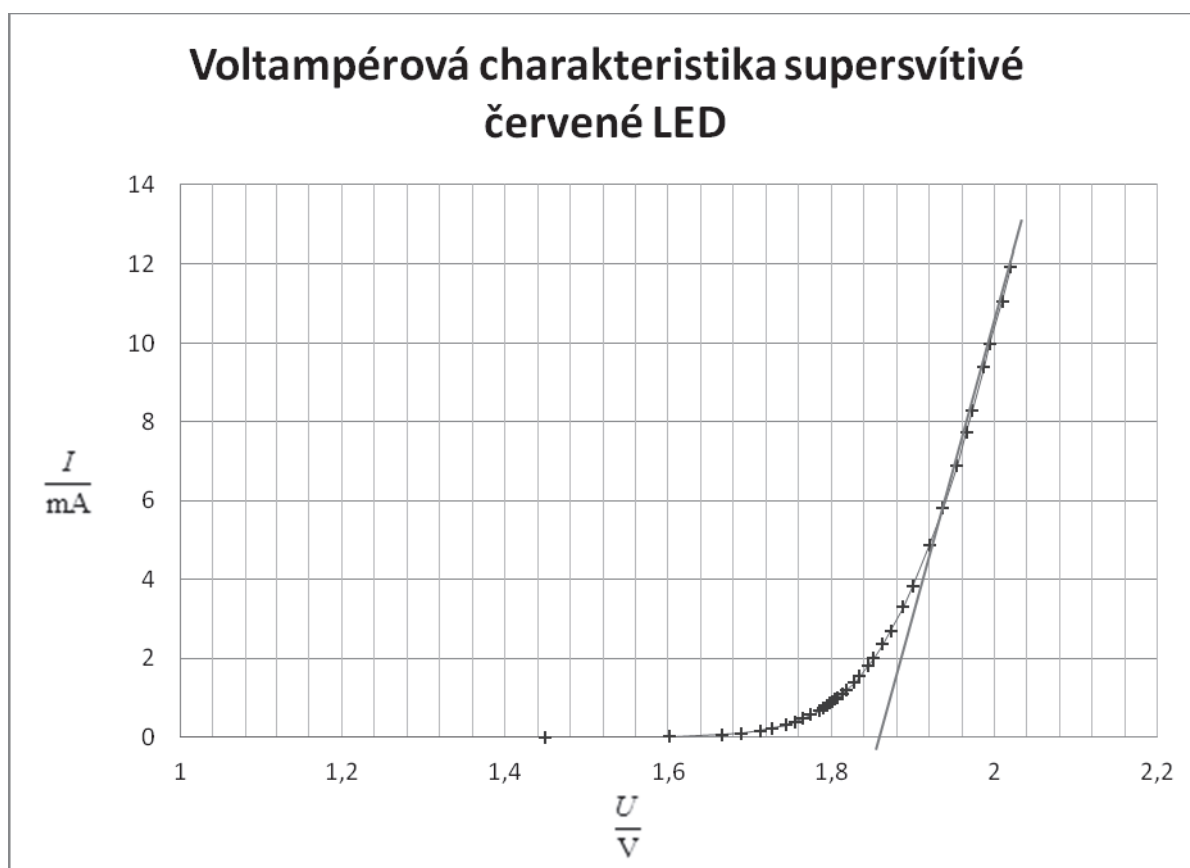
Proměříme-li pečlivě voltampérové charakteristiky a emisní charakteristiky jednotlivých LED, můžeme velmi dobře odhadnout velikost Planckovy konstanty. Pokud nemůžeme ve škole měřit vlnovou délku emisního spektra, musíme se jen spolehnout na údaj výrobce. Z vlastního měření jsem k výrobcem uváděným hodnotám velmi skeptický. Vlnová délka, na které dioda vyzařuje maximum energie, se může od katalogového údaje velmi výrazně lišit (i desítky nanometrů). Na druhou stranu překvapivě je vlnová délka λ_{\max} , na které diody nejvíce vyzařují, nezávislá na proudu procházejícím diodou.

Vlastnosti jedné supersvítivé LED

Pečlivě jsme měřili spektrum vyzařované supersvítivou červenou diodou pro proudy $1\ \mu\text{A}$, $10\ \mu\text{A}$, $100\ \mu\text{A}$, $1\ \text{mA}$, $10\ \text{mA}$ a pro všechny uvedené proudy platilo: $\lambda_{\text{max}} = (634 \pm 1)\ \text{nm}$. Naopak relativní intenzita svitu v uvedeném rozsahu rostla o něco rychleji než lineárně (viz tab. 1). Hodnoty λ_1 , λ_2 udávají vlnové délky, na kterých svítivost diody poklesla na polovinu maximální hodnoty. První dobře pozorovatelný zásvit nastal při napětí $1,45\ \text{V}$ při proudu $0,2\ \mu\text{A}$.

$I_D\ (\text{mA})$	$U_D\ (\text{V})$	Relativní intenzita na λ_{max}	$\lambda_{\text{max}}\ (\text{nm})$	$\lambda_1\ (\text{nm})$	$\lambda_2\ (\text{nm})$
0,1	1,69	3,1	634	626	641
1	1,81	44	634	626	641
10	2,00	500	635	626	642

Tab. 1. Některé charakteristické hodnoty pro běžnou supersvítivou červenou LED. Přesnost měření λ je lepší než $0,5\ \text{nm}$, přesnost intenzity lepší než $0,1\ \%$.



Lineární částí grafu proložíme přímkou. První viditelný svit je označen prvním křížkem $U = 1,45\ \text{V}$.

Odhad Planckovy konstanty

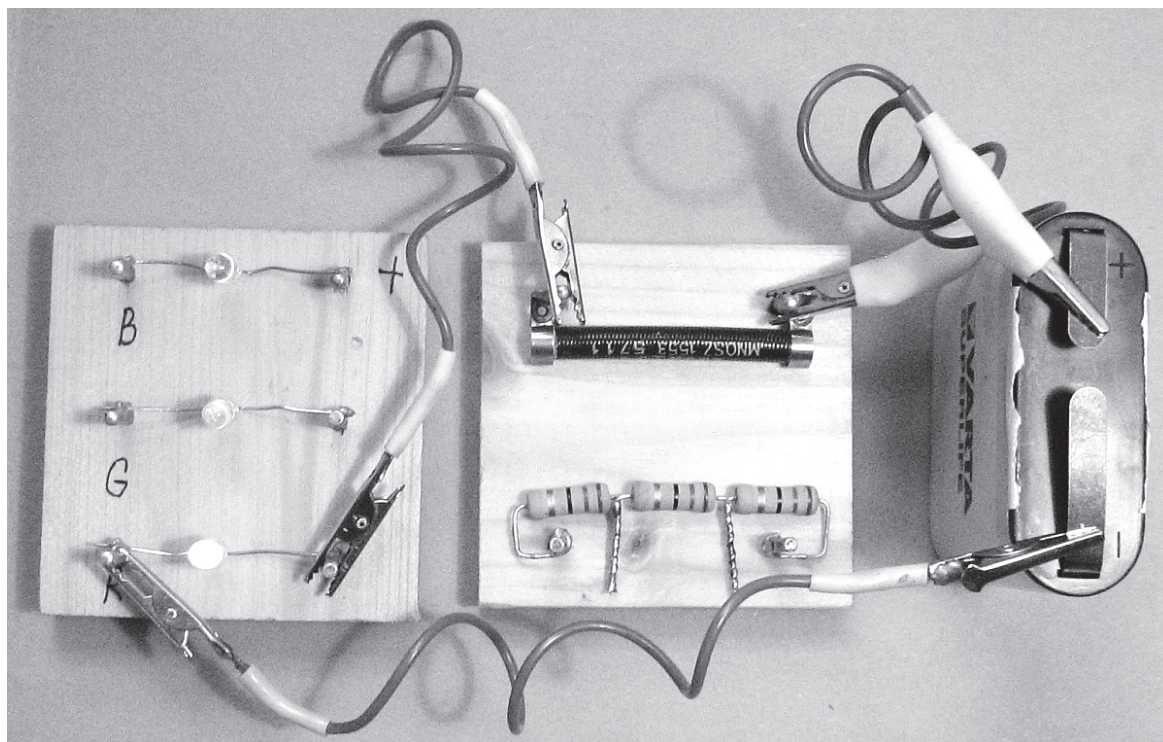
Postup měření Planckovy konstanty je dobře objasněn v řadě materiálů ([2], [3], [4]). Grafem voltampérové charakteristiky proložíme přímku a v průsečíku s osou napětí nalezneme hraniční hodnotu $U = 1,86$ V. Tomu odpovídající hodnota Planckovy konstanty je:

$$h = \frac{e \cdot U \cdot \lambda}{c} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1,86 \cdot 635 \cdot 10^{-9}}{3 \cdot 10^8} = 6,3 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}.$$

Velmi dobrá shoda s tabulkovou hodnotou $6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$.

Luminiscenční účinky světla LED diod

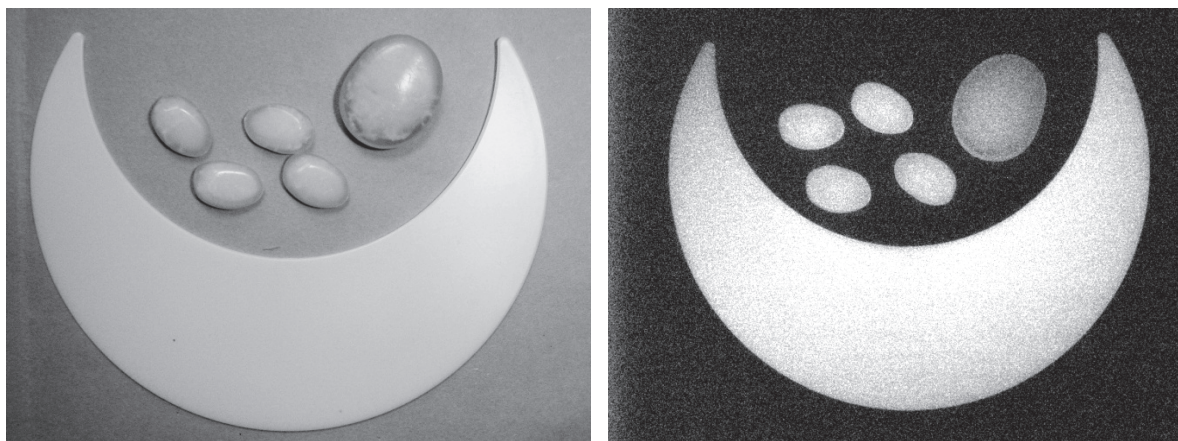
Ve škole se studenty řadu let provádím tento motivační experiment. Studenti dostanou do každé lavice trojici RGB (červená, zelená a modrá) barevných LED na prkénku, ochranný odpor 200Ω spojovací vodiče, a plochou baterii. Všechny tyto pomůcky velmi dobře znají, protože již dříve na laboratorních pracích měřili voltampérové charakteristiky LED diod.



Obr. 1. Na obrázku je standardní uspořádání zapojení barevných LED tak, jak s ním pracují žáci ve třídě.

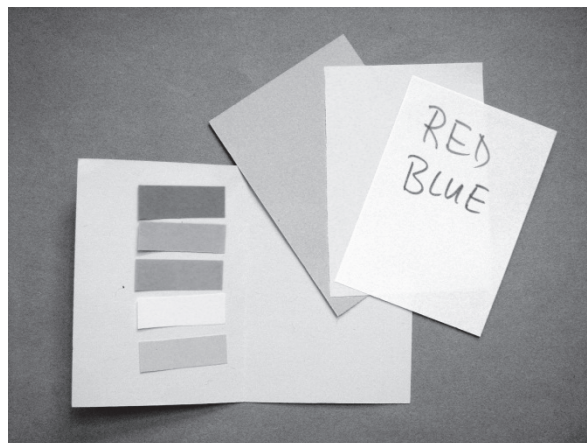
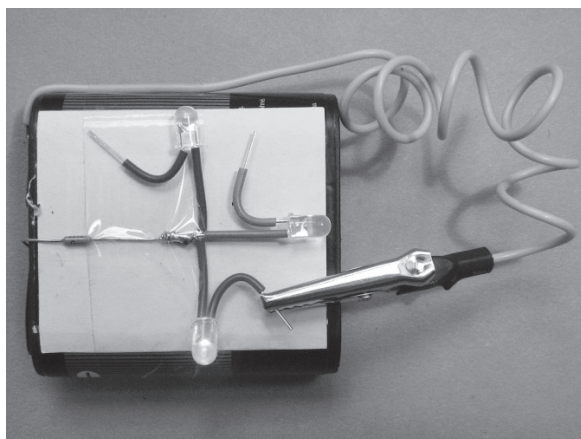
V místnosti je dokonale zatemněno a rozsvíceno jen slabší světlo (nad tabulí), aby si studenti zvykli na přitmě. Mají za úkol zapojit obvod tak, aby svítila červená dioda. Počkám, až si s tím studenti poradí a na každé lavici se rozzáří červené světélko. Pak si vyzkouší, jak svítí další diody. Rozdám papírky, na kterých jsou červená a modrá

písmena. Zhasnu světlo a nechám je, ať si posvítí červeným a modrým světlem na barevná písmena a popíší, co vidí. Ukáže se, že červená písmena v červeném světle v podstatě nejsou vidět, zatímco modrá písmena jsou velmi výrazná, tmavá. A obráceně. Toto většinou znají a dovedou vysvětlit. Pak je nechám rozsvítit červenou LED a ve tmě jim rozdám fluorescenční „kamínky“. Sdělím, že jde o průsvitné kousky plastu obsahující fosforeskující látku. Při osvětlení červenou diodou rozptylují červené světlo a ve tmě září červeně. Po oddálení od diody nesvítí. Po osvětlení zelenou diodou září zeleně a opět po oddálení okamžitě přestávají svítit (rozptylovat světlo). Po ozáření modrou diodou se plast rozzáří modře, ale po oddálení svítí zeleně. Jde o docela silný pocitový vjem, že pro modré světlo je něco zásadně jinak. Pak následuje vysvětlení, že fotony červeného světla mají příliš málo energie na excitaci atomů fosforeskující látky, stejně tak zelené světlo, ale fotony modrého světla již mají energie dostatek. Látka se excituje a po oddálení zdroje modrého světla vydává zelené světlo tvořené fotony s nižší energií. Tak jak to vyjadřuje Stokesův zákon (viz [5]). Bližší informace o svítících kamíncích viz např. www.trebax.cz.



Obr. 2, 3. Fluorescenční plast na světle a ve tmě.

Obdobný pokus provedeme pomocí fluorescenčních barevných papírů. Když osvítíme žlutý fluorescenční nebo obyčejný žlutý papír červenou diodou, vidíme jen odražené červené světlo. Je jedno, jestli je papír fluorescenční nebo není, v červeném světle to nepoznáme. Radikální změna nastane při osvětlení modrou diodou. Obyčejný žlutý papír se nám jeví jako tmavý. Žluté barvivo absorbuje modré světlo, naopak žlutý fluorescenční papír se doslova rozsvítí žlutým emisním světlem.



Obr. 4. (vlevo). Zjednodušené uspořádání trojice LED s baterií.

Obr. 5. (vpravo). Barevné papíry. Na žlutém kartonu jsou nalepeny fluorescenční papírky z bločku samolepících záložek. Také prostřední karta nahoře je žlutý fluorescenční papír.

Literatura a zdroje

- [1] <http://www.ceskatelevize.cz/porady/10121359557-port/535-svetlo-z-kryystalu/video/>
- [2] http://eso.vscht.cz/cache_data/1395/www.vscht.cz/ufmt/cs/pomucky/uhrovah/skripta/Uloha%2014a.pdf
- [3] <http://fykos.cz/rocnik20/reseni/reseni3-6.pdf>
- [4] <http://remote-lab.fyzika.net/experimenty/04/experiment-4-teorie.php?lng=cz>
- [5] <http://psych.lf1.cuni.cz/fluorescence/soubory/principy.htm>

Drobnosti do hodin fyziky

JAROSLAV REICHL

Střední průmyslová škola sdělovací techniky, Panská 3, Praha 1

V příspěvku jsou popsány některé jednoduché experimenty z různých oblastí fyziky, které mohou vhodným způsobem doplnit výklad. Dále je zde ukázka některých druhů testů, které lze použít pro testování žáků – jak ve fyzice, tak v matematice.

Úvod

V tomto příspěvku budou popsány experimenty a aktivity z různých oblastí fyziky a matematiky. Důvodem pro tento „mix“ je skutečnost, že to jsou, dle mého názoru, vhodné doplňky výuky, které se mi podařilo v poslední době buď vymyslet nebo předvést ve třídách během vyučovacích hodin. A vzhledem ke kladné zpětné vazbě od žáků případně od kolegů jsem se rozhodl je publikovat i v tomto sborníku.

V příspěvku budou popsány jak některé experimenty, tak některé nástroje pro testování žáků.

Experimenty

Experiment může mít ve výuce řadu funkcí (motivace, doplnění výkladu učitele, zadání problémové úlohy nebo demonstrace jejího správného řešení a podobně). Při dalším popisu experimentů naznačím, jak používám dané experimenty během výuky, ale netvrdím, že to je jediný způsob, jak daný experiment ve výuce využít.

Pítko pro ptáky

Inspirací pro výrobu pomůcky, kterou interně nazývám „pítko pro ptáky“, byla návštěva workshopu japonských kolegů na konferenci GIREP 2010 ve francouzské Remeši. Výroba pomůcky je náročnější na geometrickou představivost, ale cenově je velmi levná. Potřebujeme pouze prázdnou PET láhev s víčkem a menší plastový kelímek. V horní polovině láhve vyřízneme takový otvor, do kterého vlepíme část kelímku tak, jak je zobrazeno na obr. 1. K naplnění láhve pak budeme potřebovat kbelík, do kterého se celá láhev (včetně přilepeného kelímku) vejde. Láhev postavíme do kbelíku, přidáme do ní trošku potravinářského barviva, aby experiment lépe vynikl, a kbelík naplníme vodou. Tak se naplní obarvenou vodou i láhev; když je plná až po okraj (nebo tak, jak kbelík umožňuje), zavřeme ji víčkem (viz obr. 1). Láhev vyndáme z kbelíku a postavíme na stůl.

Nyní můžeme se žáky začít diskutovat, proč voda z kelímku přilepeného k láhvi nevyteče a kde se podobný princip uplatňuje v praxi. Žáci poměrně rychle přijdou na to, že klíčovou podmínkou stability vody v láhvi je rovnováha atmosférického tlaku vzduchu a hydrostatického tlaku vody v láhvi nad volnou hladinou vody v kelímku.

Můžeme i spekulovat, jak by mohla být láhev teoreticky vysoká (resp. jaká výška vody by mohla být nad volnou hladinou vody v kelímku), aby voda ještě nevytekla.



Obr. 1. Ukázka pomůcky.

Podobný princip se používá v některých zařízeních, ze kterých pijí ptáci nebo drůbež. Tím, jak odebereme vodu z kelímku, doteče do něj další z horní části láhve. To lze i prakticky vyzkoušet.

Nafukování sáčku

Tento experiment většinou uvádím před žáky tak, že budeme soutěžit v tom, kdo na méně nádechů nafoukne cca 4 metry dlouhý igelitový sáček (jedná se vlastně o plášť válce, tj. válcový igelitový sáček bez podstav). Tento sáček lze poslepovat ze sáčků na papírové dokumenty, které lze zakoupit za několik korun v kopírovacích centrech. Důležitým předpokladem pro dosažení maximálního efektu experimentu je, aby žák-dobrovolník, který se do soutěže s učitelem přihlásí, daný experiment neznal. Zároveň je nutné žáka volit s rozmyslem tak, aby nebyl po skončení experimentu pro ostatní žáky terčem posměchu; soutěž totiž ve většině případů prohraje.

Při vlastním experimentu (resp. soutěži) se učitel a žák postaví dopředu učebny před ostatní žáky do takové vzájemné vzdálenosti od sebe, aby mezi sebou mohli držet výše popsany igelitový sáček v téměř vodorovné poloze. První bude soutěžit žák. Cílem je, aby igelitový sáček začal nafukovat tak, jak asi napadne bez přemýšlení každého: konec sáčku zmáčkne jednou rukou k sobě, vytvoří v takto zmačkaném konci sáčku otvor a foukne (viz obr. 2). Učitel rukou pevně uzavře druhý konec sáčku a žák začne sáček nafukovat; k nafouknutí sáčku bude potřebovat přibližně 8 nádechů. Poté učitel ze sáčku vytlačí vzduch, žák jeden konec sáčku pevně stiskne a učitel začne nafukovat. Ale začne nafukovat jinak: svůj konec sáčku chytne oběma rukama a vy-

tvoří v okraji sáčku velký otvor a ze vzdálenosti cca 10 cm do něj po předchozím silném nádechu foukne (viz obr. 3). Sáček se nafoukne tímto jedním fouknutím.



Obr. 2. Nafukování sáčku na přibližně 8 nádechů.



Obr. 3. Nafukování sáčku na jeden nádech.

Vysvětlení zdánlivě zvláštního nafukování sáčku učitele využívá Bernoulliho rovnici. Ta platí v kvantitativním tvaru pouze pro ideální kapalinu, ale v kvalitativním tvaru (v místě s větší velikostí rychlosti proudící tekutiny klesá tlak) platí i pro plyny (tj. v tomto případě pro vzduch). Rychle proudící vzduch z učitelových úst strhává do sáčku i okolní vzduch (v oblasti rychle proudícího vzduchu vzniká oproti okolnímu atmosférickému tlaku podtlak). Proto lze tímto způsobem nafouknout sáček rychleji.

Hloubka ostrosti

V současné době má řada žáků či studentů ve svých mobilních zařízeních zabudován fotoaparát. Tato zařízení dokážou pořizovat velmi kvalitní snímky, ale přeci jen oproti běžným fotoaparátům mají tu nevýhodu, že vesměs není možné nastavit parametry pořizovaného snímku (čas expozice, clona, ...). Proto budou standardní fotoaparáty patrně ještě dlouhou dobu sloužit pro pořizování kvalitnějších fotografií. V té souvis-

losti (a také vzhledem k argumentaci, jaké parametry fotografií není možné na mobilních zařízeních nastavit) je dobré, aby žáci chápali základní parametry pořizovaného snímku. Jedním z parametrů výsledné fotografie je i tzv. hloubka ostrosti. Ta určuje rozmezí vzdáleností fotografovaných předmětů od objektivu, ze kterého se předmět zobrazí na výsledné fotografii ostře. Hloubku ostrosti lze ovlivnit pomocí tzv. clonového čísla: vyšší clonové číslo (tj. menší otvor, kterým světlo vstupuje do fotoaparátu) znamená vyšší hloubku ostrosti – tj. snímek bude ostrý jako celek (viz [1]). Vyšší clonové číslo je ovšem nutné kompenzovat delší dobou expozice, takže na fotografiích s velkou hloubkou ostrosti nemohou být ostře zobrazení např. rychle se pohybující atleti.

Jak souvisí pojem hloubka ostrosti s clonou (resp. clonovým číslem) lze ukázat dvěma způsoby. V obou z nich budeme potřebovat dataprojektor, kterým zobrazíme na promítací plochu mírně rozostřený text. V prvním případě si může každý žák zkusit experiment sám: stačí, když přimhouří oči. Tím se zúží otvor zornice (tj. na oku bude „nastavena“ větší clona) a text se zaostří. Lidé, kteří běžně používají brýle nebo kteří začínají špatně vidět, tento způsob doostřování podvědomě používají tak, že prostě mhouří oči.

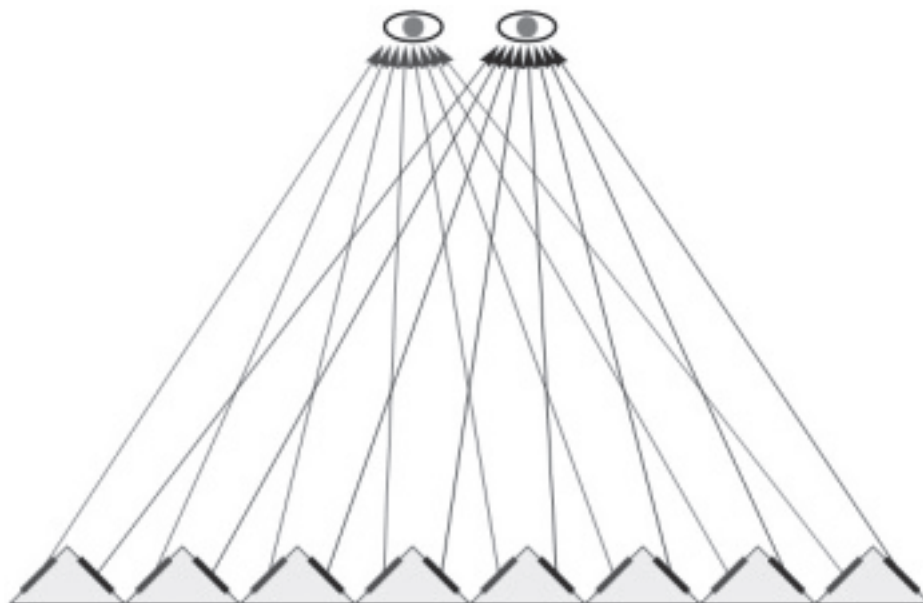
Pro druhý způsob demonstrace hloubky ostrosti vystříhneme do papíru formátu A4 několik vedle sebe umístěných kruhových otvorů s průměrem od cca 1 cm do 6 cm. Před objektiv dataprojektoru, který promítá mírně rozostřený obraz, umístíme největší otvor. Přitom nepozorujeme žádné znatelné změny v promítnutém obrazu. Postupně vystřídáme všechny otvory a při použití nejmenšího z nich je jasné vidět zostření obrazu na plátně.

Fresnelova čočka a 3D displeje mobilních telefonů

Již výše jsem zmínil moderní mobilní vybavení našich žáků. Mezi různými novinkami, které jsou spíše technologického rázu (miniaturizace, vyšší výkon či paměť, ...), se u řady mobilních zařízení setkáváme i se 3D displeji. Jedná se o mobilní zařízení, které musí být vybaveno též odpovídajícím softwarem, schopným zobrazovat 3D obrazy – a to jak fotografie, tak i filmy. Z fyzikálního hlediska je možné princip tohoto displeje vysvětlit a názorně ukázat pomocí tzv. Fresnelovy čočky a dětských obrázků.

Čočku, která je pojmenována po francouzském fyzikovi A. J. Fresnelovi (1788–1827), tento fyzik vynalezl v roce 1822 pro potřeby majáků na moři: zvýšila účinnost přenosu světla na moře. Fresnelovy čočky jsou (na rozdíl od klasických čoček) tenké, proto mají i menší hmotnost. Zjednodušeně lze říci, že Fresnel z klasické čočky ponechal pouze ty její části, které lámou světlo vstupující do čočky nebo z ní vystupující; ostatní její části prostě odebral (viz např. [2]). V současné době jsou tyto čočky dostupné na trhu také jako hračky nebo suvenýry v různých tvarech, takže je možné je žákům v hodinách fyziky ukázat.

Vlastnosti Fresnelovy čočky umožňují také zobrazovat 3D obrázky. Nerovný povrch čočky může zobrazovat dva různé obrazy, které pozorovatel vidí pod mírně odlišnými zornými úhly (viz obr. 4) a které až mozek vyhodnotí jako jediný obraz. Tím, že každý z obou obrazů byl pozorován pod mírně odlišnými zornými úhly, bude se výsledný obraz jevit prostorově.



Obr. 4. Princip funkce 3D displeje.

Na stejném principu jsou vyrobeny i některé pohlednice nebo obrázky pro děti.

Kromě tohoto principu existují i další možnosti vzniku 3D obrazu, které se používají u televizorů (viz např. [3]).

