

UNIVERZITA KARLOVA  
Katedra didaktiky fyziky MFF

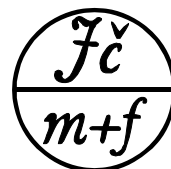
JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
v Českých Budějovicích  
Katedra fyziky PF

# VELETRH NÁPADŮ UČITELŮ FYZIKY 8

sborník z konference



JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH



České Budějovice  
2003

---

VELETRH NÁPADŮ UČITELŮ FYZIKY 8  
sborník z konference

Editoval: Ing. Michal Šerý  
Technická redakce: Mgr. Ladislav Karel  
ISBN: 80-7040-647-X

V roce 2003 vydala Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Jeronýmova 10  
Tisk: Tiskárna Johanus

# Obsah

Takový byl Veletrh 8 v Českých Budějovicích: .....	4
Svoboda E.: Tři pokusy s jednoduchými pomůckami .....	6
Hubeňák J.: Fotometrie moderně – s fototranzistorem a digitálním multimetrem .....	10
Holoubková R.: Fyzika kolem nás – vybrané experimenty .....	18
Trna J.: Polystyrénová fyzika .....	23
Šerý M.: Systém pro podporu výuky prostřednictvím Internetu – eAmos .....	31
Stach V.: Demonstrace šíření zvukového a mikrovlnného vlnění .....	37
Poláček L.: Poloha slunce na zemské obloze .....	40
Dvořák L.: Pár věcí z tábora 6 .....	58
Konečný P.: Několik experimentů z hydrodynamiky .....	64
Marenčáková A.: Fyzikální hra pro základné školy „Potápač“ .....	71
Ondrák T.: TEREZA - sdružení pro ekologickou výchovu .....	76
Havel V.: Gyrotwister – princip a užití .....	77
Houfková J.: FyzWeb v roce 2003 .....	80
Žilavý P.: Fyzikální experimenty nejen z letního tábora .....	84
Lustig F.: Vzdálené řízení experimentů po internetu, po GSM a po 230V síti .....	87
Valášek J.: Nové zábavné muzeum .....	90
Špulák F.: Tajemná fyzika .....	94
Špulák F.: Fyzikální experiment jako motivační prvek ve výuce fyziky na ZŠ .....	97
Bartoš J.: „Gravitační“ katapult .....	98
Jílek M.: Fyzika jako zážitek .....	104
Broklová Z.: Nefyzikální aktivity z fyzikálních soustředění .....	110
Vícha V.: Vrtule v laboratorních úlohách .....	113
Drozd Z.: Fyzikální kvízy .....	123
Koupil J.: Nové nástroje pro ISES .....	128
Dvořák L.: Netradiční měřicí přístroje 3 .....	131
Dimitrova V.: A PROGRAMME OF NEW COURSE “PLASMA PHYSICS” FOR COMPULSORY TRAINING IN THE 11 <sup>th</sup> GRADE .....	139
Onderová L.: Experiment ako prostriedok aktívneho poznávania žiakov .....	143
Micka Z.: Nové jednoduché učební pomůcky .....	150
Tesař J.: Klasické a inovované měření rychlosti zvuku .....	151
Patč B.: Magnetická pole vodičů .....	156
Slabá L.: Fyzikální procházka městem České Budějovice .....	159
Veselý M.: Fyzika a detektivky .....	161
Polák Z.: Pokusy s CD .....	164
Piskač V.: Vědecká hračka - vědečtí hraččkové .....	170
Reichl J.: Panská fyzika 4 .....	173
Čížek J.: Výuka fyziky pro „nefyziky“ .....	182
Pinkavová Z.: Fyzika kam se podíváš .....	189
Baník I.: Efektivná forma didaktického vzdelávania fyzikov-pedagógov .....	196
Patč B.: Krasobruslař při piruetě .....	198
Seznam účastníků Veletrhu nápadů učitelů fyziky 8 .....	199

## **Takový byl Veletrh 8 v Českých Budějovicích:**

**Středa 27. 8. 2003**

*blok první, moderoval Vojtěch Stach, PF JU České Budějovice*

zahájení Veletrhu, organizační informace  
E. Svoboda: Pokusy s jednoduchými prostředky  
J. Hubeňák: Fotometrie moderně - s fotorezistorem a digitálním multimetrem  
R. Holubová: Fyzika kolem nás - vybrané experimenty  
J. Trna: Polystyrénová fyzika  
M. Šerý: Systém pro podporu výuky prostřednictvím Internetu - eAmos