Testování

Testování je většinou ta méně záživná část učitelské práce, protože je časově poměrně náročná: vymyslet testy takové, aby všechny skupiny byly navzájem porovnatelné obtížností, obětovat část hodiny na napsání testu a následnou opravu a potom všechny testy spravedlivě ohodnotit. Během všech uvedených fází testování může učitel udělat chybu, kterou pak někteří žáci mohou vnímat jako zákeřnost či nefér jednání.

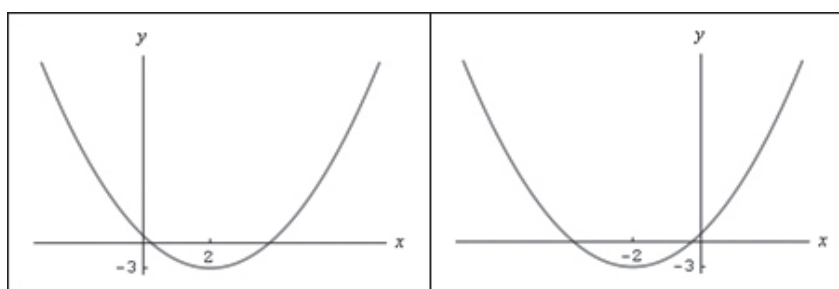
PEXESO

Žáky lze ale testovat také jinak. Pro učitele to bude sice opět práce navíc, ale žáky (na základě vlastní zkušenosti) tento způsob testování baví a z hlediska naplňování RVP je naprosto ideální: žáci kooperují, vyjadřují vlastní názory, argumentují ve prospěch své teorie, ... Žáci sice pracují ve skupinách, a proto by se mohlo zdát, že slabší spoléhají na ty dobré a pouze přihlížejí. Z několika testování tohoto druhu, které jsem provedl, ale vím, že tomu tak není vždy. Často i slabší žáci přispějí s dobrou myšlenkou a hlavně si všichni ujasní danou problematiku.

Inspirací k tomuto způsobu testování byla diplomová práce [4], kterou představila RNDr. Irena Dvořáková na svém workshopu na semináři *Jak učím fyziku?* ve Vlačovicích v roce 2011. Použil jsem námět, který autorka nazvala GRAFSESO. Pravidla a vyhodnocení jsem už ale přizpůsobil svému stylu výuky.

Postupně jsem si připravil několik sad kartiček, kterým jsem začal říkat standardně PEXESO, do výuky fyziky a (zatím hlavně) matematiky.

V současné době mám připraveny vlastní kartičky do fyziky na téma opakování za přibližně 2,5 roku výuky a do matematiky na témata výroky, množiny, lineární funkce včetně funkcí s absolutní hodnotou a kvadratické funkce včetně funkcí s absolutní hodnotou. Opakování (resp. testování) probíhá vždy stejným způsobem: žáci vytvoří 8 skupin (mám 8 shodných sad) a dostanou dvě sady kartiček, které jsou navzájem promíchané. Na jednom typu kartiček jsou např. grafy funkcí nebo výroky a na druhém typu kartiček pak předpisy daných funkcí nebo symbolické vyjádření výroku. Žáci mají za úkol přiřadit odpovídající si kartičky k sobě. Tato aktivita trvá přibližně 15 minut a během ní spolu žáci ve skupince spolupracují a snaží se najít správné řešení. Některé kartičky jsou záměrně podobné (viz obr. 5), aby žáci museli o úloze skutečně přemýšlet. Podle rychlosti přiřazení kartiček k sobě pak žáci získají odstupňované odměny: ti nejrychlejší jedničku a postupně snižující se počet plusů, na základě kterých (a to už žáci vědí) mohou později získat pěknou známku.



Obr. 5. Ukázka grafů na téma kvadratické funkce.

V případě zájmu o tato PEXESA je možné kontaktovat autora a materiál bude zaslán v elektronické podobě.

Závěrečný test pro 3. ročník technického lycea

V rámci závěrečného opakování učiva nejen třetího ročníku jsem připravil pro žáky technického lycea test, který byl velmi atypický. Obsahoval totiž kromě standardních úloh i úlohy, které vycházely z praktického použití fyzikálních poznatků. Nutno předeslat, že se všemi úlohami se žáci setkali v rámci cvičení z fyziky, kdy ve skupinkách zkoumali čočky, zrcadla, parametry fotoaparátu, ...

Připravil jsem čtyři varianty testu. Test byl vytištěn oboustranně na papíru formátu A4 a spolu s dalšími pomůckami byl vložen do průhledných plastových sáčků (tzv. euroobaly). Každý žák tedy dostal svůj sáček s testem a pomůckami.

Následuje ukázka jedné varianty testu:

1. Dvě malé vodivé kuličky (každá o hmotnosti m) jsou zavěšeny na nevodivých vlákních, jejichž hmotnost je zanedbatelná vzhledem ke hmotnosti kuliček. Vlákna visí svisle a kuličky se navzájem dotýkají. Popište, co se stane, jestliže každou z kuliček nabijeme stejným záporným nábojem. V situaci po nabití kuliček zakreslete všechny síly, které na kuličky působí, a napište jejich názvy.
2. Vysvětlete, jak se liší akord od složeného tónu.

3. Kojenec je v dané vzdálenosti slyšet s hlasitostí 70 dB. Kolik kojenců najednou slyšíme ve stejné vzdálenosti, je-li jejich celková hlasitost přibližně 77 dB?
4. Určete název přiložené součástky (v sáčku byl rezistor nebo kondenzátor). Jakou fyzikální veličinou je tato součástka charakterizována? Jaká je hodnota této veličiny u dané součástky? Jaký význam má tato součástka v elektrickém obvodu? Jaký elektrický proud jí bude procházet, připojíme-li ji a) ke zdroji stejnosměrného napětí 15 V, b) ke zdroji střídavého napětí 60 V s frekvencí 50 Hz?
5. Určete následující parametry žárovky, která se nacházela v přiloženém obalu (v sáčku byla krabička od žárovky nebo úsporné zářivky): výkon, jmenovité napětí, jmenovitý proud, odpor vlákna žárovky, světelný tok, svítivost (za předpokladu bodového zdroje světla), osvětlení knihy ve vzdálenosti 2 m od zdroje světla, na kterou dopadá světlo kolmo, a spotřebu za dobu předpokládané životnosti žárovky.
6. Vysvětlete princip činnosti polarizačních filtrů, které používají fotografové při fotografování. Při pořizování jakých záběrů tyto filtry nasazují na objektiv fotoaparátu?
7. Určete typ přiloženého zrcadla (v sáčku bylo duté nebo vypuklé zrcadlo). Zdůvodněte. V případě, že to je možné, určete jeho ohniskovou vzdálenost. Popište a zdůvodněte svůj postup. Nakreslete schéma tohoto experimentu.
8. Jakým směrem se primárně pohybují čočky objektivu fotografického přístroje při přeostrění z fotografování detailu lidské tváře na fotografování velmi vzdálených předmětů? Zdůvodněte. Proč je v textu první části otázky použito slovo „primárně“? Vysvětlete.
9. Jak se liší fotografie zobrazené na přiložených obrázcích? (V sáčku byly fotografie lišící se hloubkou ostrosti nebo zaostřením na popředí resp. pozadí snímku.) Napište správný název vlastnosti, která obě fotografie odlišuje, a vysvětlete, jaké parametry a jak musel fotograf při pořizování těchto snímků nastavit.
10. Napište názvy tří fyzikálních veličin, které mají stejnou hodnotu (resp. velikost) v Praze i na dně Mariánského příkopu. Napište názvy tří fyzikálních veličin, jejichž hodnoty (resp. velikosti) se v obou uvažovaných místech liší. V tomto případě také napište, jak se daná fyzikální veličina změní při přesunu uvažovaného experimentálního zařízení, které popisuje, z Prahy na dno Mariánského příkopu.

Literatura

- [1] <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/508>
- [2] <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1534>
- [3] <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1535>
- [4] Šrajlová M.: *Katalog námětů k opakování učiva fyziky na ZŠ formou hry*, diplomová práce MFF UK Praha, Praha 2005

Pár pokusů s kapalným dusíkem

MILOŠ ROTTER

Univerzita Karlova v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta

Abstrakt

K sérii pokusů s kapalným dusíkem popsanych v minulých letech připojujeme dva další. Demonstrují fázové přeměny, vznik pevného dusíku a kondenzaci kapalného kyslíku pomocí kapalného dusíku.

Jak vyrobit dusíkový led

Snižujeme-li tlak páry nad hladinou vroucí kapaliny tím, že páru odčerpáváme vhodnou vývěvou, klesá teplota kapaliny. Odebíráme totiž intenzivně molekuly, které mají nejvyšší energii, jež jim dovolila kapalinu opustit. Zbývající molekuly v kapalině mají stále menší vnitřní energii a tím i klesající teplotu. Kapalným dusíkem za normálního atmosférického tlaku ($p_a = 101,325 \text{ kPa}$) vře při teplotě $T_v = 77,35 \text{ K}$. Klesne-li jeho teplota na $T_t = 63,15 \text{ K}$, což odpovídá tlaku $p_t = 12,5 \text{ kPa}$ (trojný bod), dojde k fázové přeměně a dusík se stane pevným. Měrná tepelná kapacita kapalného dusíku je rovna $c_p \approx 2 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, výparné latentní teplo činí v těchto teplotách $L \approx 200 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ [1, 2]. K ochlazení tedy spotřebujeme zhruba 14 % kapaliny. Ve skutečnosti je úbytek kapaliny větší, neboť je třeba přidat ještě přirozený odpar kapalného dusíku, který není tepelně izolován.

Pevný dusík má charakter sněhu, do kompaktního ledu přechází až při nižších teplotách. Při tlaku syté páry se pevný dusík vyskytuje ve dvou krystalových modifikacích. Fáze α má hexagonální strukturu a orientace molekul N_2 v ní není fixovaná. Při teplotě $36,61 \text{ K}$ přechází do fáze β , která má strukturu kubickou plošně centrovanou, přičemž molekuly N_2 jsou orientovány do směru tělesových úhlopříček.

K přípravě pevného dusíku je třeba mít k dispozici vývěvu. Používáme rotační olejovou vývěvu s čerpací rychlostí $1,5 \text{ m}^3/\text{hod}$ s napouštěcím ventilem na vstupu, aby bylo možno začít čerpat malou rychlostí (postačila by však i vodní vývěva). Jako vakuovou komoru lze využít skleněnou nádobku se šroubovacím uzávěrem, např. od jogurtu, viz obr. 1. Do provrtaného víčka se epoxidovou pryskyřicí zalepí trubička, na níž se navlékne gumová hadice a spojí s vývěvou. Do nádoby je vložena plastová krabička od filmu, do níž se nálevkou opatrně nalije kapalným dusíkem. Počkáme, až se odpar dusíku uklidní, zavřeme víčko a začneme čerpat při otevřeném napouštěcím ventilku. Postupně snižujeme tlak v nádobce, až dosáhneme trojného bodu a zbylý kapalným dusíkem se přemění na pevný v podobě sněhové zátky, která vyskočí z krabičky. Pevný dusík má asi poloviční měrnou tepelnou kapacitu v porovnání s kapalinou a tak se ve špatně tepelně izolované nádobce postupně rozpouští.



Obr. 1. Nádobka na přípravu pevného dusíku.

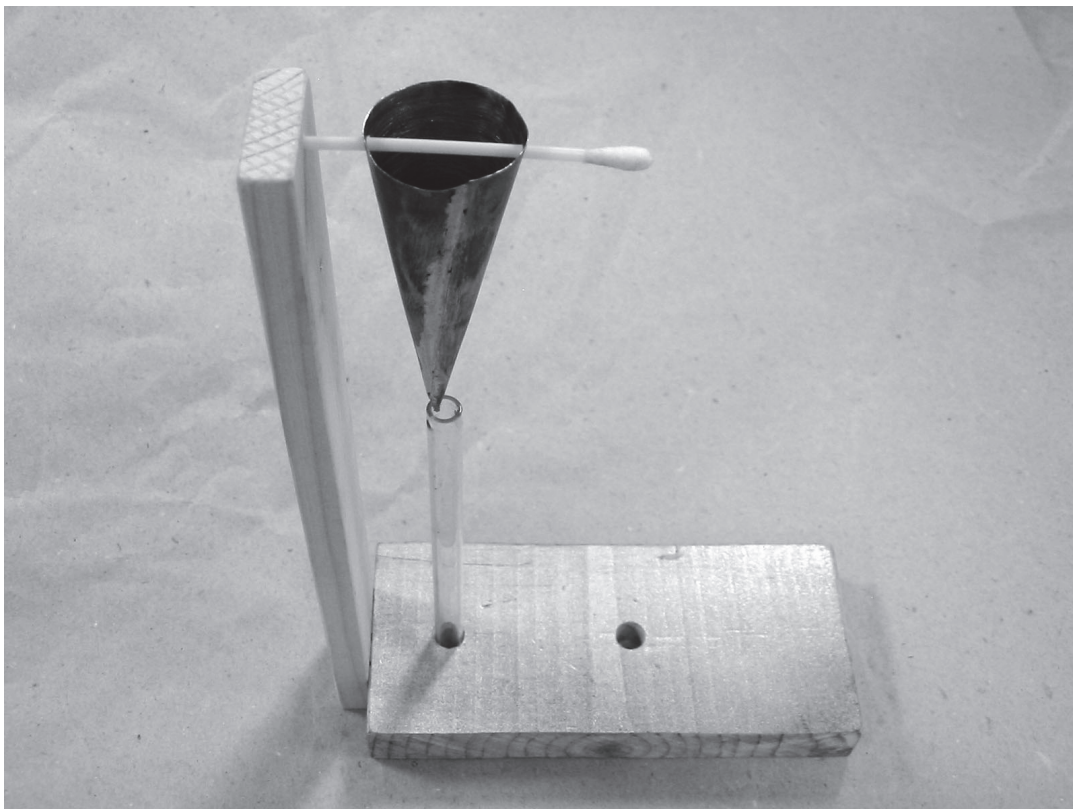
Jak získat kapalný kyslík

Kapalný kyslík se vyrábí podobně jako kapalný dusík ze vzduchu pomocí zkapalňovačů, tepelných strojů pracujících zpravidla v obráceném Kirkově (Philipsově) cyklu [1]. Ve větším množství se kapalný kyslík využívá v hutním či chemickém průmyslu a také v raketové technice. Kyslík je velmi aktivní okysličovadlo a zacházení s ním se musí řídit přísnými bezpečnostními pravidly. V prostředí vysoké koncentrace kyslíku snadno hoří běžně užívaná maziva, většina plastů i některé kovy, např. hliník, hořčík nebo titan a jejich slitiny. K zapálení, případně i výbuchu, postačí dodání jen malého množství energie, například nárazem nebo třením. Proto se v laboratoři vyhýbáme použití kyslíku, pokud to není nezbytné. Kapky kapalného kyslíku dopadající na pokožku jsou provázeny palčivou bolestí způsobenou prudkou oxidací.

Ukážeme si, jak lze bezpečně připravit malé množství kapalného kyslíku a demonstrovat jeho fyzikální vlastnosti. Vyhnete se zejména použití běžných tlakových lahví, s nimiž smí zacházet jen osoby, které absolvovaly speciální školení.

Kyslík ve své základní podobě vytváří dvouatomové molekuly. Z plynné do kapalně fáze přechází za normálního tlaku při teplotě $T_v = 90,188$ K, trojného bodu dosahuje při teplotě $T_t = 54,39$ K a tlaku $p_t \approx 150$ Pa. Není proto překvapující, že v otevřené nádobě s kapalným dusíkem časem ze vzduchu zkondenzuje nezanedbatelné množství kyslíku. Projeví se to zejména modrým zabarvením kapaliny. Taková směs kapalného dusíku a kyslíku může ovšem být nebezpečná, protože představuje výrazné okysličovadlo. Nádoby z pěnového polystyrénu, které jsou velmi vhodné pro krátkodobé používání kapalného dusíku, by neměly zůstat delší dobu bez zakrytí volně položeným víčkem. Dobře hořlavý polystyrén spolu s kapalným kyslíkem by se mohl stát zárodkem velmi nebezpečného požáru.

Malé množství kapalného kyslíku můžeme získat přímo ze vzduchu pomocí jednoduchého přípravku, viz obr. 2.

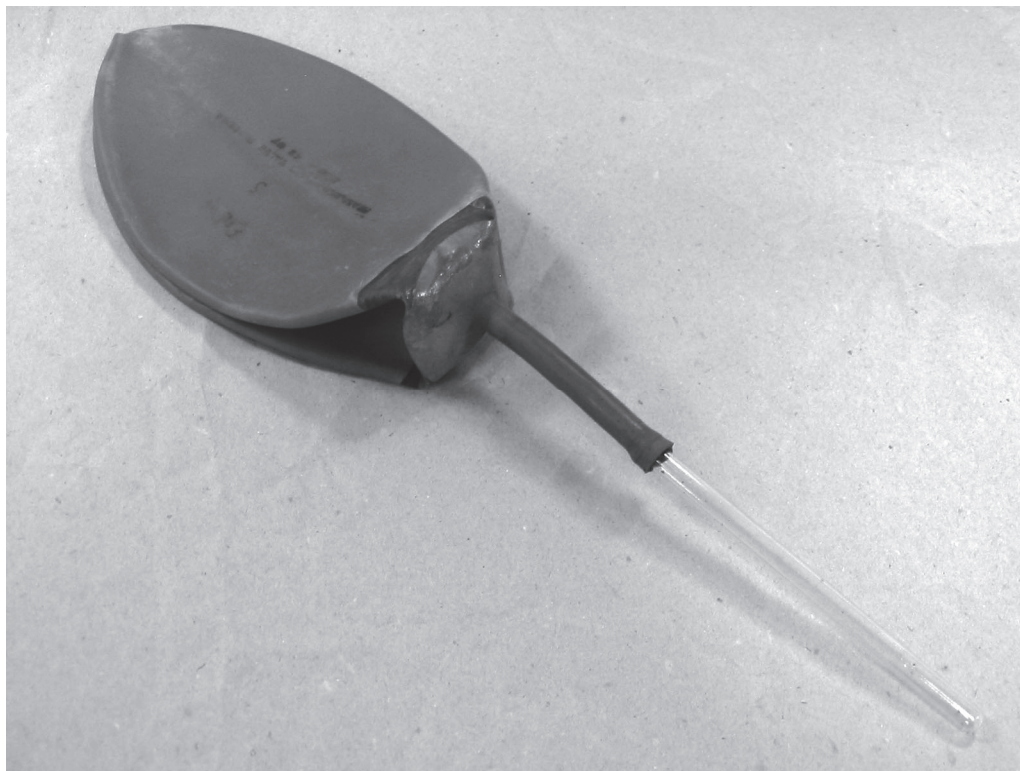


Obr. 2. Přípravek na zkapalnění kyslíku ze vzduchu.

Do kužele stočeného z měděného plechu tloušťky např. 0,3 mm a spájeného běžnou pájkou Pb-Sn naléváme kapalný dusík. Na povrchu kužele kondenzuje kapalný kyslík a odkapává do zkumavky. Četnost vzniku kapiček s časem klesá, poněvadž povrch kužele se obaluje ledem vzniklým z vodních par obsažených ve vzduchu. K získání jistého množství kapalného kyslíku je třeba odpařit více než dvojnásobné množství kapalného dusíku. Kondenzační teplo kyslíku je $L = 213 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, měrná tepelná kapacita plynného kyslíku je $c_p = 0,91 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ a plyn musí být ochlazen z pokojové teploty na 90 K. Kyslík se ve zkumavce rychle odpařuje, jeho přítomnost lze však prokázat pomocí zapálené špejle, kterou před zasunutím do zkumavky sfoukneme. Špejle ve zkumavce znovu vzplane. Kapky můžeme zachycovat do malého smotku vaty namotané na špejli. Kyslíkem nasycená vata nad plamenem svíčky prudce zahoří.

Přiblížíme-li k odkapávajícím kapkám z boku permanentní magnet, nejlépe ze slitiny NdFeB, jsou kapky kyslíku strhávány k magnetu, který se obalí vrstvou kapaliny. Prokážeme tak silný paramagnetismus kapalného kyslíku. Relativní susceptibilita kapalného kyslíku má neobvykle velkou hodnotu $\chi = + 3\cdot 10^{-4}$. Poprvé byla měřena v roce 1898 Jamesem Dewarem spolu s J. A. Flemingem. Moderními výpočetními metodami molekulární dynamiky bylo možné prokázat, že magnetický moment molekuly O_2 je způsoben dvěma nespárovanými elektrony v molekulárních orbitech.

Větší množství kapalného kyslíku můžeme získat pomocí čistého lékařského kyslíku, který se prodává pro záchranářské účely v malých kovových nádobách obsahujících 8 litrů plynu pod tlakem asi 1 MPa (nepatří tedy mezi tlakové nádoby a lze s nimi volně zacházet). Plynným kyslíkem nafoukneme gumový balónek nebo duši z kopacího míče (dnes je již vzácností), jak je vidět na obr. 3.



Obr. 3. Balónek s připojenou zkumavkou.

Nafouknutý balónek má objem asi 1,3 l. Připojíme k němu zkumavku, kterou ponoříme do lázně kapalného dusíku. Do zkumavky během několika minut zkondenzuje asi 1,5 ml kapalného kyslíku (poměr objemu odpařeného kyslíku za pokojové teploty k objemu kapaliny je zhruba $V_g/V_l = 845$). Zkumavka má v našem pokusu vnitřní průměr 6 mm a tak spatříme sloupec asi 5,5 cm krásně namodralé kapaliny, s níž můžeme rovněž demonstrovat magnetické a oxidační vlastnosti kapalného kyslíku.

Namodralá barva kapalného kyslíku souvisí s vytvořením molekulárních orbitů molekuly O_2 . V absorpčním spektru O_2 se ve viditelné části spektra pozorují široké absorpční čáry, které z procházejícího bílého světla ponechají právě jen světle modrou barvu. Vlnové délky přechodů mezi základními energetickými stavy molekuly O_2 odpovídají však jen slabým čárám v infračervené oblasti spektra [3]. K vysvětlení vzniku pozorovaných výrazných absorpčních čar je nutné předpokládat, že jeden foton způsobí simultánní přechody dvou elektronů do excitovaných stavů ve dvou různých molekulách. Další čáry pocházejí ještě od příměsí vibračních přechodů molekul. Dvojice molekul, které se účastní tohoto procesu, nemusejí být spolu vázány. Postačí, že mezi nimi dochází ke srážkám.

Naplníme-li balónek místo kyslíkem pouhým suchým vzduchem, získáme uvedeným postupem rovněž kapalný kyslík, ovšem jen asi v pětinovém množství. Několik mili-

litřů kapalného kyslíku můžeme během zhruba dvaceti minut získat také ve skleněné nádobce ponořené do kapalného dusíku, již necháme pod malým tlakem procházet slabý proud suchého vzduchu.

Dosavadní soubor pokusů s kapalným dusíkem [4] jsme tak doplnili o demonstraci některých termodynamických fázových přechodů kryogenních kapalin.

Literatura

- [1] Jelínek J., Málek Z.: Kryogenní technika, SNTL Praha 1982
- [2] Pobel F.: Matter and Methods at Low Temperatures, Springer Berlin 1992
- [3] Ogryzlo E. A.: *Why liquid oxygen is blue*. J. Chem. Education **42**(1965) 647
- [4] Rotter M.: In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 5, 7, 10 a 12, Ed.: Svoboda E., Dvořák L., Prometheus Praha

Zkušenosti studentů s řešením fyzikálních úloh

*MARIE SNĚTINOVÁ, LEOŠ DVOŘÁK, ZDEŇKA KOUPILOVÁ
KDF MFF UK, Praha*

Studenti (nejen) na středních školách se často při řešení úloh z fyziky potýkají s mnoha obtížemi. Není to tím, že užívají nevhodné strategie? Co si o tom myslí sami studenti a co učitelé? Výsledky šetření na osmi středních školách mohou být podle našeho názoru inspirací k zamyšlení a diskusi o tom, jak studentům v této oblasti pomoci. V příspěvku budou prezentovány vybrané výsledky tohoto šetření, které mohou inspirovat učitele, jak studenty na řešení úloh lépe připravovat.

Úvod

Žáci na středních školách se při řešení početních fyzikálních úloh často potýkají s mnoha obtížemi. Jaké jsou ale hlavní příčiny těchto potíží? Používají žáci k vyřešení úloh vhodné metody a strategie? Vědí vůbec, jaké strategie je vhodné používat? Tyto a další otázky nás vedly k realizaci dotazníkového průzkumu, jehož dílčí výsledky jsou zde prezentovány. Výzkum byl zaměřen kvalitativně, a tedy spíše než četnost jednotlivých odpovědí nás zajímaly odpovědi samotné.

Krátký popis dotazníků

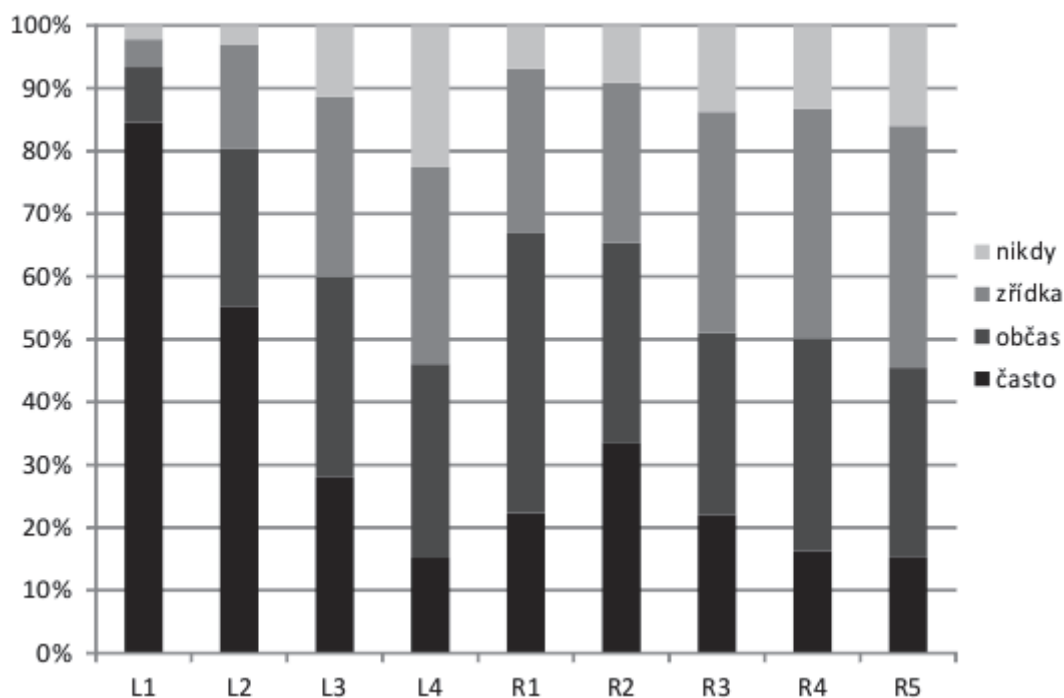
Dotazníkový průzkum byl inspirován zahraničním výzkumem popsáním v [1]. Žákovský dotazník vyplnilo 773 žáků z osmi českých středních škol a učitelský dotazník vyplnilo 17 středoškolských učitelů. Žákovský dotazník měl ve skutečnosti 2 verze, které se lišily hlavně formou otázky (otevřené/uzavřené otázky) zkoumající strategie, které žáci při řešení úloh používají.

Dílčí výsledky výzkumu

V jedné variantě žakovského dotazníku bylo popsáno 9 strategií (viz tabulka 1) a žáci měli na čtyřstupňové škále označit, jak často jednotlivé strategie používají. Výsledky tohoto šetření jsou zaneseny v grafu 1.