*blok druhý, moderoval Emanuel Svoboda, MFF UK Praha*

V. Stach: Demonstrace šíření zvukového a mikrovlnného vlnění  
L. Poláček: Poloha Slunce na zemské obloze  
L. Dvořák: Pár věcí z tábora 6  
P. Konečný: Několik experimentů z hydrodynamiky  
A. Marenčáková a kol.: Fyzikální hra Potápač

**Čtvrtek 28. 8. 2003**

*blok třetí, moderoval Leo Dvořák, MFF UK Praha*

T. Ondrák: O sdružení Tereza  
V. Havel: Gyrotwister - princip a užití  
J. Houfková: FyzWeb  
P. Žilavý: Fyzikální experimenty nejen z letního tábora  
F. Lustig: Vzdálené řízení experimentů po internetu, po GSM i po síti 230 V  
J. Valášek: Nové zábavné muzeum

*blok čtvrtý, moderoval Jiří Tesař, PF JU České Budějovice*

F. Špulák: Tajemná fyzika  
J. Bartoš: Simulace a realizace metacího stroje  
M. Jílek: Fyzika jako zážitek  
Z. Broklová: Nefyzikální aktivity z fyzikálního soustředění

*blok pátý, moderoval Josef Hubeňák, PF UHK Kradec Králové*

V. Vícha: Vrtule v laboratorních úlohách  
Z. Drozd: Fyzikální kvízy  
J. Koupil: Nové nástroje pro soupravu ISES  
L. Dvořák: Netradiční měřicí přístroje 3

*blok šestý, moderoval Michal Šerý, PF UK Praha*

- V. Dimitrova: Programma fakultativního kursa
- I. Onderová: Experiment ako prostriedok aktívneho poznávania žiakov
- Z. Míka: Nové jednoduché učební pomůcky

*varhanní koncert v katedrále sv. Mikuláše  
slavnostní večere v centru města*

**Pátek 29. 8. 2003**

*blok sedmý, moderoval Václav Havel, PF ZČU Plzeň*

- J. Tesař: Klasické a inovované měření rychlosti zvuku
- B. Patč: Magnetické pole elektrických vodičů
- L. Slabá: Fyzikální procházka městem
- M. Veselý: Fyzika v detektivkách

*blok osmý, moderoval František Špulák, PF JU České Budějovice*

- Z. Polák: Jednoduché pokusy z fyziky s využitím CD ROM
- V. Piskač: Vědecká hračka a vědečtí hračičkové
- J. Reichl: Panská fyzika 4

*zakočení Veletrhu nápadů 8*

*Autoři následujících příspěvků se Veletrhu nemohli zúčastnit*

- J. Čížek: Výuka fyziky pro "nefyziky"
- Z. Pinkavová: Fyzika kam se podíváš

## Tři pokusy s jednoduchými pomůckami

*Emanuel Svoboda  
KDF MFF UK Praha*

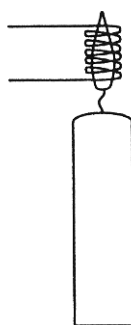
### **První pokus: Přenos vnitřní energie tepelnou výměnou**

*Pomůcky:* pružina z měděného drátu, svíčka, plynový hořák, zápalky, kleště

*Příprava:* Z měděného drátu průměru 1 mm (může být i větší) navineme na kulatou tužku pružinu asi s 10 závity. Jeden konec pružiny necháme přibližně 10 cm prodloužený, bude sloužit k uchopení pružiny. Pružinu sejmem z tužky.

*Provedení:* Pokus provedeme ve dvou krocích

a) Zapálíme svíčku a na její plamen nasuneme pružinu (obr. 1). Pružinu držíme v kleštích.



Obr. 1

Pozorujeme, že jas plamene výrazně poklesne, téměř zmizí, nad pružinou se objeví i dým. Sejmeme-li pružinu, plamen se znovu objeví. Nasuneme-li znovu pružinu na plamen, děj se opakuje. Při delším držení pružiny v plameni se může stát, že plamen svíčky zhasne.

b) Plamen svíčky obklopíme pružinou, kterou jsme opatrně vyhřáli do červena v plameni plynového hořáku. Tentokrát plamen svíčky nezhasne.