Označení strategie	Popis strategie v dotazníku
L1: Seznam veličin	Po přečtení úlohy si vypíšu seznam daných (známých i neznámých) veličin.
L2: Rovnice s veličinami	Snažím se najít rovnici, která by obsahovala co největší počet veličin ze zadání úlohy.
L3: Podobná úloha	Snažím se najít podobnou úlohu (v učebnici, poznámkách, či v jiných zdrojích)
L4: Podobný experiment	Popřemýšlím, zda jsme při hodinách fyziky nedělali experiment podobný počítané úloze.
R1: Dílčí problémy	Úlohu se snažím řešit postupně, rozdělím si ji na menší dílčí problémy.
R2: Představení si úlohy	Pokusím se představit si úlohu v reálné situaci.
R3: Fyzikální podstata	Přemýšlím, jaká je fyzikální podstata úlohy (např. jaký fyzikální zákon je pro úlohu důležitý).
R4: Řešení úvahou	Úlohu nejprve vyřeším úvahou a pak teprve spočítám hodnoty.
R5: Kreslení diagramu	Ke každé úloze se snažím nakreslit diagram (obrázek, graf, ...).

Tabulka 1. Popis strategií uvedených v dotazníku.



Graf 1. „Jak často při řešení úloh používáte následující postupy“ (408 respondentů).

Strategie zmíněné v tabulce 1 mohou být rozděleny do dvou kategorií na tzv. *limitující* (označené L1–L4) a *rozšiřující* (R1–R5) *strategie*. Limitující strategie jsou takové, které „...mohou fungovat u dobře strukturovaných úloh nebo u úloh, které zadáváme žákům na konci probraného tématu. Začínají však selhávat v případě, že je úloha komplexnější.“ Rozšiřující strategie „...mohou být použity při řešení méně strukturovaných úloh a jsou často používány experty na řešení úloh⁴.“ Toto rozdělení bylo převzato z [1].

Pokud se blíže podíváme na výsledky uvedené v grafu 1, můžeme si všimnout, že žáci velmi často uvádějí, že při řešení úloh používají limitující strategie. Jedná se o strategie, které jsou pro mnoho úloh veskrze úspěšné, avšak nejsou vhodné pro řešení složitějších či komplexnějších úloh.

Nejčastěji zmiňovanou metodou je tzv. *seznam veličin*. Tento výsledek jistě není překvapivý, neboť již od základní školy učíme žáky, aby si po přečtení úlohy její zadání přepsali pomocí matematických symbolů. Druhou nejčastěji uváděnou metodou je *rovnice s veličinami*. Pro mnoho žáků může být tato strategie nejjednodušším způsobem, jak získat výsledek. Často tato metoda funguje, nicméně stále se jedná o limitující strategii, která je nevhodná pro zlepšování dovedností řešit fyzikální úlohy a pro pochopení fyzikálních konceptů. *Buffler a Allie* [2] tvrdí, že tato metoda je často používána z toho důvodu, že „...učitel při řešení úloh může zmínit, jaké fyzikální principy nebo koncepty budou použity, ale často na tabuli pouze napíše související vzoreček.“

Žákovské a učitelské odpovědi

Mnohem zajímavější pro praxi učitele jsou jednotlivé odpovědi žáků a učitelů na otevřené otázky v dotaznících. Níže je uvedeno několik závěrů dotazníkového průzkumu, které ilustrují ukázkami odpovědí respondentů:

1. Žáci by měli vědět, proč po nich učitelé při řešení úloh vyžadují určité postupy a metody. Pro mnoho žáků je řešení úloh často jen jedním ze způsobů klasifikace. Důležité také je, aby si sám učitel rozmyslel, proč vlastně úlohy žákům zadává a jaké dovednosti chce touto prací u žáků rozvíjet.

Žák: „Často mi bylo doporučováno kreslit si obrázky. Ale k čemu mi to je, když si to nedovedu představit a neumím malovat.“

Žák: „Při řešení úloh pomáhá vědění, k čemu mi to je.“

2. Žáci by během výuky měli získat pocit, že řešení úloh není žádná „magie“ a správného výsledku lze dosáhnout vlastními silami. Protože učitelé jsou v řešení úloh již zbláhli, vynechávají často při předvádění řešení některé „jednoduché“ kroky. To může vést žáky k přesvědčení, že po přečtení úlohy je řešení buď okamžitě zřejmé, nebo jednoduše úlohu vyřešit neumí (viz [3]).

⁴ Expert = učitel či lidé, kteří mají s řešením úloh větší zkušenosti

Žák: „Nejpoužívanější postup, podle mého, který se používá při vysvětlování, je podívat se na příklad a ihned vědět, o co jde. Což nedokážu použít.“

Žák: „Naše učitelka si počítá sama pro sebe a myslí si, že to chápeme, což není pravda.“

3. Dalším zajímavým postřehem je, že si žáci neuvědomují, že při řešení úloh nejde jen o to získat správný výsledek. Jistě se shodneme, že řešení úloh úvahou není špatný postup. Je však potřeba, aby žáci své myšlenky uvedli (písemně či slovně), a učitelé tak měli možnost posoudit, zda jsou jejich úvahy správné a případně je mohli upozornit na chyby.

Žák: „Pokusím se příklad vyřešit odhadem, ovšem učitelé většinou chtějí vzorce.“

Učitel: „Žáci mohou při řešení úloh používat vlastní přístup. Vyžadují pouze, aby jejich řešení bylo nějakým způsobem srozumitelné pro ostatní.“

4. Na základních školách i gymnáziích je často fyzika vyučována „po tématech“ – v prvním ročníku SŠ se obvykle vyučuje mechanika, na ni v dalším studiu navazuje elektřina a magnetismus atd. Žáci často získávají dojem, že tyto části fyziky jsou na sobě navzájem nezávislé, a nejsou schopni si mezi jednotlivými tématy vytvořit spojení.

Žák: „Někdy jsou naše testy příliš složité a odkazují se na látku, kterou jsme probírali např. před rokem.“

5. Nejen žáci mohou mít problém s řešením úloh.

Učitel: „Nevím, jak žákům pomoci zlepšit jejich dovednosti při řešení úloh, protože sám mám s řešením úloh potíže.“

Plány do budoucna

V návaznosti na zmíněný dotazníkový výzkum budeme vytvářet metodické materiály ve formě pracovních listů s úlohami pro žáky a popisu pro učitele, jak dané pracovní listy v hodinách použít, na co se zaměřit, případně na co si dát pozor.

Práci s těmito materiály lze označit jako krátké aktivity do výuky, které mohou učitelé zařazovat během celého roku a které by měly žákům pomoci zlepšit své dovednosti v řešení kvantitativních fyzikálních úloh.

Shrnutí

Žáci na středních školách se během řešení fyzikálních úloh potýkají s mnoha potížemi a často používají tzv. limitující strategie řešení úloh. Abychom – jako učitelé – žákům pomohli zlepšit jejich dovednosti v řešení úloh, je třeba se zamyslet nad tím, k čemu vlastně řešení úloh je dobré, co od něj očekáváme a jaké dovednosti či kompetence může u žáků rozvíjet. Dále je potřeba si uvědomit, že žáci sami si na otázku „K čemu mi to je?“ často odpovědět nedokáží a je potřeba, abychom jim odpovědi pomohli nalézt my, učitelé.

V příspěvku bylo uvedeno několik žakovských a učitelských odpovědí z dotazníkového průzkumu, který se zabýval právě strategiemi řešení úloh na středních školách. Věříme, že tyto odpovědi mohou být pro mnohé učitele inspirací a námetem k zamyšlení, jak žáky lépe „učit“ řešit fyzikální úlohy.

Prezentované dotazníkové šetření je pouze částí rozsáhlejšího kvalitativního výzkumu, který se zabývá řešením fyzikálních úloh v českém vzdělávacím systému. Na dotazníkový průzkum bude dále navazovat vývoj metodologických materiálů pro učitele a pracovních listů pro žáky.

Prezentovaný příspěvek byl podpořen v rámci řešení projektu GAUK, číslo 374711. Autoři děkují středoškolským učitelům, kteří se ve svém vyučování podíleli na zadávání žakovských dotazníků.

Literatura

- [1] Ogilvie, C. A.: *Changes in students' problem-solving strategies in a course that includes context-rich, multifaceted problems*. In: Physical Review Special Topics – Physics Education Research, 5(2). 2009.
- [2] Buffler, A., Allie, S.: *Towards an active learning environment in physics: developing problem solving skills through cooperative learning*. In: Proceedings of the Annual Conference of the South African Association of Academic Development. Ed.: C. Boughey, B. Leibowitz. Bellville. 1993. s. 15-29
- [3] Harper, K. A.: *Student Problem-Solving Behaviors*. The Physics Teacher 44 (4). 2006. s. 250-251.

Enhancing Learning in Lab and Lecture with *RealTime Physics Labs (RTP)* and *Interactive Lecture Demonstrations (ILDs)* Using Computer-Based Data Acquisition Tools, Personal Response Systems (Clickers) and Interactive Video Analysis

DAVID R. SOKOLOFF

Department of Physics, 1274 University of Oregon, Eugene, OR 97403-1274
USA

sokoloff@uoregon.edu

Abstract

The results of physics education research and the availability of microcomputer-based tools have led to the development over a number of years of the activity-based *Physics Suite*. Most of the *Suite* materials are designed for hands-on learning, for example student-oriented laboratory curricula like *RealTime Physics (RTP)*. One reason for the success of these materials is that they encourage students to take an active role in their learning. More recently, video analysis and personal response systems (clickers) have become available at many schools and universities around the world, and are used by many educators. This paper describes *RealTime Physics* and also materials designed to promote active learning in lecture – *Interactive Lecture Demonstrations (ILDs)* – some of which have been adapted for implementation with clickers or make use of video analysis. Results of studies on the effectiveness of this approach will also be presented.

Introduction

There is considerable evidence that traditional approaches are ineffective in teaching physics concepts [see 1, 2]. A major focus of the work at the University of Oregon and at the Center for Science and Mathematics Teaching (CSMT) at Tufts University has been on the development of active, discovery-based curricula like *RealTime Physics* labs [2, 3, 4] and *Interactive Lecture Demonstrations* [5, 6]. Among the characteristics of these curricula are:

- Use of a learning cycle in which students are challenged to compare predictions – discussed with their peers in small groups – to observations of real experiments.
- Construction of students' knowledge from their own hands-on observations. Rather than the instructor and textbook being the authorities, real observations of the physical world are the authority of knowledge. The instructor's role is as a guide through the learning process.

- Confronting students with the differences between their observations and their beliefs.
- Observation of results from real experiments in understandable ways – often in real time with the support of microcomputer-based tools.
- Encouragement of collaboration and shared learning with peers.
- Laboratory work often used to learn basic concepts.

With the use of the learning cycle and the microcomputer-based tools it has been possible to bring about significant changes in the lecture and laboratory learning environments at a large number of universities, colleges and high schools without changing the lecture/laboratory structure of the introductory physics course. *RealTime Physics* and *Interactive Lecture Demonstrations* are described below.

RealTime Physics: Active Learning Laboratories (RTP)

RealTime Physics is a series of lab modules for the introductory physics course that often use microcomputer-based laboratory tools to help students develop important physics concepts while acquiring vital laboratory skills. Besides data acquisition, computers are used for basic mathematical modeling, data analysis, video analysis and some simulations. *RTP* labs use the learning cycle of prediction, observation and comparison. They have been demonstrated to enhance student learning of physics concepts [1, 2, 4]. There are four *RTP* modules, *Module 1: Mechanics*, *Module 2: Heat and Thermodynamics*, *Module 3: Electricity and Magnetism* and *Module 4: Light and Optics* [3]. Each lab includes a pre-lab preparation sheet to help students prepare, and a homework, designed to reinforce critical concepts and skills. A complete teachers' guide is available online for each module.

Here are some examples of *RealTime Physics* lab activities [3].

(1) Mechanics

Students learn kinematics concepts (the relationships between position, velocity and acceleration) in the first two labs of *Module 1*, Introduction to Motion and Changing Motion. They are introduced to the use of a microcomputer-based motion sensor to explore first the motions of their own bodies walking, and then the motions of a low-friction cart powered by a battery-operated fan. One of the later activities asks them to predict and then observe the velocity-time and acceleration-time graphs when the cart—with the fan blowing in the direction away from the motion sensor – is given a push away from the motion sensor. Figure 1 (a) shows the apparatus, and Figure 1 (b) shows the resulting graphs. Many students predict a v-shaped velocity-time graph, and few predict a constant, negative acceleration, with many believing that the acceleration must be zero at the instant the cart reverses direction. Later, in Lab 6, students observe that the shapes of these graphs are identical to those for the analogous motion of a ball tossed into the air.

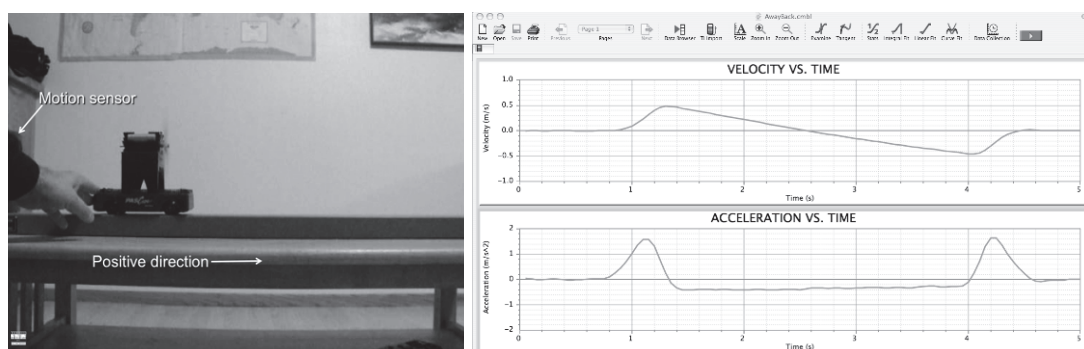


Figure 1. (a) Apparatus for examining the velocity and acceleration of a low-friction cart with a battery-operated fan unit mounted on it, as in *RealTime Physics, Module 1: Mechanics*, Lab 2. (b) The resulting velocity-time and acceleration-time graphs for the motion collected by a motion sensor and displayed in LoggerPro [10].

As another example from *Module 1*, in Lab 9, students explore Newton's Third Law by predicting and measuring the forces between objects colliding with each other. This is done using microcomputer-based force sensors mounted on low-friction carts. In one activity, a massive cart collides with a less massive one that is at rest before the collision. Figure 2 (a) shows the apparatus, and Figure 2 (b) shows the results. Most students predict that the force exerted by cart A on cart B will be larger than the force exerted by cart B on cart A, and are very surprised by the clearly-displayed result.

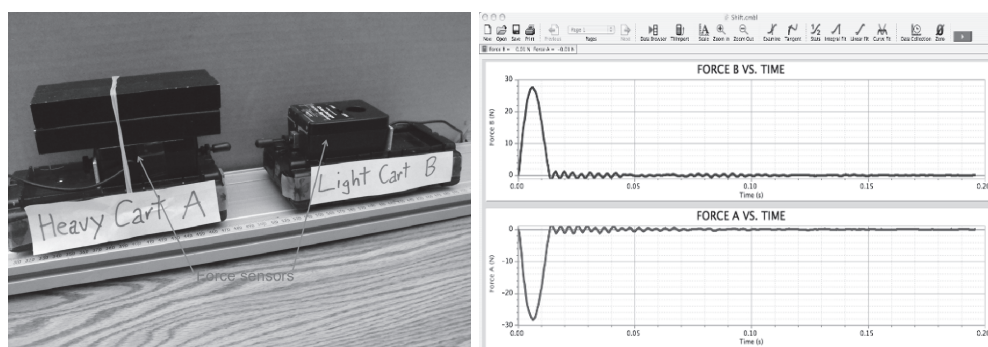


Figure 2. (a) Apparatus for examining the forces between more massive and less massive low-friction carts with the less massive cart initially at rest, as in *RealTime Physics, Module 1: Mechanics*, Lab 9. (b) The resulting force-time graphs during the collision, collected by force sensors and displayed in LoggerPro [10].

(2) Optics

In *Module 4*, Lab 3, Image Formation with Lenses, students explore the function of a lens in forming an image. Research [7] has shown that students don't have a good grasp of what a lens does. This is apparently caused by a failure to realize that each point on an object is a source of an infinite number of rays. For a real image formed by a perfect lens, all of these rays that are incident on the lens (also an infinite number) are focused to a corresponding point on the image. (While drawing ray diagrams with 2-3 special rays is an excellent way to locate the image graphically, the procedure might lead students to think in terms of only 2-3 rays rather than an infinite number!)

In Activity 1-1, students explore this situation using two miniature light bulbs (point sources of light) and a small cylindrical lens. Figure 3 (a) shows the apparatus, and Figure 3 (b) shows the formation of the image. The students are then asked to predict and observe what happens when various changes are made. Figure 4 (a) shows what happens when half the lens is covered with a card, while Figure 4 (b) shows the result when one of the bulbs (half of the object) is covered.

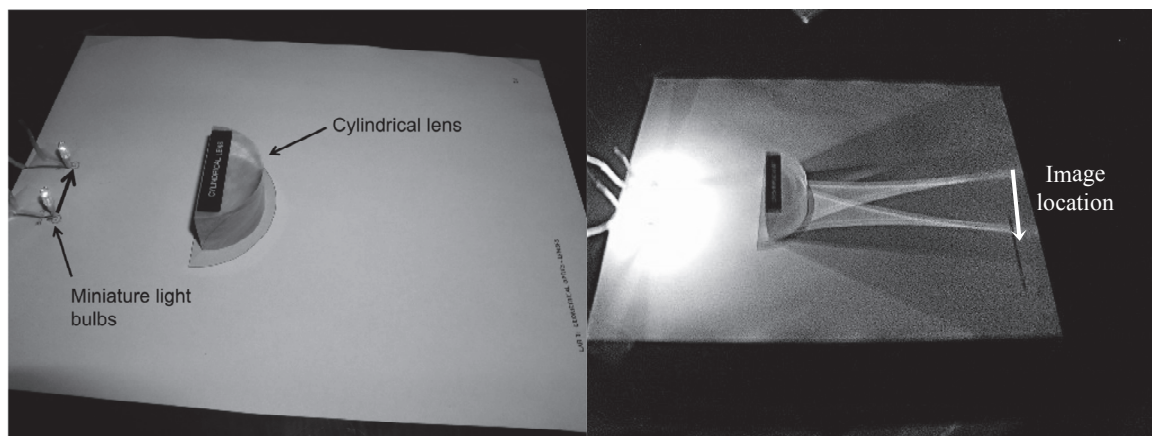


Figure 3. (a) Apparatus for examining real image formation by a lens, as in *RealTime Physics, Module 3: Light and Optics*, Lab 3. (b) The observations when the two point source light bulbs are lighted.

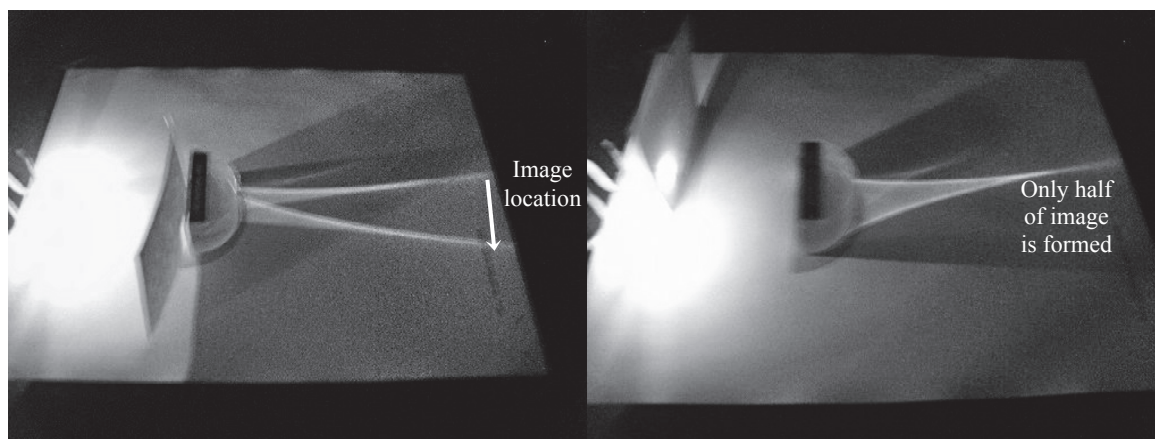


Figure 4. (a) The observation when half the lens in Figure 3 (b) is covered by a card. (b) The observation when one of the two bulbs (half of the object) is blocked.

(3) Electricity and Magnetism

Here's one more *RealTime Physics* example, this one from *Module 3, Electricity and Magnetism*. This activity from Lab 1, Electric Charges, Forces and Fields, also demonstrates the use of video analysis to examine the physical world. Electrostatics experiments are difficult to do, especially in humid environments. Carrying out a quantitative electrostatics experiment on Coulomb's law in the introductory physics laboratory is virtually impossible. After students do some qualitative activities with Scotch Magic© tape, Investigation 2 makes use of a video produced under controlled conditions to examine the force between two charged objects *quantitatively*.

Figure 5 shows the last frame from the movie with a charged prod as close to a charged hanging ball as it will be. The positions of the prod and hanging ball in the successive frames of the movie have been marked. Students are asked to analyze the movie to plot a graph of the force (F) between the prod and the ball as a function of the distance (r) between their centers. Figure 5 also shows the graph and the mathematical relationship that is established between F and r .

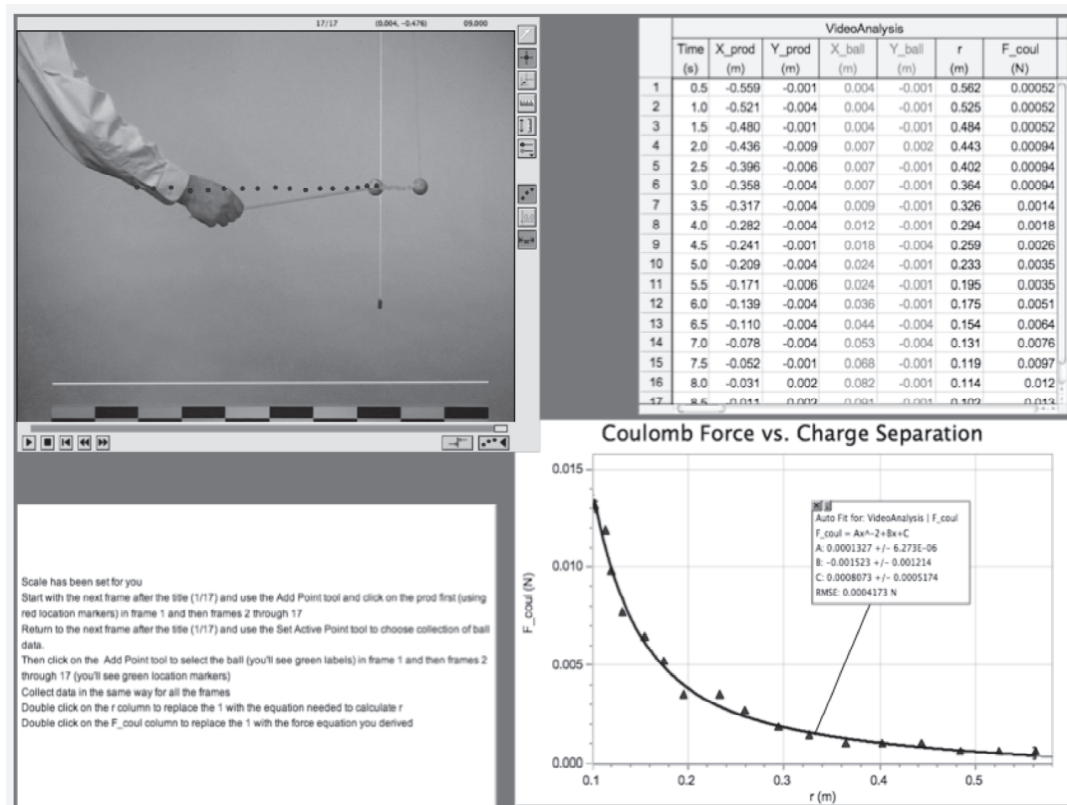


Figure 5. Composite screen from LoggerPro [10] showing (a) last frame from a video of a charged prod and hanging, charged ball, (b) data for the positions of the centers of the prod and ball and calculated values for the force between them (F) and the distance between their centers (r), (c) instructions for data collection and (d) graph of F vs. r , and mathematical analysis of the relationship between them.

Do students learn from *RealTime Physics labs*? As an example, here are results of the assessment of learning gains for the image formation with lenses activities. Students in the algebra-trigonometry-based general physics course at the University of Oregon had only a 20 % normalized learning gain on the physics education research-based Light and Optics Conceptual Evaluation (LOCE) [8] after all traditional instruction on image formation. After doing the *RTP* activities, their learning gain from the pre-test was 90 %. In addition, the last question on the test shows the real image of an arrow formed by a lens, with two (non-principal) rays from the bottom of the arrow and two (non-principal) rays from the top of the arrow drawn incident on the lens. (See Figure 6). Students were asked to continue these four rays through the lens to illustrate how the image was formed. This task is easy if one understands the function

of a perfect lens. While after traditional instruction, only 33 % were able to continue these rays correctly, after the *RTP* activities, 76 % could do so.

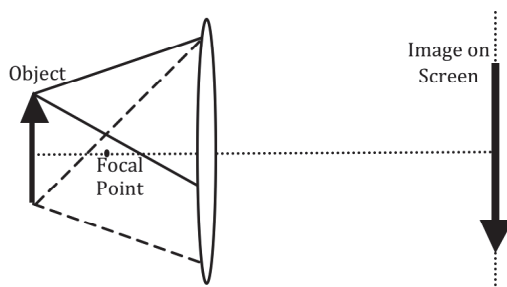


Figure 6. Modified ray-diagram question from Light and Optics Conceptual Evaluation (LOCE).

Interactive Lecture Demonstrations (ILDs)

ILDs [5, 6] are designed to enhance conceptual learning in large (and small) lectures. An eight-step procedure is used to enhance learning with simple, single-concept lecture demonstrations. Real physics demonstrations are shown to students, who then make predictions about the outcomes on a prediction sheet, and collaborate with fellow students by discussing their predictions in small groups. The instructor then solicits predictions from volunteers. Students then observe the results of the live demonstration (often displayed as real-time graphs using computer data acquisition tools), compare these results with their predictions, and volunteers attempt to explain the observed phenomena to the class. The eight-step *ILD* procedure incorporating the learning cycle is included in Table I. It is followed for each of the basic demonstrations in an *ILD* sequence. Besides data acquisition, computers are sometimes used for video analysis. Complete materials – including student sheets and teachers' guides – are available for most introductory physics topics in the book *Interactive Lecture Demonstrations* [5].

Table I: The Eight Step Interactive Lecture Demonstration Procedure.

1. The instructor describes the demonstration and – if appropriate – does it for the class without measurements displayed.
2. The students are asked to record their individual predictions on a Prediction Sheet, which will be collected, and which can be identified by each student's name written at the top. (The students are assured that these predictions will not be graded, although some course credit is usually awarded for attendance and participation at these *ILD* sessions.)
3. The students engage in small group discussions with their one or two nearest neighbors.
4. The instructor elicits common student predictions from the whole class.
5. The students record their final predictions on the Prediction Sheet.

6. The instructor carries out the demonstration with results clearly displayed.
7. A few students describe the results and discuss them in the context of the demonstration. Students may fill out a Results Sheet, identical to the Prediction Sheet, that they may take home with them for further study.

If appropriate, the students (or the instructor) discuss analogous physical situation(s) with different "surface" features. (That is, different physical situation(s) based on the same concept(s).)

The *Image Formation with Lenses ILD* sequence [5, 8] is modeled after the *RTP* image formation activities. The *ILDs* are designed to help students understand the function of a lens in forming images. The lecture apparatus is shown in Figure 7 (a), with a large, acrylic cylindrical lens used in place of the small lens used in the *RTP* activities. Figure 7 (b) shows the situation with the bulbs lighted. (Compare these to Figure 3.) The *ILD* sequence—just like its *RTP* equivalent—consists of changes in the situation. Figure 8 shows an excerpt from the Prediction Sheet.