*Vysvětlení:* Při prvním kroku pokusu má navlečená pružina z počátku menší teplotu, než plamen svíčky. Proto vnitřní energie přechází z plamene na pružinu. Vnitřní energie plamene se zmenšuje a jeho teplota se snižuje. Záření, které nyní hořící knot vysílá, má menší vlnovou délku, než je dolní hranice viditelného světla, proto plamen zmizí. Nepatrně se viditelný plamen udržuje u „kořene“ viditelné části knotu, popř. i tam se utlumí až zhasne.

V druhém kroku pokusu není vzhledem k teplotám vyhřáté pružiny a plamene důvod k tomu, aby se vnitřní energie přenášela od plamene k pružině. Je tomu spíše naopak, proto je plamen vidět.

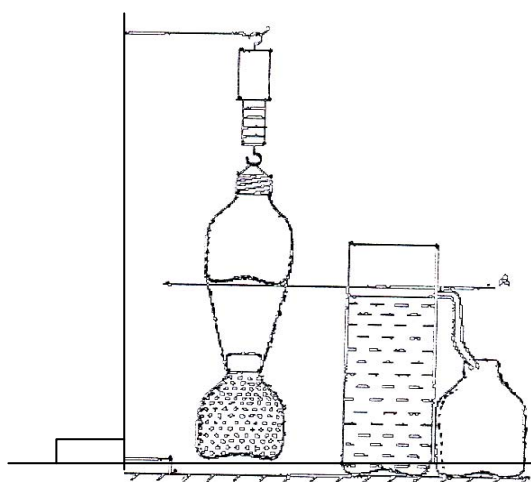
*Poznámka:* Na uvedený pokus mohou navazovat pokusy na „chladivý účinek“ drátěných sítěk nad plamenem, např. plynovým. Na popsaném principu přenosu vnitřní energie byla založena i bezpečná hornická lampa, tzv. Davyův hornický kahan.

### **Druhý pokus: Variace na Archimedův zákon**

*Pomůcky:* vysoký válec ze dvou slepených plastových dvoulitrových lahví, dvě malé plastové lahve, jedna dvoulitrová a dvě jedenapůllitrové plastové lahve, siloměry 1 N a 10 N, plastová hadička délky asi 15 cm, stativový materiál, písek, lepidlo na plastové láhve, pevná nit (provázek), izolepa, fix, nůžky.

Variace a) Zcela ponořené těleso

*Příprava:* Vysoký válec připravíme ze dvou velkých plastových lahví (2 litry) tak, že u jedné z nich odstříhneme vršek, u druhé vršek i dno a oba vzniklé díly slepíme (např. Chemoprenem univerzal). Do takto vzniklé válcové nádoby uděláme asi 10 cm pod horním okrajem otvor, do kterého zastrčíme plastovou hadičku a k otvoru ji přilepíme. Dvě malé platové lahvičky mezi sebou propojíme po vnějších stranách pevnou nití tak, aby jedna lahvička byla zavěšena na druhé a lahvičky byly od sebe vzdáleny asi 25 cm. Na hrdlo horní lahvičky také navážeme nit, pomocí které bude spojená dvojice lahviček zavěšena na siloměr. Spodní lahvičku naplníme pískem a uzavřeme zátkou. Z horní lahvičky zátku odšroubujeme. Lahvičky zavěšíme na vhodný siloměr a stojan, jak ukazuje obr. 2. Do válce nalijeme vodu na úroveň hadičky ústící do nádobky (např. z menší plastové lahve) vedle válce.



Obr. 2

*Provedení:* Na siloměru zjistíme velikost tíhy  $G$ , kterou dvojice lahviček na suchu napíná siloměr. Pak opatrně spodní lahvičku (naplněnou pískem) vnoříme zcela do válce s vodou. Z válce začne hadičkou odtékat voda do nádobky. Počkáme, až tato vytlačená voda přestane z válce vytékat. Siloměr nyní ukazuje působení síly  $F$  menší než  $G$ . Uchopíme nádobku, do které vytekla vytlačená voda, a pomalu z ní vylijeme všechnu vodu do horní lahvičky. V průběhu přelévání pozorujeme, že výchylka siloměru se opět zvětšuje, až dosáhne původní hodnoty  $G$ .

*Vysvětlení:* Ponořená lahvička je nadlehčována vztlakovou silou o velikosti  $F_v = G - F$ . Velikost  $F_v$  je rovna tíze vody, kterou těleso vytlačilo. Lépe a přesněji řečeno - je rovna tíze vody stejného objemu, jako je objem ponořeného tělesa.