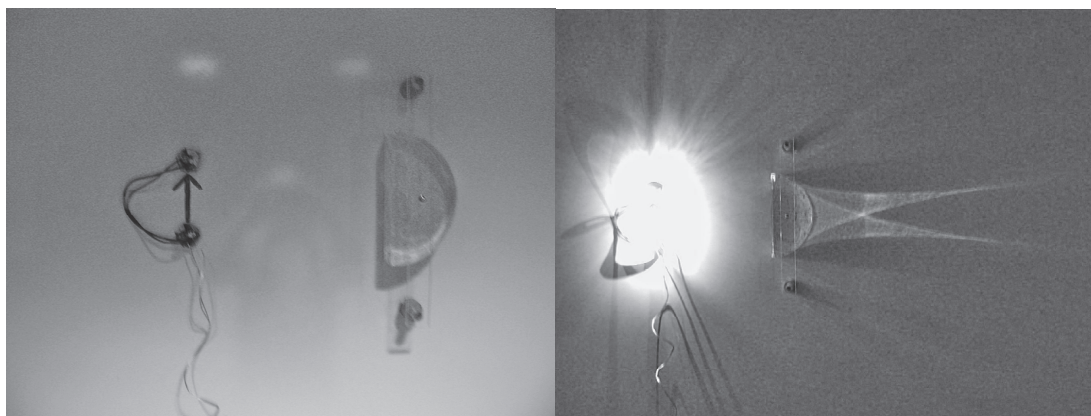


Figure 7. (a) Apparatus for the Image Formation *ILDs* consisting of two light bulbs (point sources at the top and bottom of the object), and a large acrylic cylindrical lens. (b) The apparatus with both bulbs lighted.

Hand in this sheet _____ Name _____

INTERACTIVE LECTURE DEMONSTRATIONS PREDICTION SHEET—IMAGE FORMATION WITH LENSES	
Directions: This sheet will be collected. Write your name at the top to record your presence and participation in these demonstrations. Follow your instructor's directions. You may write whatever you wish on the attached Results Sheet and take it with you.	
Demonstration 1: You have a converging lens. An object in the shape of an arrow is positioned a distance larger than the focal length to the left of the lens, as shown in the diagram on the right. Draw several rays from the head of the arrow and several rays from the foot of the arrow to show how the image of the arrow is formed by the lens. Is this a real or a virtual image?	
Demonstration 2: What will happen to the image if you block the top half of the lens with a card? Answer in words and show what happens on the diagram on the right by making any changes needed in the rays you drew in Demonstration 1.	

Figure 8. Excerpt from the Prediction Sheet for the Image Formation *ILDs*.

Do students learn optics concepts from *ILDs*? As reported previously, students in the algebra-trigonometry-based general physics course at the University of Oregon had only a 20 % normalized learning gain on the *LOCE* after all traditional instruction on image formation. With just one additional lecture consisting of the Image Formation *ILD* sequence, their learning gain from the pre-test was 80 %. And the learning gain on the last question (Figure 6) was also comparable to that with *RTP*. (These results are for students who were not also enrolled in the *RTP* laboratory.)

ILDs with a Personal Response System

Personal response systems (clickers) have become available at many schools and universities around the world, and are used by many educators. Their availability inspired a project to develop and test *ILDs* in which students use clickers to record their predictions rather than paper and pencil. There are many different commercially-available clicker systems. We chose i-Clickers [9] because of their ease of use. They are limited by only allowing five choices.

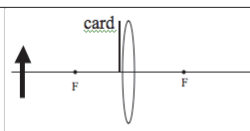
We developed a modified procedure for clicker *ILDs* that is shown in Table II.

Table II: Modified Interactive Lecture Demonstration Procedure for Clicker *ILDs*.

1. The instructor describes the demonstration and – if appropriate – does it for the class without measurements displayed.
2. The students are asked to record individual predictions with their clickers, but the histogram of the class's predictions is not shown. (The students are assured that these predictions will not be graded, although some course credit is usually awarded for attendance and participation at these *ILD* sessions.)
3. The students engage in small group discussions with their one or two nearest neighbors.
4. The students are asked to record individual predictions again with the clickers, and the histogram of the class's predictions is displayed.
5. The instructor carries out the demonstration with results clearly displayed.
6. A few students describe the results and discuss them in the context of the demonstration. Students may take notes on a piece of paper that they may take home for further study.
7. If appropriate, the students (or the instructor) discuss analogous physical situation(s) with different "surface" features. (That is, different physical situation(s) based on the same concept(s).)

In general, this procedure worked very well for the Image Formation *ILDs*. Figure 9 (a) shows the clicker question for the second *ILD*, and Figure 9 (b) shows a typical display from i-Clicker.

Demonstration 2: What will happen to the image if you block the top half of the lens with a card?



- A. Half of the image will disappear
- B. The image will be whole but half as large
- C. The image will disappear
- D. The image will be dimmer
- E. The image will appear on the card

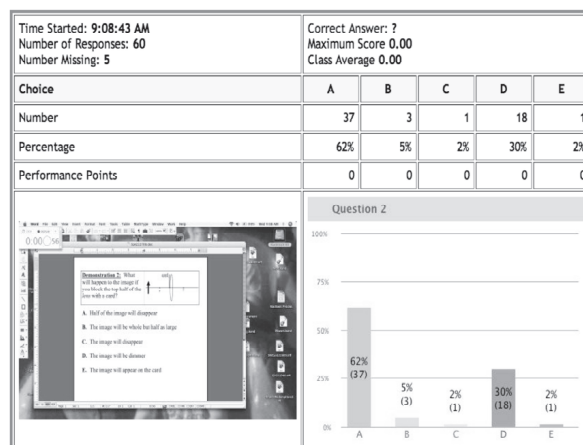


Figure 9. (a) Clicker Image Formation *ILD* #2 with the five choices available to students. (b) Typical display from i-Clicker [9] showing screen capture of the *ILD* question, and the histogram of student predictions.

How does student learning with the Clicker *ILDs* compare to that with the original, paper and pencil *ILDs*? It is not obvious that the procedure followed with clicker *ILDs* is the equivalent of paper and pencil *ILDs*. For the latter, students are required to provide open-ended descriptions of their predictions, while for the former, they are asked to choose their predictions from five research-based choices. Therefore, it is not obvious that the learning gains achieved with the original *ILDs* will be duplicated with the clicker *ILDs*.

Pre and Post-test results with the image formation questions on the *LOCE* show a learning gain of 59 % with the Clicker *ILDs*, as compared to 80 % with the paper and pencil *ILDs* (and 90 % with the *RTP* activities). On the ray-diagram question, the gains are 57 %, 76 % (and 76 %) respectively. While not quite as substantial as the learning gains with *RTP* and with the paper and pencil *ILDs*, these gains are still very significant.

As part of the clicker *ILD* project, we also experimented with clicker *ILDs* in mechanics. The situation here is more complicated since many of these require coupled graphs for different, related quantities, e.g., velocity and acceleration. Five choices often do not allow for all the combinations students normally predict. We have experimented with a procedure in which students first sketch graphs on a piece of paper, and then make choices separately for each quantity. This procedure has resulted in promising gains.

It appears from our research, that the use of clickers for students to record their *ILD* predictions can result in substantial conceptual learning gains.

Acknowledgments

The author thanks Ronald Thornton of the Center for Science and Math Teaching at Tufts University for his collaboration in developing *ILDs* and the clicker *ILD* procedure. He thanks Ronald Thornton and also Priscilla Laws of Dickinson College for their collaboration in the development of *RTP* labs.

References

- [1] Ronald K. Thornton and David R. Sokoloff, "Assessing Student Learning of Newton's Laws: The *Force and Motion Conceptual Evaluation* and the Evaluation of Active Learning Laboratory and Lecture Curricula," *American Journal of Physics* **66**, 338-352 (1998).
- [2] David R. Sokoloff, Ronald K. Thornton and Priscilla W. Laws, "RealTime Physics: Active Learning Labs Transforming the Introductory Laboratory," *Eur. J. of Phys.*, **28** (2007), S83-S94.
- [3] David R. Sokoloff, Ronald K. Thornton and Priscilla W. Laws, *RealTime Physics, 3rd Ed., Module 1: Mechanics, Module 2: Heat and Thermodynamics, Module 3: Electricity and Magnetism and Module 4: Light and Optics* (Hoboken, NJ, John Wiley and Sons, 2012).
- [4] Thornton, R.K. and Sokoloff, D.R., "RealTime Physics: Active Learning Laboratory," in *The Changing Role of the Physics Department in Modern Universities, Proceedings of the International Conference on Undergraduate Physics Education*, 1101-1118 (American Institute of Physics, 1997).
- [5] David R. Sokoloff and Ronald K. Thornton, *Interactive Lecture Demonstrations* (Hoboken, NJ, John Wiley and Sons, 2004).
- [6] David R. Sokoloff and Ronald K. Thornton, "Using Interactive Lecture Demonstrations to Create an Active Learning Environment," *The Physics Teacher* **35**: 6, 340 (1997).
- [7] F. Goldberg and L.C. McDermott, "An investigation of student understanding of the real image formed by a converging lens or concave mirror," *Am. J. Phys.* **55**, 108-119 (1987).
- [8] *Active Learning in Optics and Photonics Training Manual*, D.R. Sokoloff, ed. (Paris, UNESCO, 2006).
- [9] For more information see <http://www.iclicker.com/>.
- [10] Vernier Software and Technology. <http://www.vernier.com>

Jednoduchá fyzikální měření s tabletem iPad

MIROSLAV STANĚK

PF JU, České Budějovice

Abstrakt

Tématem příspěvku je stručný nástin využití měřicích senzorů PASCO ve spojení s tabletem iPad. Na příkladu jednoduchých měření elektrického napětí a teploty je ukázána možnost využití nejmodernějších IT technologií v hodinách fyziky.

Badatelský způsob výuky s iPad a PASCO

Mezi základní vybavení školních brašen našich žáků čím dál tím častěji patří „chytré“ mobilní telefony a tablety, jejichž paměťová kapacita a procesorové možnosti jsou na úrovni stolních počítačů jen několik málo let nazpět. Děti se s touto technikou důvěrně seznamují a v jejím ovládání jsou často daleko kovanější, nežli jejich rodiče a učitelé. Užívání těchto nových technologií se postupně stává přirozeným a samozřejmým nástrojem pro orientaci v našem světě. Je tudíž zřejmé, že se zde utváří nová platforma, sloužící nejen pro komunikaci mezi žáky navzájem (výzkumy ukazují, že nejčastěji využívané programy tabletů jsou aplikace sociálních sítí a internetových prohlížečů), ale také pro komunikaci ve výuce: mezi žáky a učitelem (nástupce tzv. respondenčních systémů) nebo dokonce mezi žáky a (fyzikální) realitou kolem nich!

Na tuto skutečnost reagují mnohá nakladatelství výrobou nových forem interaktivních učebnic, stejně jako výrobci programových aplikací, jež přicházejí s mnoha různými hrami podněcujícími dětskou obrazotvornost. Tyto nemusejí vždy sloužit výhradně k zábavě. Existuje mnoho různých cest, kterak prostřednictvím vhodně zvolené aplikace umožnit dětem poutavější a snad i efektivnější cestu ke vzdělání. Jednou takovou aplikací, která slouží k realizaci přírodovědných experimentů s měřicími senzory PASCO, je SPARKvue HD, o níž je následující příspěvek. Níže jsou použity náhledy obrazovky pořízené přímo v tomto programu (obr. 1-7).

Senzory PASCO (řady PASPORT) komunikují s tablety (v tomto případě se jedná o tablet iPad s operačním systémem iOS, ale SW funguje i na platformách využívající systému Android) prostřednictvím rozhraní AirLink2 prostřednictvím protokolu Bluetooth (obr. 1.).

Všechna data jsou shromažďována v paměti tabletu, a program je vizualizuje. Hlavní charakteristikou tohoto software je, že vedle samotného shromáždění dat a poskytnutí nástrojů k jejich analýze, můžeme do něho vložit také teoretické pozadí či historické exkurzy do tajů probírané problematiky tak, jako tomu bývá v případě mnoha interaktivních učebnic. Žák či učitel postupně prochází okny prezentace, která však teprve v tomto případě získává přívlastek „interaktivní“. Na rozdíl od běžných učebnic či výukových prezentací, zde stačí pouze připojit vhodný měřicí senzor, a teoreticky

probíranou problematiku si pak můžeme v reálném čase a přímo „ohmatat“ („oči- chat“, „prohlédnout“, „poslechnout“, „ochutnat“ – v závislosti na tom, o jaký smysl si senzorem PASCO rozšíříme naše přirozené sensorické lidské schopnosti)!

Na obrázcích níže je příklad takové práce. Úloha se zabývá výzkumem elektromagnetické indukce. K její realizaci bylo zapotřebí novodurové trubičky, sady cívek, tyčového magnetu a senzoru se schopností měřit el. napětí. Úloha je koncipována tak, aby vedla žáky krok za krokem – pomocí vhodně zvolených otázek – danou problematikou. Studenti si postupně si uvědomují funkce jednotlivých členů ve vzorci indukovaného napětí.

Reálný pokus žáky do problematiky skutečně zapojí. Tento způsob procházení tématem vede k daleko podnětnějšímu způsobu nazírání na přírodní jev. V žácích je vzbuzována zvědavost, kterou sami chtějí ukojit. Forma prezentace je nutí představit si jev před samotným pozorováním a vkládat do úlohy své předpovědi a očekávání vývoje sledované veličiny. Pokud jsou tyto predikce mylné, srovnání s reálným pokusem je opraví a v dětské mysli zůstane daleko hlubší poznání, nežli by tomu bylo při pouhém poslouchání výkladu či čtení teorie, neboť v hlavě žáka v tomto případě vzniká empirickou zkušeností zesílená nerovnováha (nesoulad očekávání a skutečnosti) vedoucí k silnému a efektivnímu zapamatování. Touto cestou žáci také daleko snadněji pochopí souvislosti různých fyzikálních konceptů (obr. 7).

Závěr

Stať výše stručně nastiňuje nové možnosti využití tabletů při studiu přírodních věd. Badatelské žákovské experimenty jistě nemají nahradit kvantitativní, každodenní učitelovu práci, nýbrž ji vhodně doplnit. Učitelé se však postupně musejí vzdát role hlavní autority ve vyučovacím procesu. Touto autoritou se stává fyzikální svět sám a učitelé dostávají důležitou roli průvodců v něm. V takovémto poznávacím prostředí se děti (jaksi mimoděk) učí jedno od druhého, uvykají vzájemné spolupráci i schopnostem komunikovat o dané přírodovědné problematice. Výsledek pokusu není v omezené roli FAKTU ve výkladu. Hlavní úlohu zde hraje cesta k samotnému výsledku. Zatímco v klasicky pojímaných „praktikách“ výsledek pokusu „potvrzuje naučené“, v takto koncipovaném, žákovském, badatelském pokusu samotný experiment „učí novému“.

Obrázky a tabulky



Obr. 1. Senzory (vlevo nahoře) komunikují s tablety prostřednictvím rozhraní bluetooth (vpravo nahoře), data jsou vyhodnocena v SW SPARKvue HD.



Obr. 2. Další vybavení potřebné pro sledování elektromagnetické indukce.


Elektromagnetická indukce

Historický exkurz

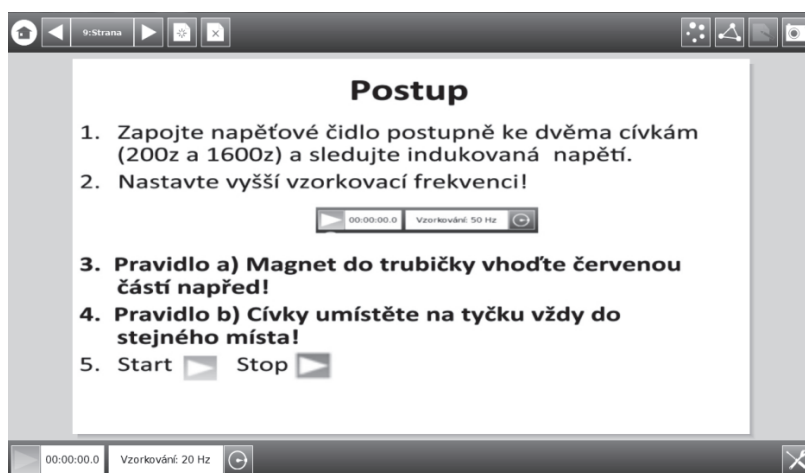
Michael Faraday (1791 - 1867) objevil závislost mezi změnou magnetického toku Φ , a napětím \mathcal{E} , které je indukováno na konci el. vodiče tvořícího cívku o N závitů:

$$\mathcal{E} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

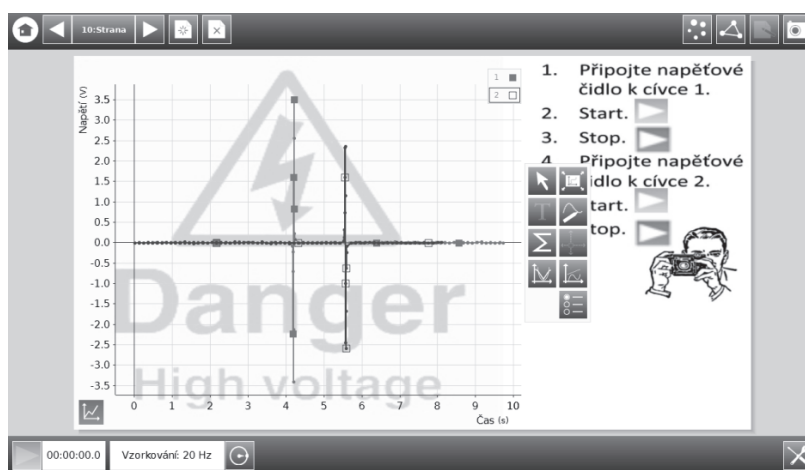
Umístíme-li vodivý obvod (např. rovinný závit) do proměnného magnetického pole Φ , pak v obvodu vzniká indukované elektrické pole a na konci obvodu (na koncích závitu) je indukované elektromotorické napětí \mathcal{E} . Změna magnetického pole je vyvolána buď změnou mg. indukce nebo změnou obsahu plochy, kterou mg. indukční tok prochází nebo otočením této plochy. Vzhledem k sestavení našeho experimentu budeme předpokládat, že se mění pouze mg. indukce.



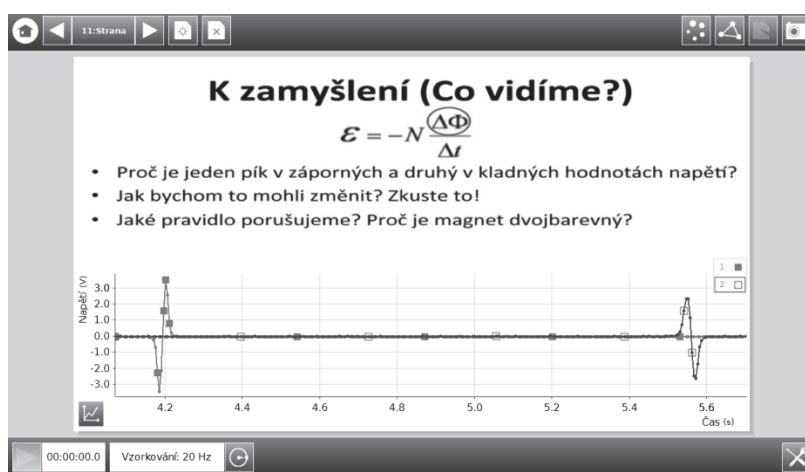
Obr. 3. Prostory v badatelsky orientovaném experimentu mají i teoretická a historická pozadí probírané problematiky, zdůrazňující mezipředmětové vazby.



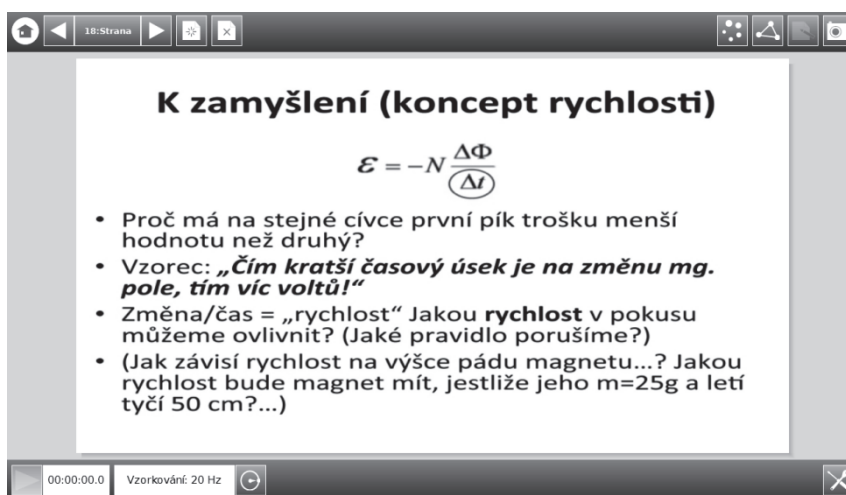
Obr. 4. Aby nebyla žáková pozornost štěpena na „jev“ a „ovládání softwaru a postup při pokusu“, měli bychom proložit úlohu postupem – návodem vykonávané činnosti.



Obr. 5. Naměřená data mohou být vizualizována např. ve formě grafů.



Obr. 6. Analytická část experimentu je jednou z jeho nejdůležitějších částí.



K zamyšlení (koncept rychlosti)

$$\mathcal{E} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

- Proč má na stejné cívce první pík trochu menší hodnotu než druhý?
- Vzorec: „**Čím kratší časový úsek je na změnu mg. pole, tím víc voltů!**“
- Změna/čas = „rychlost“ Jakou **rychlost** v pokusu můžeme ovlivnit? (Jaké pravidlo porušíme?)
- (Jak závisí rychlost na výšce pádu magnetu...? Jakou rychlost bude magnet mít, jestliže jeho m=25g a letí tyčí 50 cm?...)

Obr. 7. Interaktivní prezentace by měla vybízet žáky k uvědomění si širších souvislostí, zde např. vlastností konceptu „rychlosti“.



IV. Vytiskněte si protokol

Sdílení LAB STRÁNKY PROTOKOL

1. ↓

2. →

TISK PROTOKOLU
EXPORT PROTOKOLU

Obr. 8. Celý experiment si žáci mohou zaznamenat do formy elektronického protokolu.

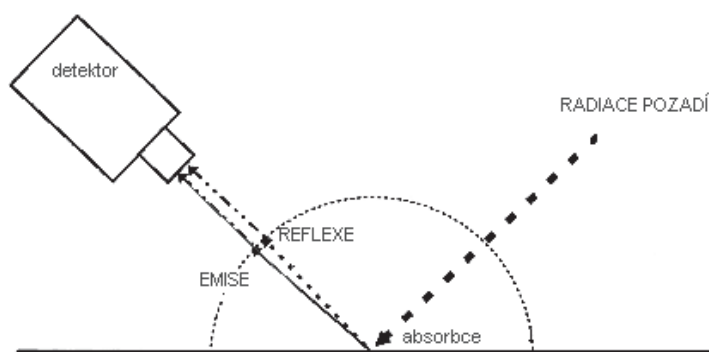
Albedo ve školním experimentování

JINDŘIŠKA SVOBODOVÁ

Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity v Brně

Abstrakt

Text příspěvku předkládá několik studentských aktivit s luxmetrem, teploměrem a vlhkoměrem pro měření odrazivosti venkovních povrchů. Z experimentů lze usuzovat na význam odrazivosti povrchů v dané oblasti pro mikroklima.



Obr. 12. Schematické znázornění zářivých toků. Množství dopadajícího záření na detektor je součtem odraženého záření z okolí a záření emitovaného vlastním zkoumaným povrchem.

Úvod

Vědci zavedli termín albedo, aby jím vyjádřili úhrnný podíl odraženého slunečního záření od planetárního povrchu. Povrchy, které dobře odrážejí, např. plochy pokryté sněhem, mají vysoké albedo, povrchy pokryté vegetací a oceány mají nízké albedo. Planetární albedo Země se mění hlavně vlivem změn oblačnosti, sněhu, ledu, plochy listů a pokrývky země. Veličina se přenesla z planetárních i do běžných lidských poměrů, a užívá se často pro vyjádření celkové odrazivosti záření větších ploch. Obvykle se stanovuje přes všechny sluncem dodané vlnové délky záření, tedy nejen pouze pro viditelné světlo. Průměrná hodnota albeda činí pro Zemi 0,3 (30 %). Pro srovnání albedo Venuše je 0,76 a průměr albeda Měsíce je 0,12. Ideální reflexní povrch by měl pro albedo hodnotu 1 a dokonale černé těleso hodnotu 0. Albedo hraje roli i v regionálních a mikroklimatických podmínkách, třeba městské ulice jsou obecně tmavší (s nízkým albedem), což je pak důvodem přidání značného množství tepla do daného místa. Pochopení faktorů ovlivňujících albedo Země je důležité pro předpovědi dopadů změny klimatu. S nárůstem globální teploty se sněhový a ledový pokryv zmenší, tmavší plochy budou absorbovat více záření, což povede k dalšímu tání a atmosférickému oteplování. Tento proces představuje jednu z kladných zpětných vazeb.

Následující text je věnován činnostem, které jsou zadávány jako samostatné úkoly studentům učitelství přírodovědných předmětů. Jejich úkolem je vyvinout metodu pro ori-

entační měření albeda, určit odhad albeda pro vymezený areál pomocí školních měřicích přístrojů. Další úkoly se odvíjejí jako motivační, neboť mají dlouhodobější průběh.

Zadání úkolů a vybavení

Studenti mají dispozici běžný luxmetr, solarimetr (měřič intenzity slunečního záření), teplotní čidla a infračervený teploměr. Dále je vhodné, aby byli znali základní terminologii a typické hodnoty veličin, které budou měřit. Učí se rozlišovat mezi přímým, difúzním, odraženým a globálním zářením. Globální záření je název pro součet přímého a difúzního záření. Přitom poměr přímého a difúzního záření je závislý na geografických a mikroklimatických podmínkách. Ve střední Evropě tvoří difúzní záření v celoročním průměru 50–70 % z globálního záření, přičemž v zimě dosahuje až 90% podílu.

Přípravky pro aktivity

První přípravek k měření – primitivní albedometr – je tvořen tyčovým měřidlem (luxmetrem, solarmetrem) upraveným tak, aby jeho čidlo mohlo být obráceno postupně směrem vzhůru a dolů. Z hodnot změřených při obou polohách čidla se vypočte hledaný poměr.

Druhý přípravek, jímž se ovšem měřila absorpce záření, nikoli odrazivost, byl založen na rozmístění teplotních čidel pod zkoumaným povrchem. Nejjednodušší realizaci představoval kus ledu pokrytý různými barevnými a porézními ploškami. Při osvětlení přípravku po chvíli bylo z dolíků evidentní, které plochy absorbují dopadající záření lépe a které hůře.

Třetí přípravek – sada 4 teploměrů – sloužil k vyhodnocení mikroklimatických měření teplot. Určovala se teplota přilehlé přízemní vrstvy vzduchu ve výšce 5 cm, 50 cm, 100 cm nad asfaltovým povrchem a teplota asfaltu. Podobná měření se prováděla nad travnatým povrchem. Očekávaný vliv tmavého povrchu na teploty vzduchu ve vertikálním směru (podle oslunění během dne) se vcelku potvrdil, přestože měření bylo zatíženo chybou vzhledem k tomu, že během dne se zvedl vítr.

Údaje ke srovnání

Během měření si studenti uvědomují, že intenzita globálního slunečního záření se běžně pohybuje ve značně širokém rozmezí, ať už během dne nebo během roku. Poskytneme jim orientační číselné hodnoty viz tabulka níže. Z údajů Hydrometeorologického ústavu lze vyčíst určité charakteristické hodnoty:

	Záření (W/m^2)	Difúzní podíl (%)
Modré nebe	800 – 1000	10
Zamlžené nebe	600 – 900	až 50
Mlhavý podzimní den	100 – 300	100
Zamračený zimní den	50	100
Celoroční průměr	600	50 až 60

Průměrné měsíční doby slunečního svitu ve vybraných lokalitách ČR

Měsíc / počet hodin v měsíci

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Brno	41	67	127	159	224	218	212	219	155	117	44	37

Aktivita pro žáky

Pro žáky na základní škole jsme připravili letní aktivitu. Děti jsme rozdělili do skupin označených cedulkami: 1000wattoví (1000 wattů slunečního příkonu na metr čtvereční = jasno), 500wattoví (500 wattů slunečního příkonu na metr čtvereční = oblačno) a 250wattoví (250 wattů slunečního příkonu na metr čtvereční = zataženo). Jejich úkolem je nakreslit přibližně plochu, na kterou dopadá právě 100 wattů slunečního příkonu podle počasí, jež reprezentují. Obměnou může být úkol vepsat, kolik wattů dopadá na předem křídou vymezenou plochu, např. $40 \times 40 \text{ cm}^2$.

Účastníky aktivity necháme odhadovat denní součty globálního záření v případě jasného, oblačného či zataženého dne. Denní součet znamená celkovou energii záření za jeden den (odhady příkonů se vynásobí časovým intervalem v sekundách, během něhož slunce takto září, a výsledek se zaokrouhlí na desetinu megajoulu – 10^6 J). Provedeme s žáky postupný rozbor jejich vlastního přístupu k řešení. Každá skupina vyše referujícího a ten zvolený přístup představí třeba formou reklamy pro Slunce.

Hrubě získané odhady lze srovnat s celostátně naměřenými červnovými denními minimy 4 MJ/m^2 a maximy $3,5 \text{ MJ/m}^2$. V zimním období se denní sumy globálního záření pohybují kolem 2 MJ/m^2 , při celodenním slunečním svitu k 5 MJ/m^2 .

Závěr

Cílem příspěvku bylo poukázat na možnost problémového, resp. výzkumného přístupu k výuce pomocí vcelku dostupných komponent. Tématika zářivých toků je dostatečně široká, aby učitel našel inspiraci a experimenty lze realizovat jako součást environmentální výchovy.

Dedikace

Příspěvek byl napsán v rámci řešení operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost: Moduly jako prostředek inovace v integraci výuky moderní fyziky a chemie, Reg.č.: CZ.1.07/2.2.00/28.0182

Literatura

- [1] Bednář J.: Meteorologie – úvod do studia dějů v zemské atmosféře. Portál 2003.
- [2] Kleczek J.: Naše Slunce. Albatros 1994.
- [3] <http://amper.ped.muni.cz/gw>

Létáš, létám, létáme

ZDENĚK ŠABATKA

KDF MFF UK v Praze; Gymnázium Nový Porg, Praha

Demonstrace existence vzduchu patří k běžným fyzikálním experimentům. Tento příspěvek představí vědeckou hračku, která využívá proudění vzduchu a ve světě je známá jako walkalong glider. Jedná se o křídlo, které může díky jednoduchému „triku“ létat sice pomalu, ale teoreticky neomezenou dobu. Hračku si v jednodušší verzi může vyrobit každý žák základní školy. Budou demonstrována jednodušší papírová i složitější polystyrénová křídla. Součástí příspěvku budou i návody na výrobu těchto letounů, stejně jako metodické materiály. Hračku je možno využít jak při povídání o vzduchu a větru, tak při „prostém“ hraní na zájmovém kroužku.

Proč věci létají

A co to vlastně znamená, že věci létají? Víme, že jde o stav, kdy se jakýmsi způsobem brání klasické situaci, která se děje v tíhovém poli Země po puštění tělesa, tj. volnému pádu. K tomu, aby těleso padalo pomaleji, nepadlo vůbec, nebo dokonce stoupalo, je potřeba síla, která by působila proti tíhové síle. Zde nám částečně pomáhá odpor prostředí. Ve školách učíme, že u letadel je další síla dána rozdílem tlaků nad a pod křídlem. Díky tomu, že nad křídlem proudí vzduch rychleji než pod ním, tak je zde nižší tlak a na křídlo působí vztlačková síla. Je-li křídlo nakloněno, pak další síla, která napomáhá stoupání letadla, je složkou síly, kterou naráží vzduch na křídlo. Další možností je využití vzdušných proudů, kterých využívají především větroně. Tento princip využijeme k demonstraci rovněž my. K bezmotorovému létání jsou využívány dva typy stoupavých vzdušných proudů. Jednak jde o proudy způsobené ohřevem vzduchu od horké země a dále pak o stoupající vzduch, který vzniká narážením větru na kopce.

V našich experimentech použijeme vzduchu, který je uveden do pohybu vzhůru „nárazem“ na kopec. V přírodě se pohybuje vzduch. Skála, či půda mu nedovolí jít rovně dál a proto se pohybuje po svahu vzhůru. My můžeme učinit něco jiného. Jelikož pohyb je, jak učíme, relativní a ve třídě je většinou (nejsou-li zrovna otevřená okna a není průvan) vzduch v klidu, budeme postupovat obráceně. Stoupající vzduch nevytvoříme nárazem vzduchu na skálu, ale nárazem skály na vzduch. Kopec či skálu simulujeme knížkou formátu A4 nebo větším kartonem. Jednoduše řečeno, budeme prorážet vzduch nakloněným kusem desky. Vzduch se bude vůči desce pohybovat, a to povětšinou nahoru. Žáci jistě mají zkušenost s prohrnováním sněhu. Tento příklad můžeme použít jako model. Sníh po hrablu stoupá vzhůru, a pokud jej neodhodíme, přepadne přes něj. Zajímavé efekty pozorujeme rovněž při jízdě automobilem. Je-li čelní sklo pokryto kapkami vody a my stojíme, či jedeme pomalu, kapičky stékají zvolna po skle dolů. Začne-li však auto zrychlovat, začnou kapičky svůj pohyb zpomalovat, poté se zastaví a následně začnou po skle „běhat“ vzhůru. Je to dáno si-

lou, kterou na kapičky působí vzduch, a která je úměrná rychlosti vzájemného pohybu vzduchu a skla automobilu (v experimentu nahrazeného kartonem).

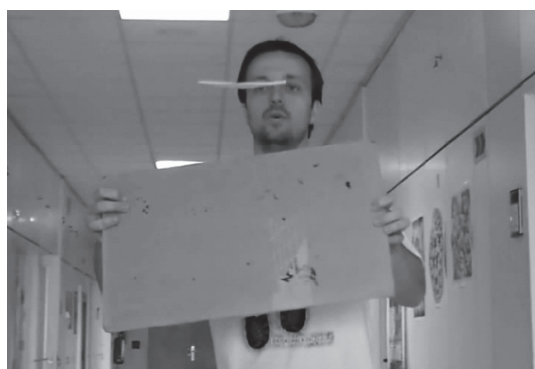
Letadélko

Když se řekne, že model letadélka bychom si měli vyrobit sami, většina z nás si pravděpodobně vzpomene na klasickou „vlaštovku“ z papíru. Na internetu nalezneme množství návodů na různé typy jejich konstrukcí, které jsou většinou doplněny snahou autora vysvětlit, proč zrovna ta jeho konstrukce je nejlepší.

Tento příspěvek předkládá čtyři varianty v angličtině nazývaných walkalong gliders, tedy volně přeloženo kluzáků, podél kterých při jejich letu jdeme (viz obr. 1, 2). Inspiraci a materiály jsem při přípravě čerpal především z internetových stránek zabývajících se tvorbou vlastních vědeckých hraček [1].



Obr. 1. Let rotujícího křídla.



Obr. 2. Let větroně.

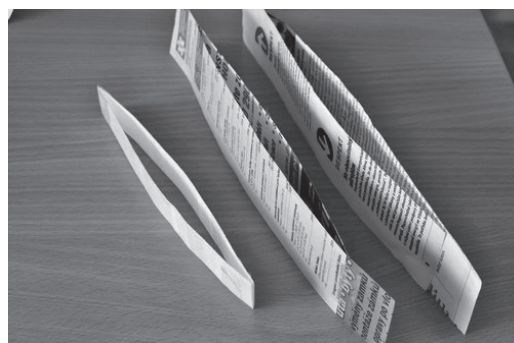
Rotující křídlo (thumble wing)

Nejsnadnější na výrobu jsou pravděpodobně rotující křídla. K jejich přípravě se hodí:

- papír s nízkou gramáží (např. z telefonního seznamu, časopisu, ...),
- pravítko,
- propiska s ostřejším hrotem,
- lepicí páska a nůžky.



Obr. 3. Rotující křídlo z jednoho kousku papíru.



Obr. 4. Rotující křídlo vzniklé spojením dvou papírků.

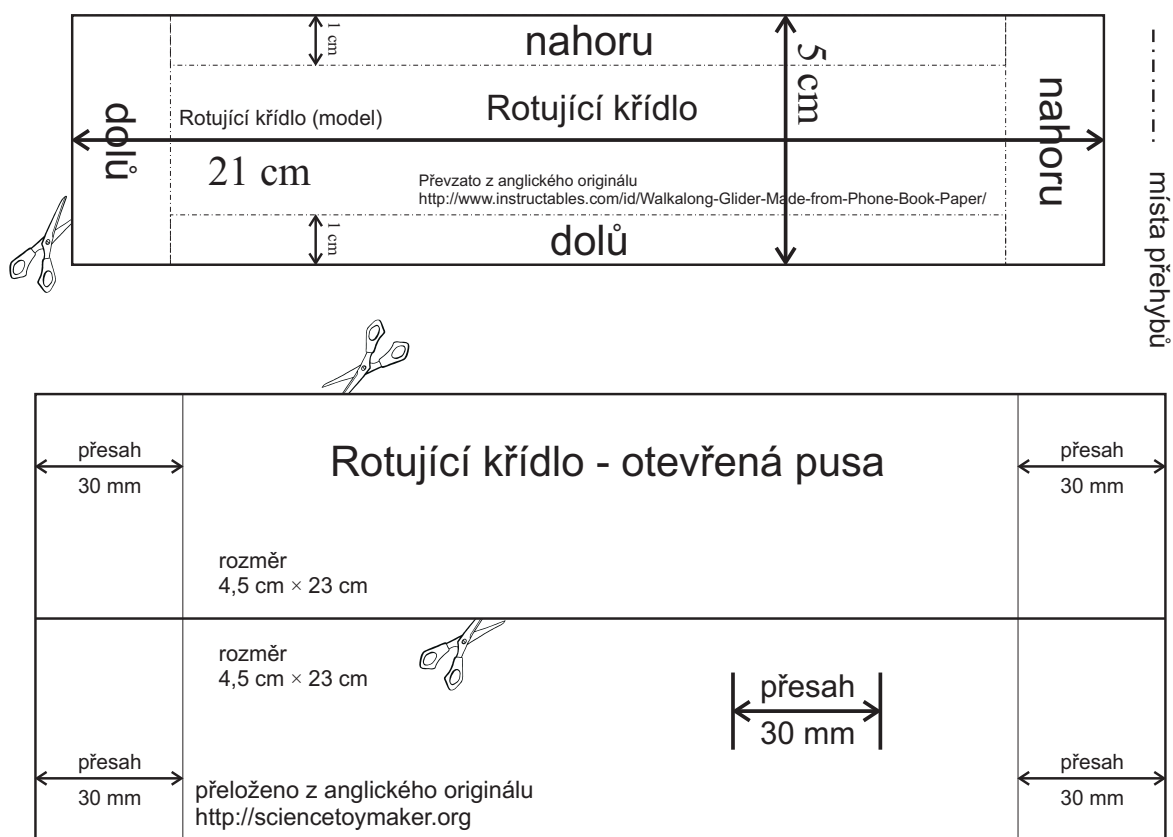
Pozn.: Ostřejší hrot propisky pomůže při výrobě nejen naznačením čáry, ale dokáže papír po několikerém přejetí narušit natolik, že nemusíme papír (funguje především u listů z telefonního seznamu) stříhat nůžkami, ale jde jej krásně roztrhnout podél nakreslené čáry. Strany papírků se tak dají vyrobit velmi rovné.

Z jednoho proužku papíru

Na obrázku 3 jsou znázorněna dvě křídla: model vyrobený vystříhnutím předlohy (obr. 5, nahoře) a křídlo poskládané z papíru z telefonního seznamu.

Tato verze, i když je jednoduchá na stříhání papíru, vyžaduje trochu trpělivosti při skládání. Snadno se může stát, že napoprvé vám nebude létat rovně a budete si muset hrát se správným zahnutím hran.

Výroba: Vystříhneme/vyřízneme proužek papíru o velikosti 5×21 cm. Na papírek si vyznačíme čtyři obdélníky (viz obr. 5, nahoře). Podél delších hran jsou obdélníky široké 1 cm a dlouhé 17 cm, podél kratších je jejich šířka 2 cm a délka 5 cm. Opět je dobré využít ostřejší propisku, ta způsobí, že se nám bude papír lépe ohýbat. Provedeme čtyři ohyby v místech čar, které jsme nakreslili (na šabloně vyznačeny čerchovaně). Na protějších stranách ohýbáme papírek vždy na opačnou stranu. Ostré hrany přehybu se snažte mít pouze na vyznačených čarách. Nejobtížnější je tvarovat papírek v místech, kde se ohyby setkávají (viz obr. 3).



Obr. 5. Zmenšené šablony pro výrobu rotujících křídel.

Ze dvou proužků papíru

Druhou možností je vyrobit rotující křídlo ze dvou proužků papíru (obrázek 4), v našem případě s rozměrem $4,5 \times 23$ cm (šablona na obrázku 5, dole). Tyto dva proužky k sobě přiložíme tak, že je dáme přes sebe a poté podél delší hrany posuneme o 3 cm. Budou se tak překrývat pouze na dvaceti centimetrech. V místě, kde se kratší hrana papírku dotýká druhého, je slepíme malým kouskem (např. $1,5 \times 1,5$ cm) lepicí pásky. Stejnou věc provedeme symetricky i na druhé straně. S množstvím pásky to nepřeháníme a snažíme se použít stejně velké kousky, aby bylo křídlo vyvážené.

Hodit je „umění“

Žákům občas dělá problém křídlo správně vypustit. U křídla z jednoho papíru jej stačí poprvé prostě pustit volným pádem a ono se samo roztočí a napoví nám, jak jej příště vypustit. Křídlo uchopíme do jedné ruky mezi prsty za dlouhý ohnutý kraj tak, aby byla jeho delší hrana přibližně ve vodorovné poloze, a kraj, za který jej držíme, směřoval vzhůru. Neházíme daleko, ale křídlo podtrhneme – jako bychom mávali způsobem odpovídajícím slečnám z prvorepublikových filmů. Představíme-li si oba způsoby rotace křídla podél podélné osy (na obr 5. nahoře odpovídá dlouhé vodorovné šipce udávající rozměr křídla), zjistíme, že se co do velikosti aerodynamického odporu značně liší. Naším cílem je odhodit křídlo tak, aby snadno proráželo vzduch. Způsobem popsaným výše by se nám to mělo povést. Více než mnoho slov řekne video provedení [2]. Obdobným způsobem vypouštíme rotující křídlo vytvořené ze dvou papírků. Držíme jej za jeden papírek a odhodíme jej při lehkém podtrhnutí (viz videa na [1]).

Model větroně

Blíže se výše zmíněnému větroni přiblížíme modelem vyrobeným z polystyrénu, který se na první pohled velmi podobá obyčejné papírové vlaštovce.



Obr. 6. Dva různé modely větroně.



Obr. 7. Detail prohnutí křída.

Zde budou představeny dvě různé konstrukce (obrázek 6) – jednak verze klasické, ve které se projeví i aerodynamické prohnutí křídla (obrázek 7), a rovněž na stavbu jednodušší tzv. zubaté křídlo, jehož křídla jsou plochá, neprohnutá.

Kde získat tenký polystyrén

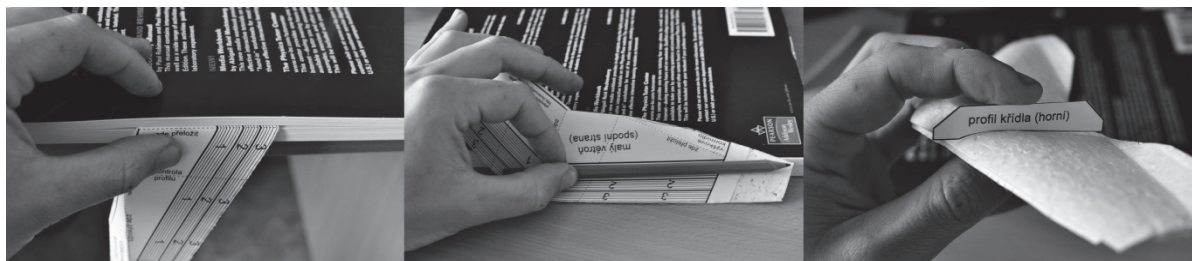
Pro výrobu letadélka potřebujeme tenké plátky polystyrénu. Ty vyrobíme poměrně snadno. Nejprve si z velkého kusu polystyrénu (např. zbytky z obalů elektroniky, velké desky prodávané ve stavebninách, ...) vytvoříme kvádr o rozměrech podstavy přibližně 10×20 cm. Polystyrén řezeme pomocí rozžhaveného drátu. Osobně jsem použil nejtenčí kytarovou strunu (e, průměr cca 0,23 mm), pro napájení pak regulovatelný DC zdroj (autobaterie s reostatem, školní zdroj,...). Ze zkušenosti lze říci, že struna získá potřebnou teplotu při procházejícím proudu cca 1,5 A. Pro řezání tenkých rovných plátků je dobré použít rezačku (obrázek 8). Do většího prkénka upevníme kolmo dva šrouby (ve vzdálenosti alespoň 25 cm) a přes ně napneme jednu či několik strun, vždy v jisté vzdálenosti od sebe (nastavujeme pomocí závitů šroubů). Zdroj napětí připojíme ke šroubům, zapneme zdroj a sunutím po prkénku protlačíme polystyrén přes rozžhavené dráty.



Obr. 8. Řezačka polystyrénu.

Výroba

Pro výrobu polystyrénových křídel jsou nutné šablony (obrázek 10). Postup výroby je u obou křídel v hlavních bodech stejný. Šablonu vystříháme a na označených místech přilepíme kouskem pásky k polystyrénu. Nyní podle šablony vystříháme polystyrén, ale zatím nestříháme v místech přilepení. Dále ohýbáme papír na určených místech (čárkované úsečky s popiskem „zde přeložit“). Překládáme přes papír (polystyrén se pak neláme) a přes pevnou hranu - osvědčený způsob je vložit část křídla do silnější knihy, srovnat zvolené místo ohybu s okrajem listů knihy, knihu zavřít a šablonu s polystyrénem přehnout (obrázek 9).

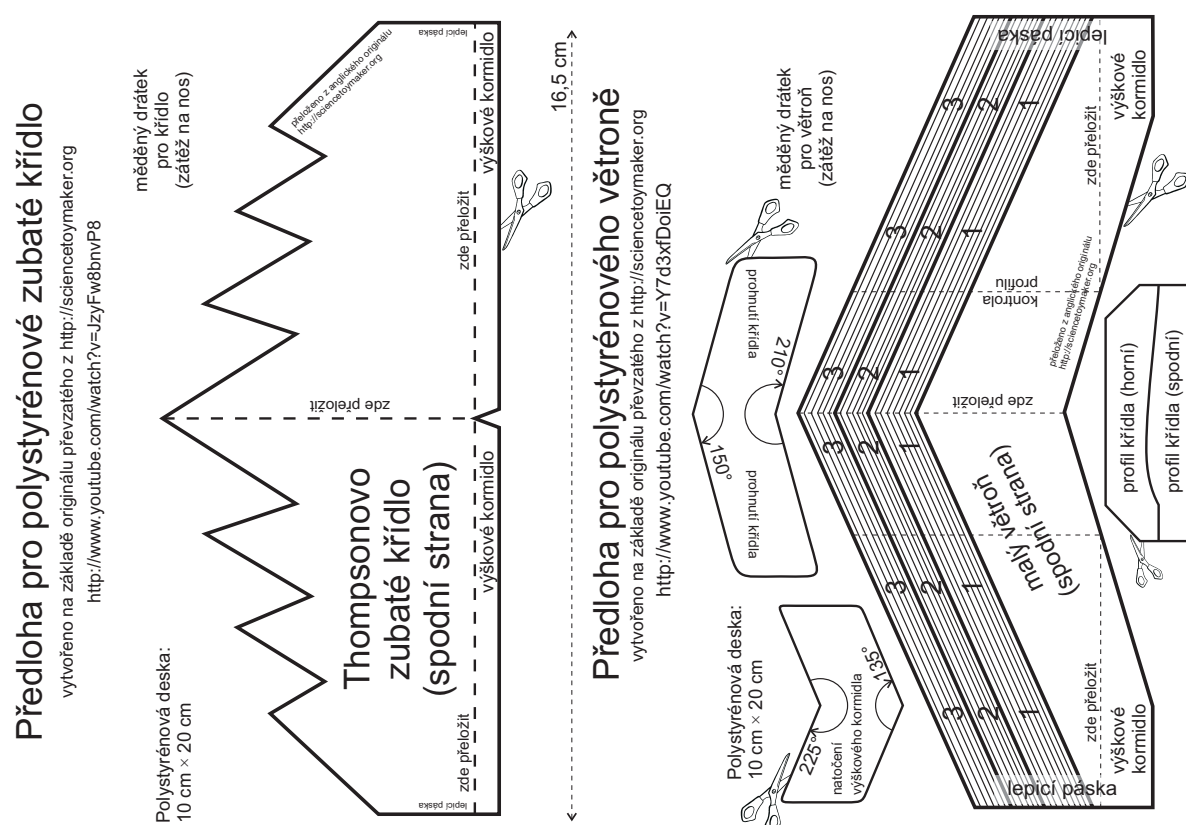


Obr. 9. Tvarování větroně.

U polystyrénového větroně je třeba navíc tvarovat prohnutí křídla (obrázek 9). K tomuto účelu jsou na šabloně vyznačeny tři zóny. Tvarujeme každé (levé i pravé) křídlo zvlášť, vystřížený polystyrén již s přilepenou šablonou opřeme o knihy a pře-

jíždíme např. tužkou po oblastech 1, 2, 3. Správný profil křídla pak lze zkontrolovat pomocí papírků vystřižených ze šablony.

K tomu, aby větroň / zubaté křídlo dobře letělo, je navíc třeba na špičku letadla přidat zátěž. Tu může tvořit například kousek měděného drátku, který připevníme lepicí páskou (obrázek 6, 7). Klouzání letadélka vzduchem je velikostí zátěže velmi ovlivněno, chce to proto věnovat čas na nalezení správné velikosti a tvaru „zobáčku“. Na-tažený a dlouhý kousek drátu způsobí hladký let, letadélko však k zemi padá rychle. Naopak malý, případně ohnutý kousek způsobí, že letadélko nepadá tak rychle, ale jeho pohyb je „trhaný“. Chce to proto najít zlatou střední cestu. Je dobré, pokusí-li se žáci toto chování vysvětlit – i když samozřejmě pouze kvalitativně.



Obr. 9. Zmenšené šablony pro výrobu polystyrénových křídel.

Závěr

Představené aktivity byly vyzkoušeny v praxi a zatím se vždy u dětí setkaly s pozitivním ohlasem. Žáci v nich mohou formou hry získat nové dovednosti a poznatky. Věřím, že i ve Vašich hodinách si letadélka naleznou svoje místo.

Literatura

- [1] <http://www.sciencetoymaker.org> [cit. 12.9.2012]
- [2] <http://www.instructables.com/id/Walkalong-Glider-Made-from-Phone-Book-Paper/> [cit. 12.9.2012]

První poznatky z „peer praxe“

*JANA ŠESTÁKOVÁ (JANA KONČELOVÁ)
ZŠ Lingua Universal, Litoměřice*

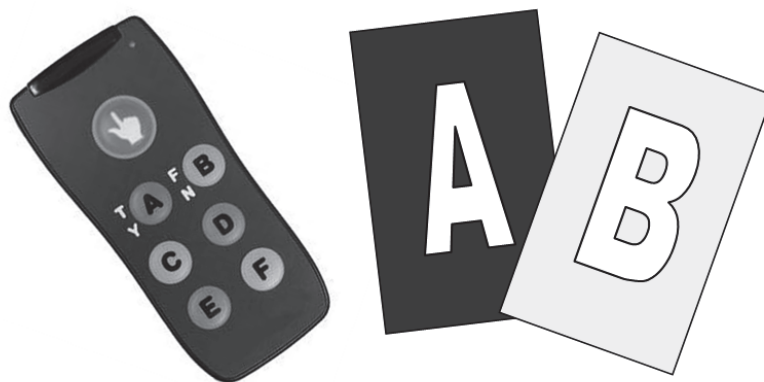
Příspěvek pojednává o prvních zkušenostech s použitím vyučovací metody Peer Instruction v hodinách fyziky na Základní škole Lingua Universal v Litoměřicích.

Metoda Peer Instruction

Vyučovací metoda Peer Instruction, její vývoj a začlenění do výuky bylo podrobně popsáno na Veletrhu nápadů učitelů fyziky 16 v roce 2011 v Olomouci [1]. Pro připomenutí pouze stručně shrňme základní průběh metody.

Použití metody ve výuce

Práce v metodě Peer Instruction začíná krátkým výkladem k nové problematice. Následuje otázka, která se zaměřuje na porozumění vykládané látky. Tato speciální otázka, autorem metody Ericem Mazurem nazývaná koncepttest [2], je uzavřená, a obsahuje několik možných odpovědí. Odpovědi na koncepttesty jsou vybírány z častých chybných představ, které se mezi žáky v daném tématu vyskytují. K získání odpovědi žáků na danou otázku se používají odpovědní systémy. Učitel tak obdrží zpětnou vazbu od všech žáků okamžitě.



Obr. 1. Odpovědní systémy.

Vyjádření odpovědi na danou otázku je v tuto chvíli důležité hlavně pro samotného žáka. Při odeslání odpovědi si ujasní svůj názor a je tak připraven na nejdůležitější bod práce – diskuzi. Diskuze probíhá v případě, že při prvním odpovídání zvolilo správnou variantu 30 %–70 % žáků, což je přiměřený počet pro úspěšnou diskuzi. Postup v metodě v případě jiného množství správných odpovědí naleznete v [1]. Žáci při vstupu do diskuze neznají správnou odpověď na danou otázku. Snaží se ale obhájit svůj názor a ověřit si mezi spolužáky, zda se rozhodli správně. Při diskuzi v přibližně čtyřčlenných skupinách se žáci učí navzájem. Vysvětlují si látku vlastními slovy, nestydí se zeptat na případné nejasnosti, rozvíjí své vyjadřovací schopnosti, učí

se respektovat názory druhých a obhajovat ty své. Po diskuzi žáci opět odpovídají pomocí hlasovacích zařízení na původní otázku. Pokud jsou žáci ochotni tímto způsobem pracovat a mají již určité dovednosti diskutovat, přiklání se při druhém odpovídání ke správné odpovědi ve větší míře, než při prvním odpovídání. Látku se pomocí diskuze navzájem naučí. Na konec je důležité, aby některý z žáků celé třídy sdělil a odůvodnil správnou odpověď, aby se všichni ujistili, že otázku správně vyřešili.

Z mé peer praxe

V odborné literatuře, například v Uživatelské příručce metody Peer Instruction [2], jsou popsány výzkumy prokazující velmi vysokou efektivitu této metody. Žáci díky metodě mnohem lépe látku rozumí a také si látku lépe pamatují. Nekladla jsem si za cíl ověřovat efektivitu metody Peer Instruction ve své výuce, protože s metodou nemám zatím velké zkušenosti, což by se negativně odrazilo ve výsledcích. Zaměřila jsem se tedy na chování žáků při výuce touto metodou a na jejich názory na metodu, dále pak na metodu z pohledu učitele.