*Poznámky:*

1. Pokus s plastovými lahvemi je variantou pokusu s plným a dutým válcem, který býval popsán ve starších učebnicích fyziky. V současné učebnici pro 7. roč. je popsán pokus s mikrotenovým sáčkem, pokus s dutým a plným válcem je ve cvičení. Učebnice pro gymnázia se na pokus ze základní školy odvolává.
2. Při přípravě pomůcek je vhodné prodloužit hrdlo horní lahvičky tak, že z náhradní lahvičky uřízneme hrdlo a k hrdlu horní lahvičky ho přilepíme. Tím pak se nám bez problému do lahvičky vejde všechna vytlačená voda.
3. Vzhledem k použitím prostředkům a snadné přípravě i provedení pokusu i žáky je vhodné zařadit do výuky fyziky tento pokus jako pokus frontální.

### Variace b) Částečně ponořené těleso - plování

**Příprava:** Z velké dvoulitrové lahve vytvoříme válec odstřížením vršku lahve a naplníme ho asi do 1/3 vodou. Z lahve o objemu 1,5 litru odstříhneme vršek a přiděláme k němu závěs z pevné nitě. Totéž provedeme ještě s další lahví 1,5 litru. Do jedné z takto upravených lahví nasypeme zkusmo písek asi do poloviny a lahev vsuneme do válce s vodou. Přidáme, resp. ubereme písek tak, aby vnitřní lahev plavala ve válci a voda ještě nevytekla z válce nebo nenatekla do vnitřní lahve (popřípadě upravíme objem vody ve válci). Ponořenou lahev pak vyjmeme z válce a osušíme. Na válci si poznačíme fixem nebo lepícím papírkem počáteční výšku vody (hodí se pro předvedení pokusu v jiné třídě nebo další roky).

**Provedení:** Lahev s pískem zavěšíme na siloměr (rozsah 10 N) a zjistíme sílu (tíhu)  $G$ , kterou lahev působí na siloměr. Pak láhev opatrně vnoříme do válce s vodou. Lahev volně plove ve vodě, ale nyní není zcela ponořena jako v předchozím pokusu. Siloměr ukazuje při vnořování tělesa do vody stále menší sílu  $F$ , až ukáže nulu. Vztaková síla a tíha jsou v rovnováze.

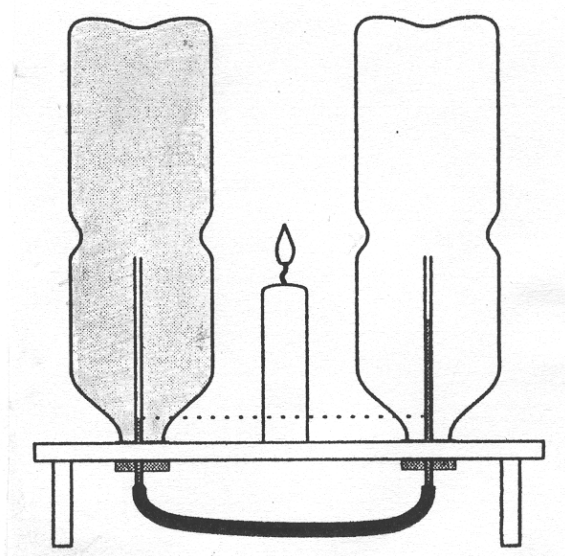
Označíme fixem na vnitřní lahvi, kam až sahá voda. Tuto výšku pak vyznačíme na prázdné (ale jinak stejné) lahvi. Do ní pak pod tuto značku nalijeme vodu, zavěšíme na siloměr, který ukáže původní hodnotu  $G$ .

**Vysvětlení:** Tíha vody o objemu, který je stejný jako objem ponořené části tělesa, je rovna vztakové síle (Archimédův zákon pro případ, že těleso je ponořeno do kapaliny jen částečně.)

### **Třetí pokus: Pohlcování tepelného záření**

**Pomůcky:** dvě plastové lahve 1,5 litru, dvě korkové nebo pryžové zátky, dvě skleněné (popř. plastové) trubičky asi 20 cm dlouhé, svíčka nebo žárovka na panelu, zápalky, pryžová hadička, prkénko (80 cm x 10 cm x 2 cm), dvě podpěry, potravinářská barva, kádinka s vodou, injekční stříkačka, sprejová černá barva.