První komentáře žáků ve velké míře směřovaly k hlasovacím zařízením, která se ve výuce používají málo, takže pro žáky byla zpestřením. Dále žáky zaujala metoda z pohledu jejich vlastní aktivity „je to lepší než jen sedět a poslouchat“. Za velmi pozitivní považují, že někteří žáci sami zmínili, že tímto způsobem látku lépe porozuměli. Při používání hlasovacích karet někteří žáci při prvním odpovídání zakrývali písmena, aby ostatní neviděli, jakou možnost zvolili. S ovládáním elektronických zařízení neměli žáci žádné problémy. V prvních diskuzích se ochotně zapojovali jen žáci nejzdatnější ve fyzice, kteří si byli odpovědi jistí. Bylo potřeba podporovat ostatní, aby alespoň vlastními slovy zopakovali odůvodnění spolužáků. Největší pokrok v diskuzi jsem zaznamenala u žáků, kteří se běžně ve fyzice neprojeví. Když získali možnost řešit fyzikální problémy mezi kamarády, dobrovolně se přihlásili i k vysvětlení řešení před třídou.

Z pohledu učitele pro mě bylo časově náročné sledovat diskuze postupně u několika skupin a někdy i obtížné volit správná slova při návodných otázkách, kterými jsem se snažila přimět k diskuzi i méně aktivní žáky.

Náročná byla i příprava na hodinu. Konceptesty jsem nevymýšlela, používala jsem hotové a praxí ověřené otázky Erica Mazura z [2]. Překlad, vhodné formátování pro prezentaci a nastavení správné odpovědi pro elektronická hlasovací zařízení ale také zabralo dost času. Dále bylo nutné připravit odpovídající výklad, který by žáky navedl na řešení, ale zároveň hned neprozradil odpověď. V hodině jsem velmi ocenila automatické vyhodnocování odpovědí žáků a dálkové ovládání prezentace i programu pro sběr odpovědí. K další práci s touto metodou mě nejvíce motivovali žáci, kteří v hodině nadšeně vysvětlovali řešení poté, co možná poprvé v životě vyřešili fyzikální problém.

Závěrem

Zprvu náročné vyučování metodou Peer Instruction, které ale mělo mezi žáky velmi pozitivní ohlasy, mě neodradilo od dalšího studia a ověřování této metody v praxi. Pro efektivnější práci učitelů v této metodě by bylo vhodné vypracovat databázi ověřených konceptestů, které by byly pro učitele připraveny ve formě prezentace s přednastavenými informacemi pro elektronická hlasovací zařízení. Učitel by v takovém případě pouze zkopíroval konceptest, který by potřeboval do své výuky. Pro pohodlnější práci učitele v hodině a pro soukromí žáků doporučuji upřednostnit elektronické odpovědní systémy před levnějšími papírovými kartami. Další vhodnou pomůckou pro učitele při výuce touto metodou by mohla být síť uživatelů metody Peer Instruction, která se vytváří na stránkách [3].

Literatura

- [1] Končelová, J. *Efektivní hlasování ve výuce*, In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 16. Olomouc 2011, ISBN 978-80-244-2894-9, s. 123 – 128.
- [2] Mazur, E. *Peer Instruction: A User's Manual*, Prentice Hall, 1997, 253 p., ISBN: 978-0135654415.
- [3] PeerInstruction.net [online]. [cit. 31. 8. 2012]. Dostupné z: <https://www.peerinstruction.net/>

Badatelské aktivity nejen pro nadané žáky v hodinách fyziky

ŠTĚPÁNOVÁ VLASTA, KOLÁŘ KAREL A KOL.

Talnet, Praha

Príspevek se zabývá badatelskými aktivitami v hodinách fyziky. Představuje metodu vědecké disputace, pracovní listy pro žáky, metodické listy pro učitele a příklady zadání badatelských aktivit. Při zpracovávání materiálů jsme využili zkušenosti z pořádání týmové badatelské aktivity Na Fyziku v Týmu, v rámci Talnetu, resp. metody práce při Turnaji mladých fyziků.

Badatelské aktivity v hodinách fyziky

Cílem našeho příspěvku je představit badatelskou aktivitu pro SŠ studenty v hodinách fyziky. Tato aktivita se skládá z pracovních listů pro studenty a metodických listů pro učitele. Aktivita vrcholí vědeckou disputací, která umožňuje rozvíjet schopnost kritického myšlení, věcně založené argumentace a prezentačních dovedností. Metoda vědecké disputace respektuje vzdělávací potřeby nadaných žáků, jakými je potřeba argumentačně založené komunikace, ideálně v kombinaci s naplněním potřeby výrazné stimulace (tzn. intelektově náročné aktivity vyžadující vyšší úroveň myšlení).

Počítáme s časovou dotací 3 vyučovacích hodin fyziky nebo fyzikálního semináře, plus domácí přípravy. Aktivita je určena pro vyšší stupeň gymnázia, ideálně pro 2.–4. ročníky čtyřletého gymnázia. Je koncipována pro 10–20 studentů (podle počtu studentů v semináři), kteří se rozdělí do skupinek po 2 až 4 lidech.

Časový plán

Plánovaná časová dotace jsou 3 vyučovací hodiny, ale lze ji přizpůsobit dle možností. Mezi hodinami se počítá s domácí přípravou, doděláním rozdělaných úkolů a prezentací.

1. hodina – rozdělení do skupin, seznámení s problémem/pracovním listem, popsání teoretické pozadí jevu učitelem, brainstorming

domácí příprava – vyhledání informací v učebnicích nebo na internetu

2. hodina – řešení problému a jednotlivých úkolů, provádění potřebných experimentů, příprava prezentace/miniposteru

domácí příprava – doděláné prezentace/miniposteru, příprava slovního komentáře

3. hodina – prezentace řešení před ostatními (zbytkem semináře/ostatními týmy), polovina týmů prezentuje řešení a druhá polovina jim je oponuje, pak se vymění nebo to může jít nějakým cyklickým systémem

Úkoly týmů v jednotlivých rolích

1) prezentující

- zapojit do prezentace všechny členy týmu
- zmínit všechny důležité faktory, který daný jev ovlivňuje
- nastínit teoretické předpoklady
- ukázat provedené experimenty a jejich výsledky (fotky, videa, grafy)
- pokusit se srovnat teorii s výsledky experimentů

2) oponující

- oponenturu by měl vést jeden z týmu, ale ostatní mu podsouvají dotazy a spolupracují s ním
- měli by se zaměřit na řešení prezentující skupinky a najít v něm slabá místa
- neměli by prezentovat vlastní řešení (pro případ, že by řešili stejnou úlohu)
- měli by zhodnotit, co prezentující skupinka udělala dobře a co špatně, nebo co neudělala

Pracovní listy pro studenty

Pracovní listy se zabývají fyzikálními problémy z různých oblastí fyziky (mechanika, elektřina, optika, kmity, vlny...). Studentům je zadáno několik otázek a úkolů na dané téma, jedná se o úkoly zejména praktické, ale také teoretické.

Metodické listy pro učitele

Metodický list pro učitele je návodem, kam by měli studenti v řešení problému dojít. Problémy jsou koncipovány tak, že nemají jedno jasné řešení, jak jsou studenti zvyklí u klasických fyzikálních úloh. Ale na řešení má vliv celá řada faktorů, které musí prozkoumat a často experimentálně ověřit.

Metodický list obsahuje na úvod potřebnou část teorie, kterou by měl učitel studentům na začátku vyložit. Poté by je měl rozdělit do skupin a seznámit s jednotlivými úkoly. Během řešení úkolů učitel obchází skupinky a kontroluje, zda všichni vědí, co mají dělat. Případně dává rady a podněty pro řešení. Studenti si v rámci skupinek můžou na úvod udělat krátký brainstorming, co je k danému problému napadne za fyzikální jevy. Za domácí úkol jim může učitel zadat vyhledání potřebných informací na internetu nebo v učebnicích. V další hodině studenti dodělávají úkoly, provádějí experimenty a pracují na přípravě prezentace/miniposteru. Pokud přípravu prezentace/miniposteru v hodině nestihnou, dodělají ji za domácí úkol. Ve třetí, poslední hodině prezentují svoje závěry a jiná skupina jim jejich řešení oponuje.

Metodický list – Učitel	Optika	Praha 2012
CAMERA OBSCURA		
Potřebné pomůcky: Pomůcky pro ilustraci geometrické optiky, laser, papírová krabice, digitální fotoaparát se samospouští a možností manuální expozice, alobal		

Zadání

Studujte charakteristiku dírkové fotoaparátu a najděte podmínky pro zajištění optimální kvality obrázku.

Úloha Turnaje mladých fyziků 2008

Teorie

Camera obscura (dírková kamera, pin-hole camera) je název pro „fotoaparát“ využívající k zobrazení malý otvor místo objektivu s čočkami. Princip dírkové kamery byl znám již před naším letopočtem. Už Euklides a Archimédes, nezávisle na nich i Arabové a Číňané, znali převrácení obrazu na dírce; podrobný popis podobný dnešnímu podal v 16. století Leonardo da Vinci. Díky svému charakteristickému obrazu se tato aparatura těší oblibě i v současné době a na Internetu je možné najít mnoho snímků pořízených právě dírkovou kamerou. Camera obscura je velmi jednoduše zkonstruovatelná a jsou na ní dobře ilustrovatelné základní principy geometrické optiky a fotografovací techniky.

Zobrazování pomocí dírkové kamery lze vysvětlit pomocí principů geometrické optiky:

Princip přímočarého šíření světla *Světlo se v homogenním prostředí obsahujícím jen překážky podstatně větší než je vlnová délka světla šíří přímočaře.* Vzduch je dostatečně homogenní pro splnění předpokladů tohoto principu, v některých případech – při velmi malém otvoru – ale může docházet k porušení druhé podmínky a lze pozorovat difrakci na štěrbině.

Princip nezávislého chodu paprsků *Paprsky šířící se prostředím se navzájem neovlivňují.* Tento princip je porušen ve stejném případě jako předchozí, tedy když dochází k interferenci kvůli velmi malému otvoru.

Ve většině případů jsou oba výše zmíněné principy platné a dírkovou kameru tedy můžeme vyšetřovat na základě geometrické optiky uplatněním **principu záměnnosti směru paprsků**: *pokud se paprsek šíří z jednoho bodu do druhého, může se šířit i opačným směrem (po inverzi času).*

Kromě těchto tří pravidel uvažuje geometrická optika ještě zákon lomu a zákon odrazu, ty se ale nebudou předmětem našeho zkoumání.



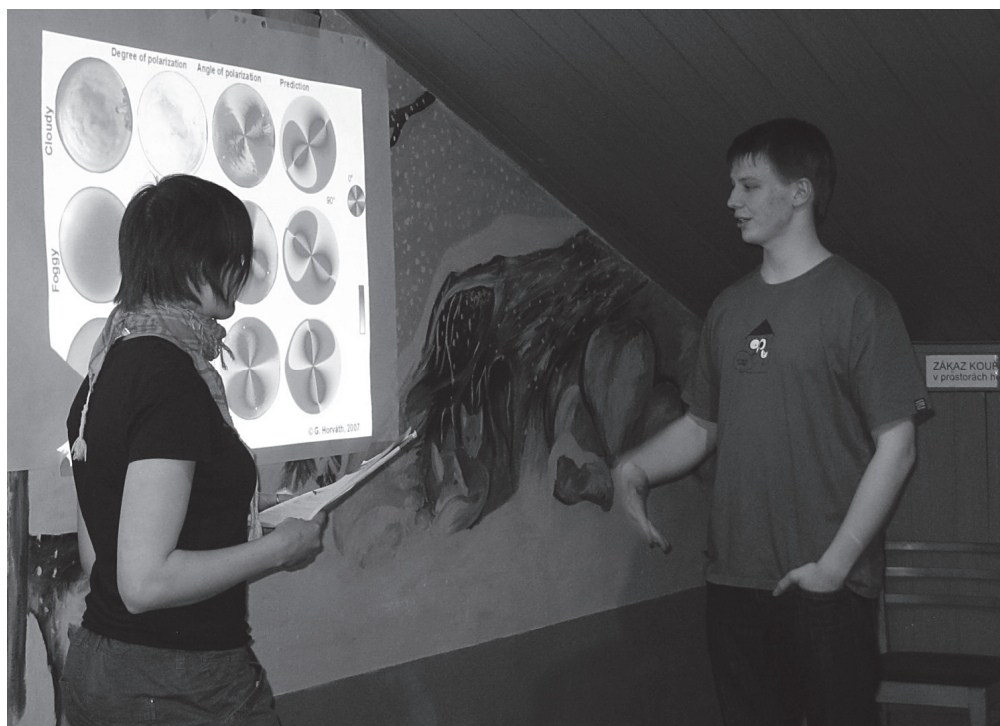
Obr. 1. Ukázka metodického listu pro učitele, badatelská aktivita zabývající se konstrukcí dírkové kamery.

Tato badatelská aktivita je určitou odlehčenou formou Turnaje mladých fyziků, ve kterém se takovéto problémy řeší (zvolené úlohy jsou inspirovány právě úlohami z minulých ročníků TMF). V této školní verzi proběhne pouze zkrácená disputace složená z prezentování řešení a oponování. Vědecká disputace proběhne česky narozdíl od turnaje, kde probíhá anglicky. Prezentace řešení může být ve formě elektronické prezentace (PowerPoint) nebo miniposteru se slovním komentářem.

Metodické listy budou kromě praktické části (samotné pracovní listy) obsahovat i teoretickou část, která učitele seznámí s badatelskými aktivitami jako takovými, specifickými vzdělávacími potřebami nadaných studentů a metodou vědecké disputace.

TMF (Turnaj mladých fyziků) a Nafta (kurz Na fyziku v týmu) [1]

Koho tato badatelská aktivita zaujme, může pokračovat v soutěži Turnaj mladých fyziků, kde je 17 fyzikálních problémů, vědecká disputace je delší a náročnější (přibude ještě role recenzenta) a probíhá anglicky. Právě na soutěž TMF připravuje studenty kurz Na fyziku v týmu, který probíhá už třetím rokem v rámci projektu Talnet. Kurz je určen pro studenty se zájmem o fyziku a badatelský typ úloh. Probíhá online formou, ale i prezenčně (jednou za měsíc je prezenční setkání). Kurz se zaměřuje na studenty, kteří by rádi řešili TMF, ale nesestaví na své škole tým. Právě tento kurz nás inspiroval k vytvoření badatelských aktivit pro školy využívajících metodu vědecké disputace jako způsob rozvoje nadání a talentu.



Obr. 2. Ukázka z vědecké disputace v kurzu Na fyziku v týmu.

Závěrečné slovo

Po otestování pracovních listů na několika školách a zapracování připomínek učitelů, budou materiály koncem roku 2012 umístěny na internet, kde budou volně dostupné učitelům. Konkrétní internetová adresa bude upřesněna, nejspíše to bude na portálu www.talnet.cz. V případě zájmu o tuto badatelskou aktivitu mě kontaktujte mailem na vlasta.stepanova@talnet.cz.

Literatura

- [1] Štěpánová V. a kol.: *Na Fyziku v Týmu (NAFTA)*. In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 16. Ed.: Holubová R. Univerzita Palackého v Olomouci Olomouc 2011. s. 233-237

Mikroskop včera a dnes a jeho využití ve fyzikálním praktiku

JIŘÍ TESAR¹, VÍT BEDNÁŘ²

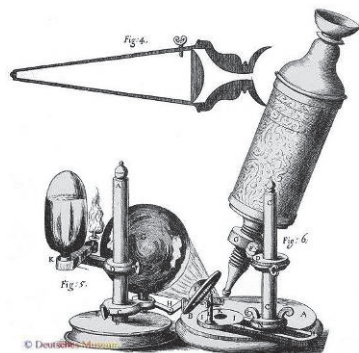
Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích¹, Západočeská univerzita v Plzni²

Abstrakt

Úvodní část příspěvku je věnována historii, vývoji a základním principům mikroskopu. Následně jsou nastíněny konkrétní možnosti zařazení mikroskopu do fyzikálního praktika: kalibrace a určení zvětšení, měření různých preparátů a komparace ochranných proužků některých českých a evropských bankovek. Poslední část se zabývá možnostmi on-line mikroskopického měření pomocí okulárové kamery a příslušného software.

Historie a popis mikroskopu

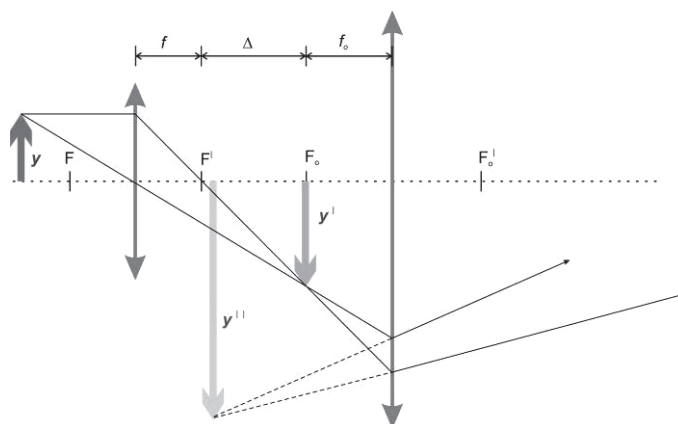
První, kdo začal používat mikroskop ke sledování biologických objevů byl Holanďan *Anton van Leeuwenhoek* (1632-1723), který je nazýván otec mikroskopie. Byl to on, kdo spatřil a popsal bakterii, kvasinky, hemživý život v kapce vody a cirkulaci krviček v kapilárách. Angličan *Robert Hooke* (1635-1703) postavil přesnou kopii Leeuwenhoekova mikroskopu a tu poté zdokonalil. Jak vypadaly takovéto historické mikroskopy vidíme na obrázku č. 1.



Obr.1. Historický mikroskop (převzato Deutsches Museum).

O zdokonalení konstrukce optických prvků a rozšíření výroby mikroskopů se ve 2. polovině 19. století zasloužila především firma, která nese jméno podle svého zakladatele *Carl Zeiss*. Tento vynikající praktik v oboru optiky a přesné mechaniky spojil své zkušenosti s teoretickými poznatky *Ernsta Karla Abbeho* a podařilo se jim sestavit mikroskopy, které předčily zobrazovací parametry dosavadních mikroskopů. Proslulost této značky přetrvává až do dnešní doby.

Vznik obrazu v mikroskopu můžeme zjednodušeně popsat následovně: *Objektiv* (soustava čoček s velmi krátkou ohniskovou vzdáleností) vytváří skutečný převrácený obraz objektu, jež se promítá mezi ohnisko okuláru a okulár. Okulárem tento obraz pozorujeme jako pod lupou a vidíme zdánlivý zvětšený obraz, viz obrázek 2.



Obr. 2. Vznik obrazu v mikroskopu.

Pro úhlové zvětšení mikroskopu γ_m platí známý vztah:

$$\gamma_m = \frac{\Delta}{f_1} \cdot \frac{d}{f_2}$$

Kde Δ je optický interval mikroskopu,

d je konvenční zraková vzdálenost,

f_1 je obrazová ohnisková vzdálenost objektivu,

f_2 je předmětová ohnisková vzdálenost okuláru.

První zlomek ve vztahu udává příčné zvětšení Z_{ob} objektivu, druhý zlomek je úhlové zvětšení γ_{ok} okuláru. Úhlové zvětšení mikroskopu γ_m je dáno součinem $Z_{ob} \cdot \gamma_{ok}$.

Konstrukce dnešních optických mikroskopů je principiálně stejná, ale jejich technické provedení je nesrovnatelné. Pro lepší pozorování bývají často konstruovány se dvěma okuláry a jejich zvětšení většinou dosahuje hodnot $50\times$ až $1000\times$ – viz obrázek 3.



Obr. 3. Popis mikroskopu.

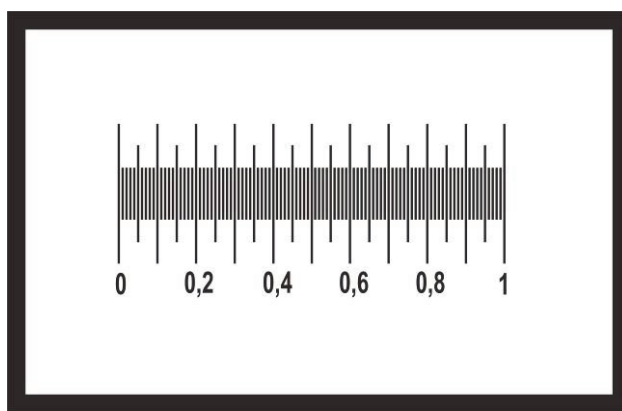
Mikroskop ve fyzikálním praktiku

Na první pohled se zdá, že mikroskop je především prostředek pro pozorování v biologii nebo jiných laboratořích a ve fyzikálním praktiku nenalezne uplatnění. Ale tuto myšlenku vyvrací úloha, kterou jsme zavedli do fyzikálního měření na PF JČU a kterou lze využít i pro studenty středních škol s hlubším zájmem o fyziku.

Toto praktikum lze rozdělit do několika částí:

a. Kalibrace mikroskopu, ověření zvětšení udávané výrobcem

K tomuto měření potřebujeme mikroskop s měřicím okulárem, který má stupnici 10 cm dělenou po 1 mm. Dále potřebujeme tzv. objektivový mikrometr, tj. etalon, což je skleněná destička velikosti podložního sklíčka, na které je vyryt obdélník, v němž je 1 mm rozdělen stupnicí na 100 dílků, tj. jeden dílek představuje 10 μm (viz obrázek 4).



Obr. 4. Objektivový mikrometr (etalon).

Vlastní práci s mikroskopem, tj. vložení preparátu, jeho posunutí do zorného pole, zaostření obrazu pomocí posunu stolečku a vhodné nastavení osvětlení, většinou studenti znají z hodin biologie. Největší problém dělá zobrazení „dvou stupnic“ – jejich odlišení a správná identifikace k etalonu a k okuláru.

Srovnáním stupnice v měřicím okuláru a stupnice v objektivovém mikrometru určíme zvětšení pro příslušný mikroskop. Takto určená hodnota se vždy přesně neshoduje s údajem výrobce. V našem konkrétním měření má měřicí okulár zvětšení 10 \times a jednotlivé objektivy zvětšení 4 \times , 10 \times , 40 \times a 100 \times . Následující tabulka ukazuje drobné odchylky udávané a změřené hodnoty zvětšení:

Zvětšení udávané			Zvětšení vypočtené		
okuláru	objektivu	mikroskopu	vzdálenost v okuláru [mm]	vzdálenost na etalonu [mm]	zvětšení mikroskopu
10	4	40	40	1	40
10	10	100	100	0,985	102
10	40	400	100	0,26	385
10	100	1000	100	0,1	1000

Tab. 1. Zvětšení mikroskopu.

b. Určení velikosti měřených vzorků

Z hlediska studentů se jako zajímavé jeví určení velikosti běžných předmětů a porovnání určených hodnot pro různá zvětšení mikroskopu. Nejprve je nutné připravit si vhodný preparát. Dočasný preparát jednoduše vytvoříme z podložního sklíčka na něž do kapky vody vložíme měřený předmět a překryjeme krycím sklíčkem. Trvalé preparáty vytvoříme obdobně, pouze s tím rozdílem, že místo vody použijeme k tomu určený lak. Pokud chceme vytvořit preparáty – vzorky z rozměrnějších těles, musíme z nich získat tenké vzorky, které nařežeme speciální rezačkou. Tu mají většinou v kabinetu biologie. V našem praktiku konkrétně měříme: průměr vlasu, vousu, tenkého drátku a optického vlákna. Pro zajímavost uvádíme některé naměřené hodnoty:

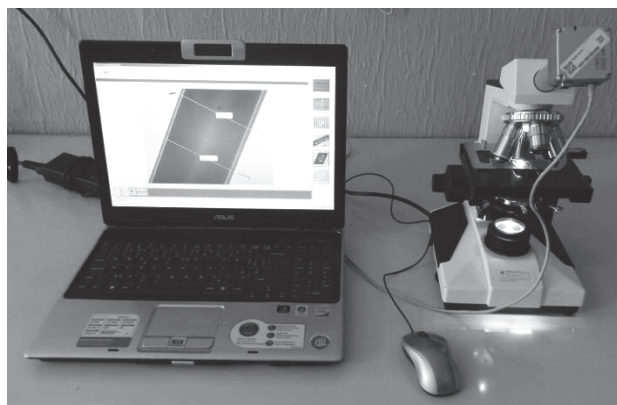
Měřený preparát	Zvětšení mikroskopu	Změřená hodnota [mm]	Velikost [mm]	Zvětšení mikroskopu	Změřená hodnota [mm]	Velikost [mm]
vlas	385×	19	0,049	1000×	50	0,050
vous	385×	64,5	0,168	100×	17	0,170
drátek	385×	34	0,088	1000×	90	0,090
opt. vlákno	385×	8	0,021	1000×	20	0,020

Tab. 2. Velikost změřených preparátů.

Pomocí mikroskopu můžeme také pozorovat a případně i měřit ochranný proužek na bankovkách. Jeho šířka je v řádu mm, ale zjistíme, že uvnitř proužku je vyražena hodnota bankovky a označení koruny, tj. „Kč“. I zde sledujeme některé zajímavosti, např. ostrost okrajů čísel a písmen u bankovek staršího a novějšího data vydání, resp. českých bankovek a bankovek Eura.

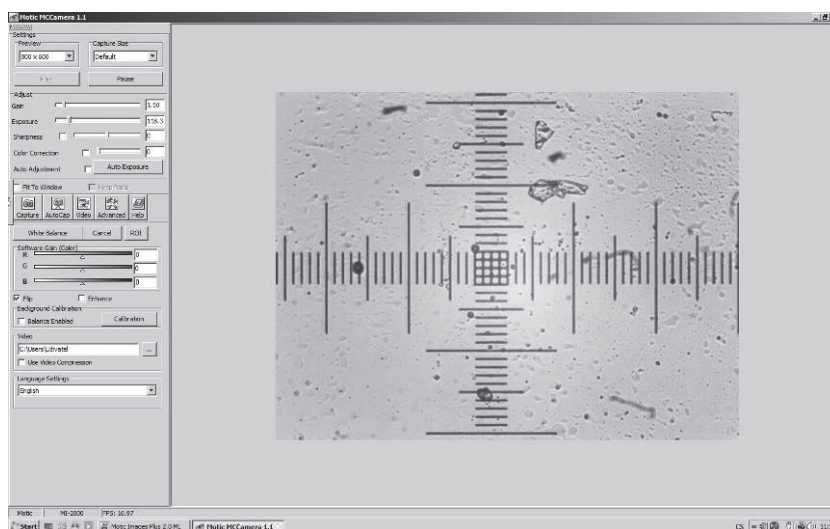
c. Mikroskopická měření pomocí CCD kamery

Připojením CCD kamery k mikroskopu místo okuláru získáváme společně s dodávaným softwarem silný nástroj, jak studentům přiblížit moderní technologie. CCD kameru připojíme přes USB kabel k PC a pokud máme nainstalovaný příslušný software (v našem případě Motic Images Plus 2.0, který odpovídá použité CCD kaměři a má provedeno příslušné nastavení) můžeme začít „měřit“ – viz obrázek 5.



Obr. 5. Mikroskop s CCD kamerou připojený k notebooku.

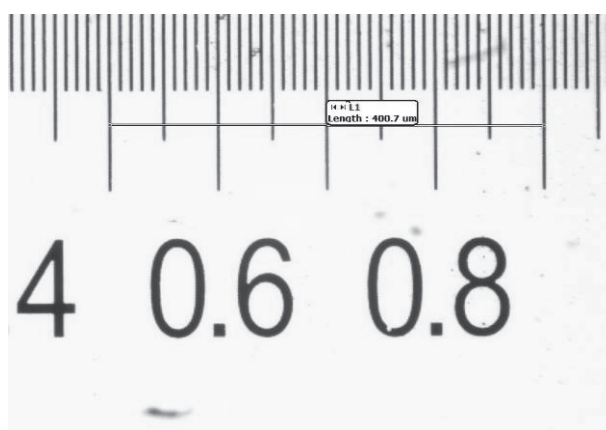
Postup měření je analogický jako při klasickém snímání preparátů. Spustíme program Motic Images Plus, pomocí něhož aktivujeme CCD kameru v prostředí Motic MC Camera, na pracovní ploše se pak objeví snímáný obraz, viz obrázek č. 6.



Obr. 6. Snímání obrazu preparátu – Motic MC Kamera.

Po jeho zaostření ho musíme nejprve „sejmout“, tj. uložit do paměti a přenést zpět do Motic Images Plus, v kterém provádíme vlastní měření a v kterém také můžeme tento obrázek uložit do zvoleného formátu a případně s ním dále pracovat.

Abychom z obrazu získaného CCD kamerou určili rozměry pozorovaných těles musíme v programu Motic Images Plus (podobně jako při předchozím měření s měřicím okulárem) provést nejprve kalibraci. K tomuto úkonu se lépe hodí etalon, který je kalibrován ve dvou směrech na sebe kolmých, tj. v osách x a y . Při vlastním měření potom nesmíme zapomenout, že při změně objektivu musíme také změnit nastavení v kalibrační tabulce na příslušnou hodnotu. Obrázek č. 7. ukazuje správnost nastavené kalibrace.

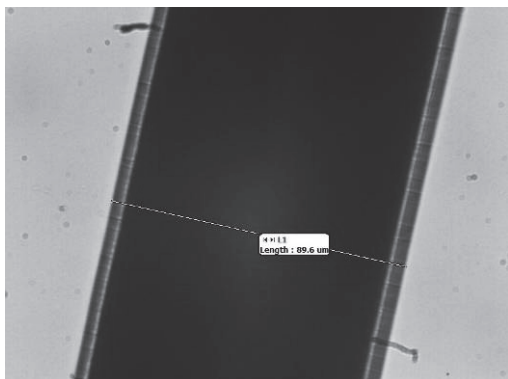


Obr. 7. Ověření nastavení kalibrace (naměřená hodnota 400,7 μm)

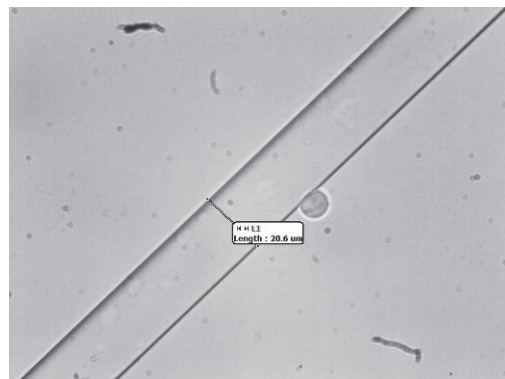
Uvedený software umožňuje nejen měřit délku úseček, ale i křivek, dále také plochy, velikost úhlů, dělat výřezy apod. Pro zajímavost uvádíme obrázky některých preparátů

tů i s vyobrazením měření jejich rozměrů pro porovnání s hodnotami získanými klasickým měřením.

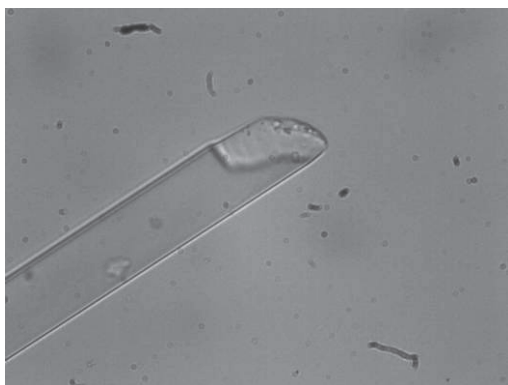
Z hlediska fyzikálního je pro studenty přínosný obrázek „zalomeného“ konce optického vlákna, který ukazuje na největší úskalí této technologie a to je napojování optických vláken k sobě.



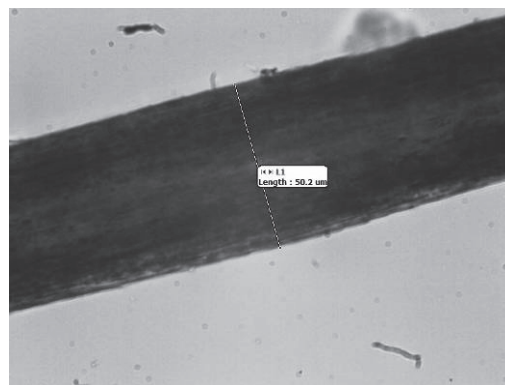
Obr. 8. Měděný drátek – objektiv 40×
(naměřená hodnota 89,6 μm).



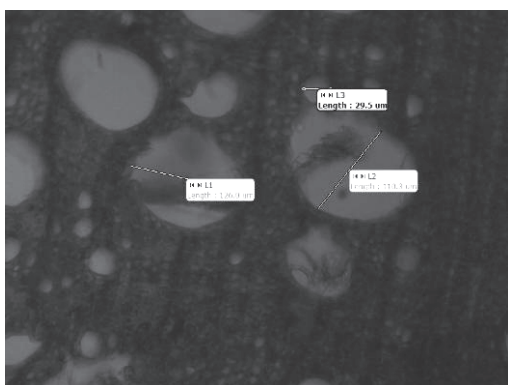
Obr. 9 Optické vlákno – objektiv 40×
(naměřená hodnota 20,9 μm).



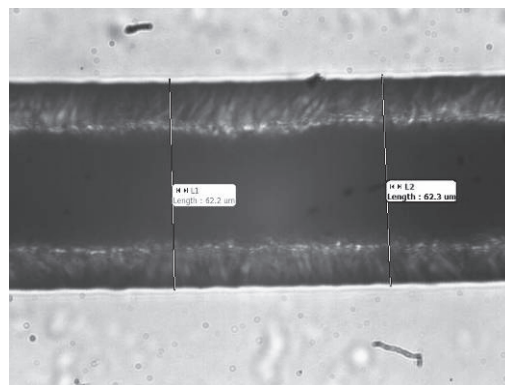
Obr. 10. Zalomení optického vlákna
– objektiv 40×.



Obr. 11. Lidský vlas – objektiv 40×
(naměřená hodnota 50,2 μm).



Obr. 12. Dubové dřevo – objektiv 10×
(naměřené hodnoty 126,0; 29,5; 110,3 μm).



Obr. 13. Psí srst – objektiv 40×
(naměřené hodnoty 62,2; 62,3 μm).

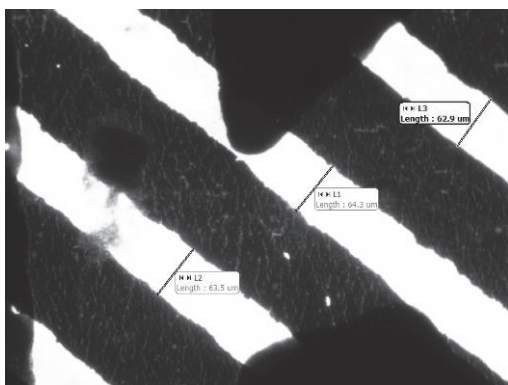
Také obrázky ochranných proužků bankovek různého provedení ukazují rozdílné technologické postupy při jejich výrobě.



Obr. č.14 Bankovka 100 EUR
– objektiv 4×.



Obr. č.15 Bankovka 1000 Kč
– objektiv 4×.



Obr. 16. Bankovka 1000 Kč – objektiv 10×
(naměřené hodnoty 63,5; 64,3; 62,9 μm).



Obr. 17. Bankovka 100 Kč
– objektiv 4×.

Cílem tohoto příspěvku bylo ukázat možnost zařazení mikroskopu do fyzikálních praktik, včetně využití moderních technologií, které představuje on-line měření za pomoci CCD kamery. Studenti si na atraktivních námětech prohloubí své teoretické poznatky o mikroskopu a zároveň si upevní praktické dovednosti při práci s mikroskopem. Komparací naměřených rozměrů preparátů s dosavadními představami pak studenti zlepšují svůj odhad a vytvářejí si reálnou představu o rozměrech miniaturních těles. Samozřejmě, že výčet uváděných měřených preparátů není vyčerpávající, ale pouze nastiňuje některé osvědčené náměty.

Literatura

- [1] Brož J. a kol.: *Základy fyzikálních měření (I)*, SPN Praha 1983
- [2] Horák, Z., Krupka, F.: *Fyzika (sv. 2)*, SNTL/ALFA 1976
- [3] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Mikroskop> (17. 08. 2012)
- [4] http://www.fch.vutbr.cz/~zmeskal/obring/presentace_2003/04_opticke_mikroskopy.pdf

Biofyzikální laboratorní úlohy ve výuce budoucích učitelů fyziky

MARIE VOLNÁ

Katedra experimentální fyziky PřF UP Olomouc

Abstrakt

Příspěvek se zabývá tematikou mezipředmětových vazeb, které umožňují studentům nahlížet na jevy prostřednictvím různých předmětů. V tomto případě jsou klíčovými předměty fyzika a biologie člověka. V příspěvku je představena navržená laboratorní úloha pro studenty učitelství fyziky, která poukazuje na provázanost přírodních předmětů. Pomocí systému Vernier se studenti učitelství seznámí s elektrickou aktivitou srdce.

Elektrická aktivita srdce

Tato úloha poukazuje na to, že i v lidském organismu můžeme pozorovat elektrické jevy a měřit je. Naše tělo vysílá informace, které můžeme měřit přístroji, tyto informace nazýváme biosignály. V této části se budu zabývat biopotenciály, které vytváří naše srdce.

Srdce je tvořeno buňkami dvojího typu, buňkami vedoucí elektrický impuls (buňky převodního systému) a buňkami reagujícími na vzruch (buňky pracovní). Vzruch vzniká v sinoatriálním uzlu. Vzruch se z SA uzlu šíří do síní. Z AV uzlu, který je umístěn v pravé síni se vzruch převede na Hisův svazek, poté do Tawarových ramének až k Purkyňovým buňkám. Podrážděním okolních svalových buněk dochází ke stahu. Po průchodu vzruchu a stahu se buňky relaxují až do dalšího vzruchu. Elektrické impulzy vyvolávají pravidelnou kontrakci srdeční svaloviny. Tyto elektrické periodické změny můžeme měřit na povrchu těla a tím získat elektrokardiogram (EKG).

Laboratorní úloha: Měření EKG

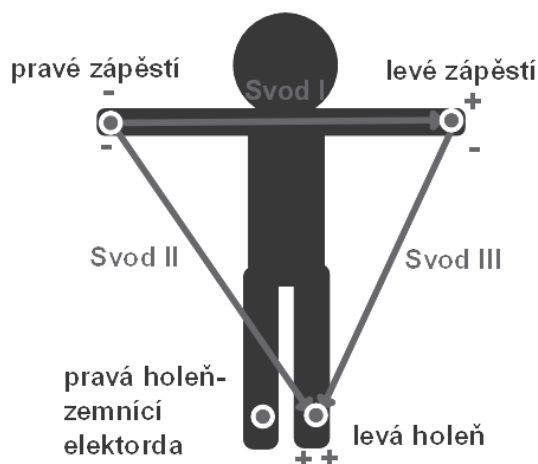
Měření EKG můžeme realizovat pomocí experimentálního systému Vernier a sondy EKG-BTA. Pro orientační měření nám stačí sonda jen jedna. Pokud bychom chtěli realizovat přesnější měření, musíme použít sondy dvě.

Cíl měření

Změřit EKG křivky podle Eithovenových svodů a porovnat je. Vypočítat srdeční frekvenci a stanovit elektrickou osu srdeční.

Postup a výsledky měření

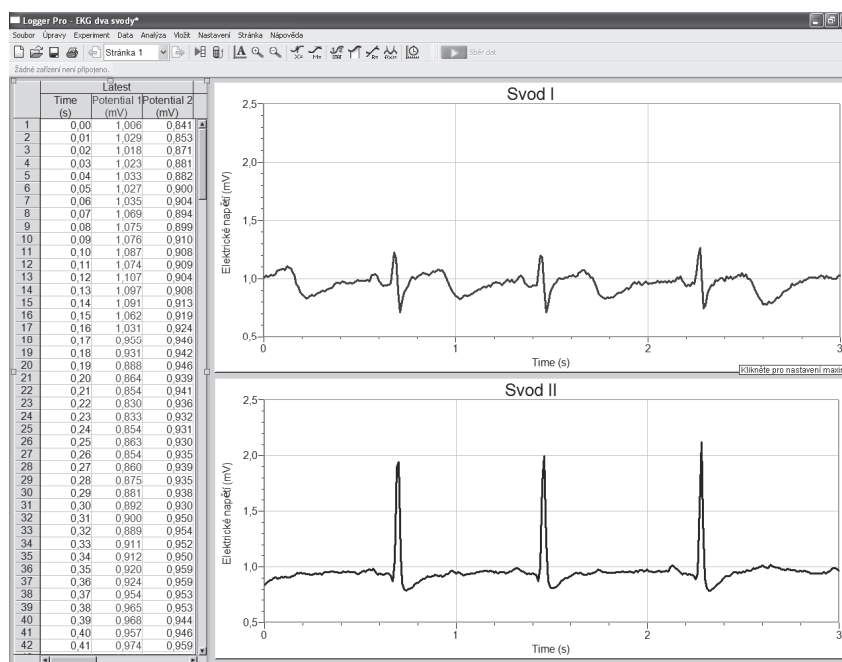
Nejprve přilepíme na tělo elektrody na místa zaznačená na obrázku 1.



Obr. 1. Rozmístění elektrod na těle, Eithovenův trojúhelník.

Pro svod I připevníme zelenou svorku na pravé zápěstí (mínus) a na levé zápěstí připevníme červenou svorku. Černou zemní elektrodu připojíme na pravou holeně. Sondu připojíme k LabQuestu a můžeme měřit. Výsledek měření vidíte na obrázku 2.

Pozn: Místa pro přilepení elektrod doporučuji umýt mýdlem a vysušit, abychom odstranili nežádoucí artefakty, které mohou zkreslit měření. Neměřte s LabQuestem připojeným v elektrické síti, protože ruší signál. Při měření s LabQuestem Mini problémy s rušením nevznikají.

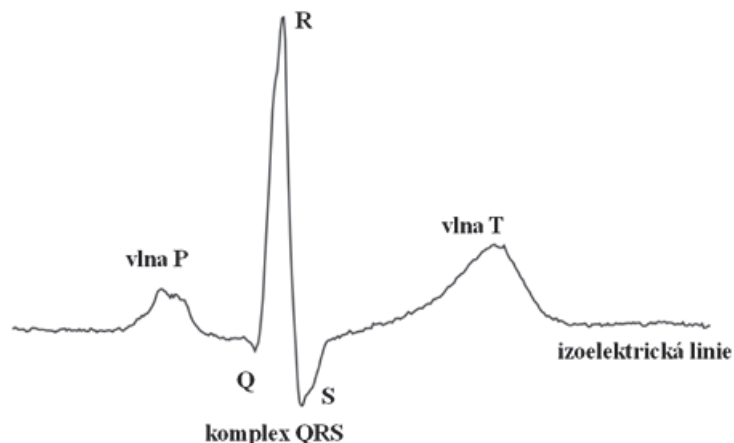


Obr. 2. Výsledky z měření EKG prvního a druhého svodu.

Zpracování výsledků

Se studenty můžeme provádět tyto úkoly: Prvním úkolem je rozpoznat na EKG křivce základní části: vlna P, kmit QRS, vlna T a najít izoelektrickou linii. (Tyto informace jsou nezbytné pro další výpočty.) Popis základní částí EKG křivky je zobrazen na obrázku 3. EKG křivka každého studenta je jiná, proto je i zajímavé porovnání křivek

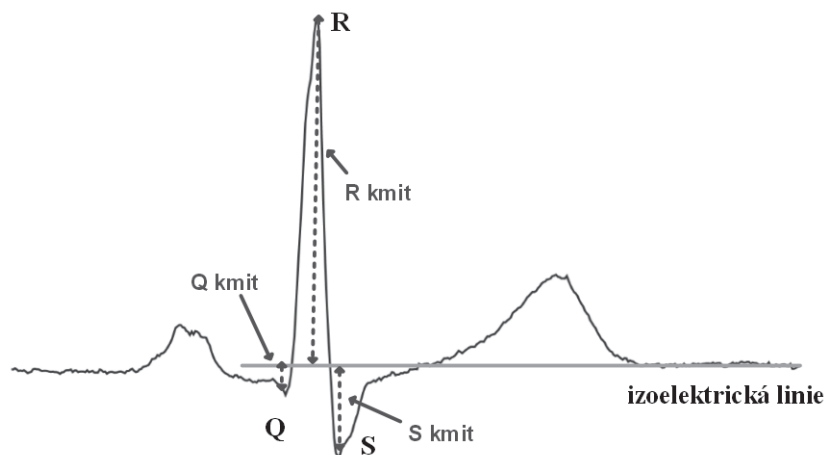
mezi studenty. Ve všech svodech se také nemusí vyskytovat všechny části křivky, např. v obrázku 2 ve svodu I není zcela zřetelný vrchol kmitu Q.



Obr. 3. Popis EKG křivky.

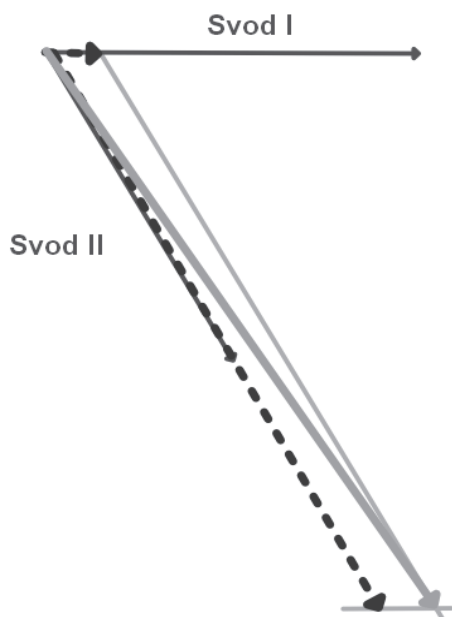
Pokud rozeznáme základní části, můžeme pokračovat výpočtem tepové frekvence, kterou vypočítáme ze souřadnic vrcholu kmitu R. Z grafu vyčteme souřadnice po sobě jdoucích kmitů R a odečteme od sebe časové složky, čímž získáme periodu srdce a z ní tepovou frekvenci. Tepovou frekvenci můžeme porovnat s medicínskými chorobami. Normální tepová frekvence se pohybuje v rozmezí 60-80 tepů. Jestliže je tepová frekvence vyšší než 100 tepů za min, nazýváme ji tachykardií, je-li tepová frekvence pod 60 tepů za min nazýváme ji bradykardií. V této části můžeme použít i informace o výpočtu tepové frekvence pro sport. Sportovci si udržují vyšší tepovou frekvenci pro výkonnost, nebo naopak nižší tepovou frekvenci pro hubnutí (viz. [1])

Poslední zajímavý údaj, který můžeme zjistit ze dvou naměřených svodů EKG křivky, je poloha srdeční osy. Srdeční osa je výsledný vektor depolarizace srdečního svalu, srdeční vektor promítáme jen do frontální roviny (zjednodušení). Srdeční osa má stejný směr jako poloha hrotu srdce v hrudním koši. Postup pro nalezení srdeční osy je následující.

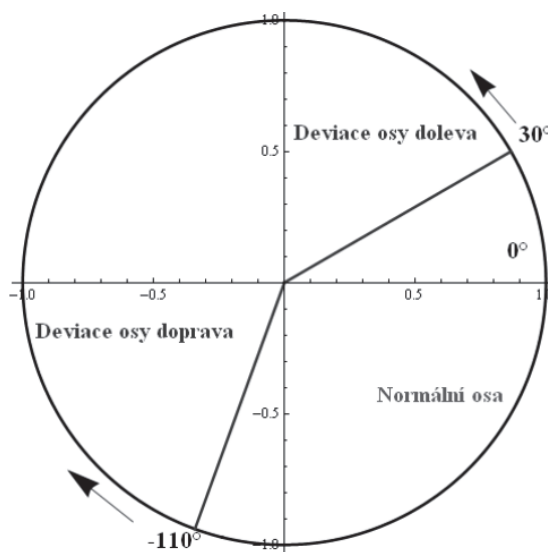


Obr. 4. Výpočet srdeční osy.

Po zobrazení EKG křivky dvou svodů určíme sumu kmitů z Q, R, S od izoelektrické linie (znaménko + kladný kmit, – záporný kmit, viz obr. 4). Příslušnou velikost vyneseme na vektor svodu do Eithovenova trojúhelníku. Po složení dvou vektorů (svodu I a II) dostaneme směr srdeční osy a polohy srdce v hrudníku. (viz obrázek 5) [2, 3, 4]. Výsledky můžeme opět diagnostikovat (upozornit žáky, že měření je jen orientační, nečinít závěry). Sklon srdeční osy a její deviace je zobrazen na obrázku 6. Deviace osy značí nefunkčnost části srdce.



Obr. 5. Znázornění srdeční osy.



Obr. 6. Diagnostika srdeční osy.

Závěr

Tímto laboratorním cvičením lze ve výuce upozornit na mezipředmětové vazby mezi fyzikou a biologií. Měření lze použít i na střední škole v seminářích z fyziky. Jistě zaujme žáky, kteří mají zájem o medicínu a lékařské obory a chtějí si vyzkoušet něco z oblasti medicíny. Měření můžeme užít i ve výuce jako motivaci před výukou elektřiny. Úlohy budou dostupné na webových stránkách pokusy.upol.cz.

Práce vznikla z podpory projektu FRVŠ 81_2012 a interního grantu IGA Palackého Univerzity (PrF_2012_008).

Literatura

- [1] <http://www.cyklistikakrnov.com/Clanky/Clanky/Proc-merit-tepovou-frekvenci.htm>
- [2] Sovová E. a kol.: *EKG pro sestry*. Praha, Grada Publishing, a.s., 2006.
- [3] <http://www.ekg-ucebnice.cz/1300-elektricka-osa-srdecni/1301-elektricka-osa-srdecni.html>
- [4] <http://web.practicus.eu/sites/cz/Documents/Practicus-2009-03/38-EKG-pro-praxi.pdf>

Zdánlivě triviální experimentování – co může u žáků rozvíjet?

VOJTĚCH ŽÁK

Matematicko-fyzikální fakulta UK, Praha

Abstrakt

Příspěvek se snaží ukázat, že tak jako není malých rolí, není také triviálních experimentů, které by nemohly napomoci k rozvoji žáka. Na příkladě experimentů se slanou vodou upozorňujeme na důležitost přemýšlení o tom, které dovednosti může fyzikální experiment u žáků rozvíjet. Nestojí za to si nejprve dopředu důkladně rozmyslet, jaký cíl máme, a pak se teprve vydat na cestu, než se nejprve někde ocitnout a pak přemýšlet, jak a proč jsme se tam dostali?

Krátké zamyšlení o cílech na úvod

Než přejdeme k popisu konkrétního fyzikálního experimentu a jeho diskuzi, neodpustíme si obecnější zamyšlení nad výukou fyziky. Dopředu musíme upozornit, že následující odstavce jsou výrazným zjednodušením, nicméně v rámci příspěvku považujeme za účelné určité myšlenky aspoň takto uvést (precizněji v [1], [2]).

Když se zamyslíme nad tím, co ve fyzice učíme, můžeme dospět k tomu, že je to např. *Ohmův zákon, zrcadla, průměrná rychlost, ...* To bychom mohli obecně označit jako *témata* a z hlediska učení s nimi těsně souvisí určité *znalosti*.

Můžeme ale učit *rozhodnout, jestli je v konkrétním případě splněn Ohmův zákon; navrhnout, které zrcadlo se hodí do nepřehledné zatáčky; vypočítat průměrnou rychlost, ...* Tato vyjádření nás odkazují k určitým *speciálním činnostem*, které se mají žáci naučit provádět, a jde tak u žáků o budování *speciálních dovedností*.

Pokud postoupíme v našich úvahách ještě o úroveň výše, můžeme žáky učit obecně *porovnávat, navrhnout, počítat, ...* To jsou *obecnější činnosti* a s nimi je spojené osvojování *obecnějších dovedností*.

Můžeme si položit otázku, jestli nemá být naším cílem zejména to, aby si žáci osvojovali obecnější dovednosti, ke kterým vede cesta přes zmíněné speciální dovednosti a s nimi spojená témata. Nestojí za to, předem si stanovit rozumné cíle, kam má výuka skutečně směřovat, a pak teprve k těmto cílům hledat konkrétní kroky a cesty, které k nim povedou? Neděláme to my, učitelé, dost často naopak, a sice tak, že více řešíme detaily (byť důležité!) a pak se teprve (a někdy možná vůbec ne) zamýšlíme nad tím, kam celé naše jednání vede? Na tyto otázky si musí každý učitel a každá učitelka odpovědět sám/sama.

Předcházející řádky by nás neměly navádět k tomu, že na tématech nezáleží. Naopak, fyzika poskytuje spoustu podnětných témat, díky kterým se mohou rozvíjet nejen znalosti a speciální dovednosti, ale i obecnější dovednosti žáků (dále také postoje

a hodnoty). Chceme ale vyjádřit názor, že jestliže chceme něco systematicky rozvíjet, pak je potřeba na to od začátku myslet (mít to za *cíl*), tj. jde nám o logiku a pořadí věcí. Chceme říct, že místo požadavku, aby *se toho co nejvíc udělalo*, můžeme usilovat o to, aby *si žáci dobře osvojili určitou obecnější dovednost* tím, že ji budou provádět opakovaně, v různých variantách, zlepšovat se v ní, zamýšlet se nad ní atd.

Konkrétní ukázka zvolených cílů a experimentu

Cíle a otázky

Abychom přiblížili výše uvedené obecnější úvahy na konkrétním příkladě, zvolíme si nějaký cíl, který považujeme za smysluplný. Pokud zalovíme ve vodách platných dokumentů, můžeme vybrat např. cíl z Rámcového vzdělávacího programu pro základní vzdělávání, z fyziky, a sice *změřit vhodně zvolenými měřidly některé důležité fyzikální veličiny charakterizující látky a tělesa* [3]. Tento cíl je možné účelně propojit s dalším cílem z téhož dokumentu – *ověřit fakta porovnáváním s dostupnými informačními zdroji*. Ten je převzat z oboru českého jazyka a literatury, ale je jistě možné k němu směřovat i v rámci dalších předmětů (také ve fyzice).

K oběma výše uvedeným *obecnějším cílům* najdeme cíle *speciální*, díky kterým se bude možné k nim přiblížit. Např. (možností je samozřejmě obrovská spousta) můžeme formulovat tyto cíle: *změřit hustotu nasyceného roztoku kuchyňské soli a ověřit naměřenou hodnotu hustoty ve spolehlivé literatuře*.

Když si představíme, co obnáší naplnění posledně uvedených cílů, tak by náš první dojem mohl být, že je to trochu málo. Po podrobnější rozvaze (a zejména po realizaci výuky s běžnými žáky), si zřejmě uvědomíme, že úkolů, které musí k úspěšnému naplnění cílů splnit, je více. Musí řešit hlavně následující otázky:

Co je to hustota?

Co je to nasycený roztok?

Kde ho vezmu? (Jak ho vyrobím?)

Jak co nejpřesněji zařídím nasycení?

Čím změřím hustotu?

Jak budu při měření postupovat?

Které údaje si mám poznamenat?

Jak vypočítám hustotu a v jakých jednotkách vyjde?

Jakou hodnotu očekávám?

Kde mám hledat v literatuře hodnotu hustoty?

Co mám zadat do vyhledávače na internetu?

Které zdroje jsou spolehlivé?

Co udělám, když je českých zdrojů málo?

Která slova mám při vyhledávání zadat v angličtině?

Čeho všeho si mám všímat při porovnávání?

Proč mi to nevyšlo přesně?

Kolik to vyšlo spolužákům?

Jak zvýším přesnost měření?

... a jistě se mohou objevit i další!

Poznámky k samotnému experimentu

Příprava a provedení samotného experimentu samozřejmě není obtížné. Do nádoby s určitým množstvím vody postupně přisypáváme kuchyňskou sůl (NaCl), jejíž hmotnost odvažujeme. Objem vody zjistíme např. pomocí odměrného válce nebo odměrky, která se používá v kuchyni. Hmotnost určíme např. pomocí digitálních kuchyňských vah. Dávku soli vždy pečlivě rozmícháme, např. lžící, a pokud se všechna rozpustí, přisypeme další dávku. Postupujeme tak dlouho, dokud se sůl rozpouští. Můžeme postupovat alternativně tak, že odvážíme určité množství soli a pak přiléváme vodu, až se všechna sůl rozpustí. V obou případech se vystavujeme riziku, že buď zbyde sůl, nebo že nalijeme trochu více vody, než je potřeba. Potom si musíme položit otázku, kolik soli podle našeho odhadu zbylo apod.

V našich pokusech se např. v 500 g vody rozpustilo 163 g NaCl a 255 g vody pojalo 83 g NaCl. V obou případech po triviálním výpočtu dostáváme, že se ve 100 g vody rozpustí přibližně 33 g NaCl.⁵

Abychom splnili první cíl, totiž *změřili hustotu nasyceného roztoku kuchyňské soli*, musíme určit hmotnost a objem nasyceného roztoku NaCl, který jsme vyrobili. Měření a výpočet je triviální a v obou případech dostáváme

$$\rho = \frac{m}{V} = 1180 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \approx 1200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Při plnění druhého cíle, *ověřit naměřenou hodnotu hustoty ve spolehlivé literatuře*, můžeme využít elektronických zdrojů. Při vyhledávání na internetu můžeme zadat např. následující slova a slovní spojení: *hustota slané vody*; *hustota nasyceného roztoku NaCl*, nebo anglické *density of saturated solution of NaCl*. Za spolehlivý zdroj můžeme považovat např. [7], protože se jedná o vědeckou studii, ve které jsou uvedeni autoři, instituce, která ji vydala apod. Uvedená hodnota dobře odpovídá experimentálně zjištěnému údaji. Opět je možné diskutovat, čím jsou způsobeny odchylky obou údajů.

⁵ I když to nebylo původním cílem, můžeme tento výsledek porovnat s literaturou (např. [4], [5], [6]), kde se uvádí asi 36 g NaCl (při 20 °C, v chemicky čisté vodě...). Můžeme diskutovat, čím je dán rozdíl.

Další postřehy a náměty

Při výuce nemusíme ustrnout jen u plnění předem stanovených cílů, ale můžeme žáky vybídnout, aby si dále formulovali další cíle a otázky, příp. se můžeme zeptat, zda na něco zajímavého při dosavadní práci nenarazili. Uvedeme několik autentických příspěvků, se kterými žáci přišli.

Různá slanost moří

Je například zajímavé zjistit, kolik soli je rozpuštěno v moři. Slanost moří je různá a liší se v podstatě až desetinásobně (viz [8]). Jako příklady můžeme uvést:

- Baltické moře ... 4 g/l (gramy na litr)
- Černé moře ... 19 g/l
- Středozemní moře ... 38 g/l
- Rudé moře ... 42 g/l

Je vidět, že mořská voda není ani zdaleka nasyceným solným roztokem.

Překvapivě vysoká hustota vody v Mrtvém moři

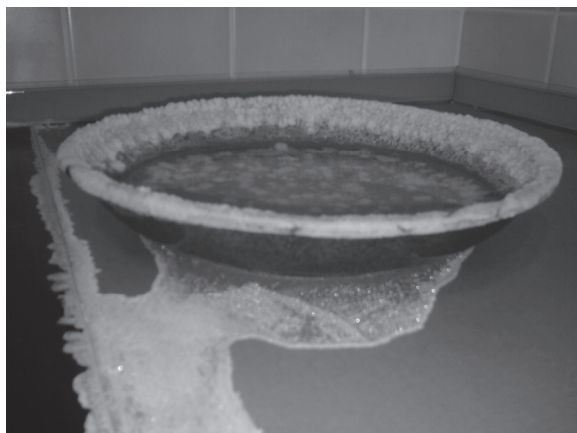
Je na první pohled zvláštní, že hustota vody v Mrtvém moři, což je velmi slané jezero, je vyšší než hustota nasyceného roztoku NaCl. Čím to může být způsobeno? Příčiny můžeme hledat v tom, že voda v Mrtvém moři neobsahuje jen NaCl, ale i další soli a také další látky. Dále by mohla hrát určitou roli i teplota vody.

Vypařování slané vody

Při vypařování nasyceného roztoku NaCl došlo ke dvěma nečekaným jevům: Nemalá část soli se usadila v části talíře, která byla nad původní hladinou solného roztoku (viz obr. 1, horní část). Dále část slané vody vytekla dnem talíře (obráz. 1, spodní část). K usazování soli nad hladinou můžeme dodat, že k tomu v přírodě skutečně dochází, což můžeme ukázat na obr. 2 (fotografie pořízená u Mrtvého moře). Zajímavé je protažení slané vody dnem keramického talíře. Ten totiž neměl makroskopickou trhlinu, takže by stálo za to, provést další pokusy, za jakých podmínek daný materiál kapalinu propouští. Při běžném používání totiž např. omáčku nebo polévku nepropustí.

Porovnání hmotnosti slané a běžné vody

Můžeme nechat porovnat hmotnost běžné vody o určitém objemu s hmotností nasyceného roztoku NaCl o témže objemu. My jsme vzali dvě stejné láhve o maximálním objemu 750 ml a nalili do nich obě kapaliny. V našem případě byly hmotnosti zhruba 520 g (voda z kohoutku) a 620 g (slaná voda). Žáci si zkusili na základě potěžkání v rukou odhadnout, která láhev je těžší, a tudíž, která obsahuje solný roztok. Většina dokázala tento zhruba 20% rozdíl v hmotnostech identifikovat.



Obr. 1. Situace při vypařování nasyceného vodného roztoku NaCl.



Obr. 2. Sůl usazená na listech rostliny u Mrtvého moře.

Závěrem

V tomto článku jsme se pokusili ukázat, že považujeme za užitečné zabývat se před započítím dané výuky jejími cíli. Jsme si vědomi, že mnozí učitelé chápou stanovování cílů buď za zbytečné, nebo za cíl chápou určité fyzikální téma a nikoli určité znalosti, dovednosti, postoje nebo hodnoty, které si mají žáci osvojit, získat apod. Doufáme ale, že je možné aspoň některé učitele k takovému uvažování přivést a že jim takové východisko umožní promyšleněji, a tudíž lépe vyučovat.

Literatura

- [1] Svoboda, E., & Kolářová, R. (2006). Didaktika fyziky základní a střední školy. Vybrané kapitoly. Praha: Karolinum.
- [2] Kalhous, Z., & Obst, O. a kol. (2002). Školní didaktika. Praha: Portál.
- [3] Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání – RVP ZV. (2007). Dostupné z: <http://www.vuppraha.cz/wp-content/uploads/2009/12/RVPZV-pomucka-ucitelum.pdf>
- [4] Fundamentals of Chemistry. Solubility. Dostupné z: <http://www.chem.wisc.edu/deptfiles/genchem/sstutorial/Text11/Tx112/tx112.html>
- [5] Sodium chloride. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium_chloride
- [6] Rozpustnost látek. Dostupné z: <http://www.gvi.cz/files/chemie/rozpustnost.pdf>
- [7] The Densities of Saturated Solutions of NaCl and KCl from 10° to 105 °C. Dostupné z: <http://pubs.usgs.gov/of/1984/0253/report.pdf>
- [8] Salinita. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Salinita>

Experimenty s demonstračním zdrojem záření DZZ GAMA 300 kBq

PETER ŽILAVÝ

Katedra didaktiky fyziky MFF UK Praha

Príspevek predstavuje nový demonstrační zdroj gama záření DZZ GAMA 300 kBq určený pro provádění efektních a průkazných demonstračních experimentů ve výuce fyziky. Zamýšlí se také nad otázkou detekce záření gama pomocí detektoru s Geiger-Müllerovou trubicí ze soupravy Gamabeta a také nad otázkou vlivu pozadí na interpretaci výsledků ze školních měření.

Úvod

Podobně jako v jiných oblastech fyziky, je také ve výuce jaderné fyziky její důležitou součástí reálný fyzikální experiment. Na školách v ČR se pro přímou demonstraci elementárních jevů z oblasti jaderné fyziky (např. existence radioaktivního záření, jeho stínění různými materiály, některé vlastnosti záření beta a gama, základní způsoby ochrany před zářením atd.) již více než 15 let používá souprava Gamabeta nebo její novější verze GAMAbeta 2007. Klíčovou součástí těchto souprav jsou bezpečné zdroje záření gama, resp. beta.



Zdroj záření gama z původní soupravy Gamabeta i zdroj záření ŠZZ GAMA (Školní zdroj záření) z novější soupravy (viz např. [1], [2]) jsou osazeny zářičem obsahujícím radionuklid ^{241}Am . Poločas přeměny tohoto radionuklidu je přibližně 432 let (aktivita zářiče tedy během 40-ti leté praxe učitele poklesne přibližně o 6 %). Samotný zářič, kterým je zdroj osazen, produkuje záření γ o energii 60 keV a záření α o energii 5,44 MeV a 5,49 MeV. Výstupu záření

α ze ŠZZ GAMA je však zabráněno. Aktivita zářiče je asi 30 kBq, dochází v něm tedy přibližně k $3 \cdot 10^5$ přeměnám za sekundu.

Používání zdrojů záření a jejich uvádění do oběhu upravuje v ČR zákon č. 18/1997 Sb. – tzv. Atomový zákon [3]. Dle §21 tohoto zákona, v případě tzv. *nevýznamného zdroje záření* (jakým je ŠZZ GAMA či zdroj z původní Gamabety) ani v případě tzv. *typově schváleného drobného zdroje záření* (kam patří nový, silnější Demonstrační zdroj záření DZZ GAMA 300 kBq popsáný dále), není potřeba k používání těchto zdrojů žádné povolení. Před začátkem používání *typově schváleného drobného zdroje záření* však musí ten, kdo jej bude používat, poslat ohlášení na příslušné regionální centrum SÚJB. Obvykle se tak děje za pomoci dodavatele zdroje.

Kolik částic zachytí detektor z Gamabety?

Ze zkušenosti se soupravou Gamabeta víme, že ve vzdálenosti několik centimetrů od zdroje záření detektor zaznamená jednotky částic za sekundu. Jak to jde ale dohromady s výše uvedeným počtem přeměn v samotném zářiči?

Představme si pro jednoduchost (a pro vytvoření alespoň hrubého odhadu) samotný zářič jako bodový zdroj, který září do všech směrů prostoru stejně. Předpokládejme obvyklou konfiguraci, kdy do blízkosti zdroje záření umístíme detektor s Geiger-Müllerovou trubicí o průměru 9 mm a „aktivní délce“ asi 70 mm tak, že vzdálenost jejího středu od samotného zářiče je 40 mm. Pomocí určení příslušných úhlů a jednoduché integrace ve sférických souřadnicích lze ukázat, že trubice detektoru „zabírá“ jen asi 2,5 % celkového prostorového úhlu kolem zářiče. Na detektor tedy dopadá jen uvedené malé procento všech částic ze zářiče.

Ve skutečnosti představuje zářič spíše malý plošný zdroj (kruhový terčík o průměru 8 mm), který vysílá záření více „dopředu“ než „na stranu“ od osy zářiče (závislost počtu částic na úhlu od osy lze aproximovat funkcí kosínus, resp. parabolou – viz příklad měření s demonstračním zdrojem záření dále). Při správném nasměrování zářiče k detektoru je tedy počet částic dopadající na detektor (při stejné konfiguraci pokusu) o něco větší než odhad v předchozím odstavci. I tak ale lze očekávat, že na detektor dopadnou jen malé jednotky procent všech částic ze zářiče.



Další důležitou skutečností, kterou musíme brát v úvahu, je malá účinnost detekce γ záření GM trubicí. Tato účinnost závisí na energii záření a např. zdroj [4] ji udává pod 1 %. Více o detekci záření (nejen GM trubicí) se můžete dočíst také např. v [4].

Při obvyklém použití detektoru a školního zdroje záření ze soupravy Gamabeta tedy v důsledku fyzikálních principů detekujeme pouze řádově desetitisícinu částic vystupujících ze samotného zářiče zdroje záření. Při aktivitě zdroje 30 kBq tak zaznamenáváme ze zářiče pouze jednotky částic za sekundu.

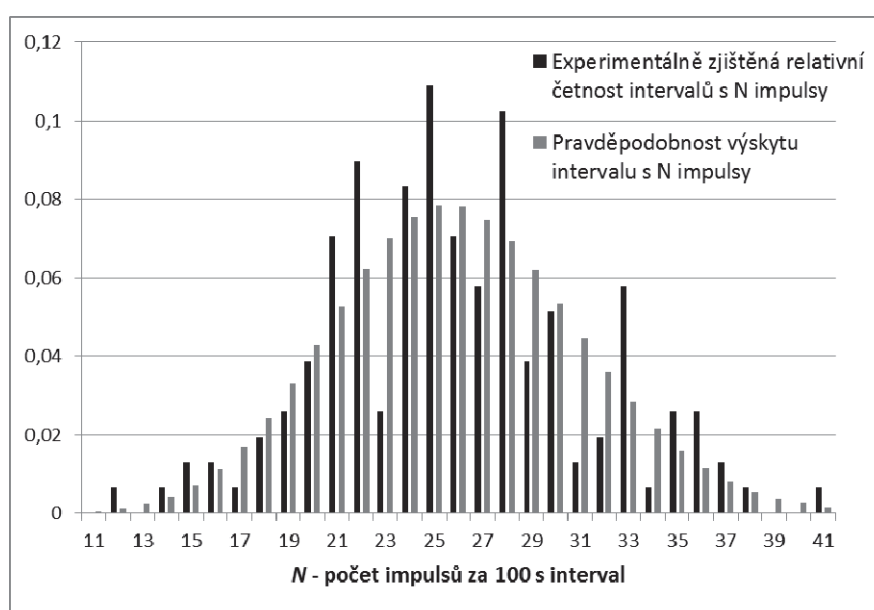
Zrádné „odečítání pozadí“

Přírodní radioaktivita se liší podle místa, kde se nacházíme. Přispívá k ní jak záření „ze země“ – z hornin v dané oblasti, tak i kosmické záření. K celkové radioaktivitě pozadí někdy nezanedbatelně přispívá i radioaktivita stavebních materiálů budov.

Detektor ze soupravy Gamabeta obvykle registruje ve školních podmínkách bez přítomnosti zdroje záření průměrně 25 až 70 impulsů za 100 s (v závislosti na lokalitě).

Jelikož procesy v mikrosvětě (kterých důsledkem je také přírodní radioaktivita) mají pravděpodobnostní charakter, je i počet impulsů registrovaný detektorem náhodnou veličinou. Lze ji popsat (podrobnější vysvětlení a zdůvodnění viz např. v [4]) tzv. Poissonovým rozdělením.

Poissonovo rozdělení je charakterizováno jediným parametrem, a to střední hodnotou počtu impulsů za pevně zvolenou časovou jednotku. Na následujícím obrázku jsou světlými sloupci znázorněny pravděpodobnosti dané tímto rozdělením pro střední hodnotu 26 impulsů za 100 s (můžete zde porovnat tuto teoretickou předpověď s experimentálně naměřenými hodnotami znázorněnými tmavými sloupci⁶). Z obrázku je patrné například, že právě 26 impulsů za 100 s naměříme s pravděpodobností pouze 7,8 % a že s pravděpodobností téměř 30 % může být zjištěný počet impulsů za 100 s i mimo interval od 20 do 30 impulsů.



Z toho vyplývá, že hodnota úrovně pozadí, kterou stanovíme z jediného měření či průměrem z několika málo měření, se tak od skutečné střední hodnoty může výrazně lišit. Stejně tak se mohou lišit při opakovaném měření i počty impulsů z různých časových intervalů navzájem. Pokud tedy pracujeme při měření s malým počtem detekovaných částic (např. při proměřování závislosti počtu detekovaných částic na vzdálenosti od zdroje záření či stínění), má přirozený rozptyl naměřených hodnot pozadí velký vliv na interpretaci výsledků měření.

⁶ Experimentálně zjištěné relativní četnosti při počtu 156-ti měření o délce 100 s se stejnou střední hodnotou jako při předchozím teoretickém výpočtu ukazují tmavé sloupce v obrázku. Toto měření lze velmi jednoduše na škole provést automaticky např. přes noc pomocí soupravy GAMAbeta 2007 – čítač propojíme s PC, nastavíme v obslužném programu dobu měření 100 s a označíme políčko „Opakovat“. Výsledky se zaznamenávají do souboru, který pak zpracujeme např. v Excelu. Lze využít i Vzdálenou školní laboratoř pro studium radioaktivity [5].

Stejně, jako tomu bylo u pozadí, je i počet částic pocházejících od zdroje záření registrovaných detektorem za dobu 100 s náhodnou veličinou, kterou lze také popsat Poissonovým rozdělením – v přítomnosti zdroje záření je tedy detektorem registrovaný počet částic za 100 s součtem dvou náhodných veličin.

Lze ukázat (podrobnější vysvětlení opět např. v [4]), že relativní chyba určení skutečné střední hodnoty λ počtu impulsů za zvolený časový interval pomocí jediného měření klesá jako $\delta = 1/\sqrt{\lambda}$. Při průměrně 25ti impulzech za 100 s se tedy relativní chyba pohybuje kolem 20 % (!), při průměrně 100 registrovaných impulzech za 100 s je to už „jen“ 10 %.

Abychom relativní chybu měření zmenšili, musíme pracovat s větší střední hodnotou počtu částic za zvolený časový interval – tedy použít buď delší časový interval, „účinnější“ detektor nebo silnější zdroj záření.

Demonstrační zdroj záření DZZ Gama 300 kBq

Demonstrační zdroj DZZ GAMA 300 kBq je stejně jako školní zdroj ŠZZ Gama osazen zářičem s radionuklidem ^{241}Am (připomeňme, že je zdrojem záření γ o energii 60 keV). Desetkrát větší aktivita zářiče – 300 kBq však nyní umožňuje



i v krátkém čase, který je dostupný v hodině fyziky pro demonstrační experiment, prokazatelně ukázat například závislost počtu částic registrovaných detektorem za jednotku času na vzdálenosti od zdroje záření či na tloušťce a materiálu stínící bariéry apod.

Demonstrační zdroj záření je určen pouze do rukou učitele pro provádění demonstračních experimentů a doplňuje

tak dřívější školní zdroj záření ŠZZ GAMA s 10× menší aktivitou, který je součástí soupravy Gamabeta a který je určen i pro skupinové a laboratorní práce žáků a studentů.

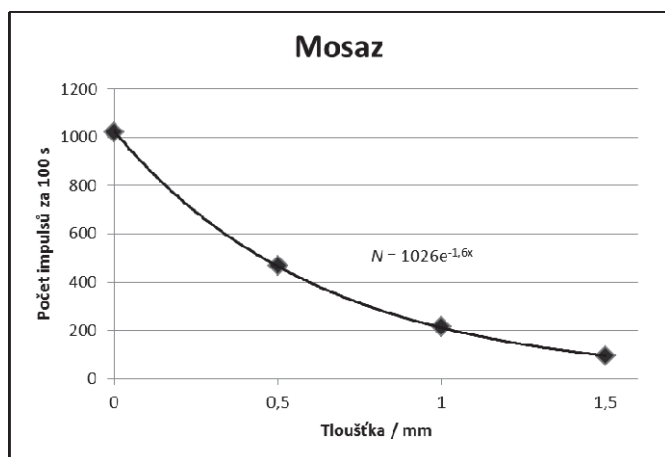
Mechanická konstrukce DZZ Gama je stejná jako u školního zdroje záření ŠZZ Gama, je tedy při pokusech se soupravou Gamabeta či GAMAbeta 2007 plně zaměnitelný s původním zdrojem.

Na rozdíl do školního zdroje, je demonstrační zdroj záření DZZ GAMA klasifikován jako *drobný typově schválený zdroj ionizujícího záření* a jako takový podléhá dle § 21 Atomového zákona 18/1997 Sb. ohlašovací povinnosti před začátkem jeho používání. To znamená, že při předání zdroje škole je vyplněn ohlašovací formulář, který je následně odeslán distributorem (po domluvě se školou) na příslušné regionální centrum Státního úřadu pro jadernou bezpečnost. Žádná další ohlašovací povinnost ze zákona neplyne.

Experimenty s demonstračním zdrojem záření DZZ Gama 300 kBq

Jedním z často prováděných školních experimentů je zkoumání průchodu (stínění) záření γ destičkami různých tloušťek a z různých materiálů. Příklad závislosti počtu impulsů registrovaných detektorem za pevně daný časový interval na tloušťce vrstvy mosazi ukazuje následující obrázek.

Pro měření byly použity tři mosazné destičky ze soupravy GAMAbeta 2007 o tloušťce 0,5 mm. Detektor a zdroj záření DZZ Gama byly umístěny ve stojánku ze soupra-



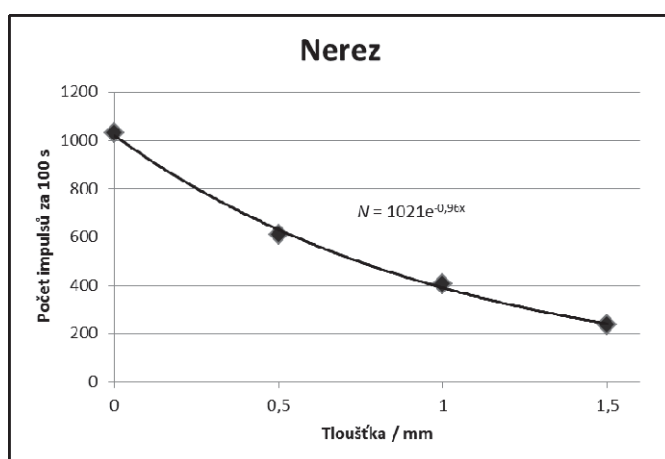
vy tak, aby byly co nejblíže u sebe. Destičky byly vkládány (postupně 0, 1, 2 a 3) do štěrbin ve stojánku. Pokaždé byl *jednou* zjištěn počet impulsů registrovaných detektorem za 100 s. Od něj byl ještě odečten odhadnutý příspěvek pozadí (detektor bez přítomnosti zdroje záření registroval přibližně 35 impulsů za 100 s).

Vidíme, že každá přidaná mosazná destička zeslabí procházející záření

γ o energii 60 keV přibližně o polovinu (připomeňme, že schopnost materiálů stínit záření závisí i na energii tohoto záření). Jednoduchým proložením exponenciální funkce v Excelu dostáváme v naší konfiguraci experimentu pro číselné hodnoty závislosti počtu registrovaných částic na tloušťce mosazi (v mm) vztah:

$$N = 1026 \cdot e^{-1,6x}$$

Na základě tohoto vztahu zkusme nyní odhadnout, jak moc proniká záření γ ven ze zdroje záření při uzavřené otočné mosazné cloně, která je součástí zdroje záření. Její



tloušťka je 6 mm. Pokud dosadíme tuto hodnotu za x do předchozího vztahu, dostaneme pro odpovídající počet impulsů: $N = 0,07$ impulsů za 100 s. To je o více než dva řády méně, než hodnota, kterou detektor registruje v důsledku pozadí.

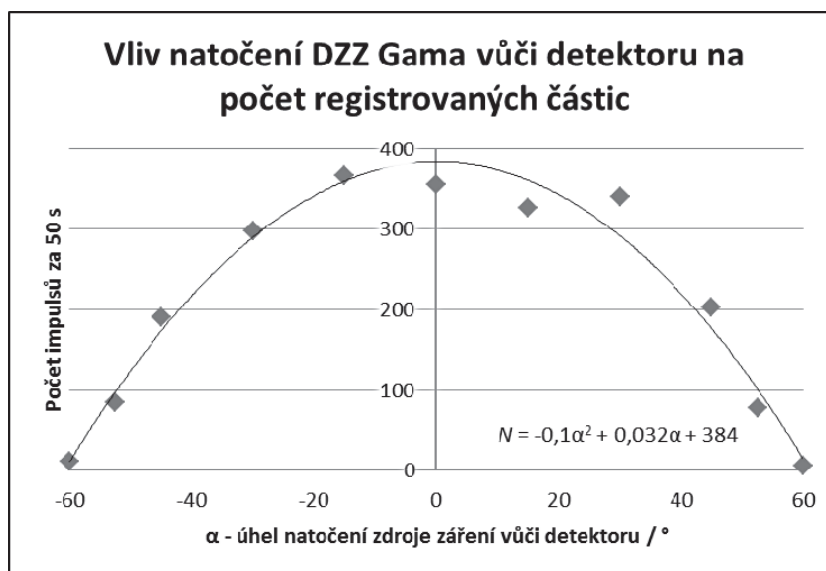
Měření jsme zopakovali i pro destičky z nerezového plechu. Tady způsobí destička o tloušťce 0,5 mm zeslabení procházejícího γ záření o energii 60 keV přibližně o 1/3.

Nerezový plech tedy stíní použité záření γ méně než mosaz.

Dostatečná aktivita demonstračního zdroje záření DZZ Gama umožňuje během krátkého času prozkoumat i to, jak tento zdroj září mimo osu zářiče („do stran“). K tomu byl na duralové tělo zdroje záření nasazen papírový půlkruh s vyznačenou úhlovou

stupnicí po $7,5^\circ$. Zdroj záření byl i s tímto „úhloměrem“ zasunut do stojánku ve vzdálenosti asi 4 cm od detektoru a clona natočena tak, aby záření vystupovalo ze zdroje větším otvorem. Při různém natočení zdroje byl pak zjištěn počet částic za 50 s registrovaných detektorem. Výsledek měření ukazuje následující obrázek.

Ze změřené závislosti je vidět, že pro běžná měření není přesné nastavení osy samotného zářiče (terčiku) na detektor kritické. Pokles registrovaného počtu částic na úroveň pozadí už při natočení zdroje záření o 60° je způsoben geometrií experimentu a tím, že samotný zářič (terčik) není umístěn v ose zdroje záření.



Závěr

Uvedené experimenty s demonstračním zdrojem záření DZZ Gama představují jen malou ukázkou z mnoha pokusů, které lze za pomoci tohoto zdroje provést. Můžeme zkoumat průchod záření γ různými dalšími materiály, měřit závislost počtu registrovaných částic na vzdálenosti detektoru od zdroje či například zkoumat statistické zákonitosti děje radioaktivní přeměny.

Literatura

- [1] Žilavý P.: Gamabeta 2007 – souprava pro pokusy z jaderné fyziky. In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 12. Praha 2007. s. 183-186.
Dostupné na: [http://vnuf.cz/sbornik/rocniky/Veletrh_12_\(Praha_2007\).pdf](http://vnuf.cz/sbornik/rocniky/Veletrh_12_(Praha_2007).pdf)
- [2] <http://www.cez.cz/cs/vyzkum-a-vzdelavani/pro-pedagogy/materialy-pro-vyuku/gamabeta.html>
- [3] Zákon č. 18/1997 Sb. – Atomový zákon
Dostupné na: <http://www.sujb.cz/legislative/zakony>
- [4] Mašláň M., Machala L., Tuček J.: Praktikum z atomové a jaderné fyziky. Univerzita Palackého Olomouc, 2005.
Dostupné na: <http://apfyz.upol.cz/ucebnice/down/jaderka.pdf>
- [5] <http://kdt-38.karlovy.mff.cuni.cz/background/theory.html>