**Příprava:** Pokus uspořádáme podle obr. 3. Do prkénka z měkkého dřeva vyvrtáme dva otvory o průměru rovném průměru hrdla použitých plastových lahví a ve vzdálenosti asi 25 cm od sebe. Do těchto otvorů láhve zasadíme ("zavrtáme") až po rozšířenou část hrdla. Jednu láhev nastříkáme rychleschnoucí černou sprejovou barvou. Prkénko s lahvemi postavíme na podpěry. Můžeme také využít podpěr dvou židlí.



Obr. 3



Do každé zátky uděláme otvor, kterým prostrčíme skleněnou (popř. plastovou) trubičku asi 20 cm dlouhou. Konce trubiček, které budou vně lahví, spojíme pryžovou hadičkou. Do trubiček a spojovací hadičky nalijeme obarvenou vodou. Takto naplněnou soustavu opatrně zasuneme do lahví (viz obrázek). Doprostřed mezi lahve postavíme svíčku.

*Provedení:* Svíčku zapálíme. Po chvilce pozorujeme pohyb vody v soustavě. Voda je z černé lahve vytlačována do lahve průhledné.

*Vysvětlení:* Černě natřená lahev pohlcuje podstatně více tepelné záření (rychleji se ohřívá) než druhá lahev, která spíše toto záření odráží. V černé lahvi se zvětší teplota, a tím i tlak vzduchu. Tlaková síla vytlačuje vodu do průhledné lahve.

*Poznámky:*

1. Chceme-li mít v trubičkách více vody než při prvním naplnění, vysuneme opatrně jednu zátku s trubičkou a pomocí injekční stříkačky doplníme soustavu vodou. Pak zátku zasuneme zpět.
2. Místo plamene svíčky lze požit i rozsvícenou 40W žárovku.
3. Necháme-li pokus probíhat delší dobu, je pohyb vody v soustavě stále pomalejší, až se zastaví - vytvoří se rovnovážný stav. Nedochází k dalšímu zvyšování teploty a tím i tlaku v černé lahvi.

### **Literatura:**

Svoboda, E.: Pokusy s jednoduchými pomůckami. Praha: Prometheus, 2001.

Doubrava, St., Simonides J.: Fysika pro vyšší třídy škol reálných. Praha : Slavík & Borový 1882.

Mašek B., Wangler A.: Fysika pro vyšší třídy středních škol. Praha: JČMF 1936.

Kubásek Z.: Jednoduché pokusy s plastovými láhvemi. Diplomová práce Praha: MFF UK, 1996.

## Fotometrie moderně – s fototranzistorem a digitálním multimetrem

Josef Hubeňák

Univerzita Hradec Králové

Vnímání světla je pro člověka prvním (a snad i posledním) prožitkem a světlo je tak úzce spojeno s životem, že bylo součástí všech kultů a náboženství. I Kniha první Mojžíšova Genesis obrací pozornost ke světlu: "I řekl Bůh: Budiž světlo. A bylo světlo. Viděl, že světlo je dobré, a oddělil světlo od tmy." [1]

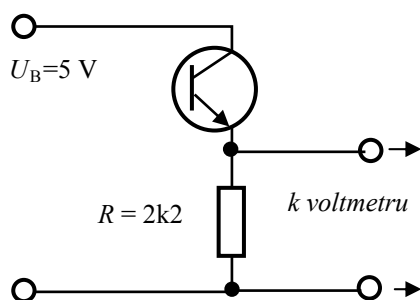
Pro fyziku je studium světla a přenosu energie zářením velmi podstatnou oblastí; zde bylo dosaženo hranic klasické fyziky a začínala fyzika kvantová a relativistická - ultrafialová katastrofa byla zažehnána kvanty energie  $hf$  (Max Planck), nezávislost rychlosti šíření světla na volbě vztažné soustavy vyřešila Einsteinova speciální teorie relativity. Ve škole je ale obtížné měřit spektrální hustotu intenzity záření nebo rychlost světla. Je ale možné :

- sestavit laboratorní práci z fotometrie,
- využít Excel pro zakreslení polárních grafů,
- počítat měrný světelný výkon žárovky,
- vypočítat kvantovou účinnost emise světla na PN přechodu,
- sestavit laboratorní práci s polarizací světla žárovky a laseru,
- zakreslit v Excelu graf v polárních souřadnicích.

První pomůckou je sonda pro měření osvětlení.

Sonda je osazena fototranzistorem BPW42 (výrobce Vishay-Telefunken). Jde o křemíkový fototranzistor s maximálním napětím  $U_{ke} = 30 \text{ V}$  a maximálním kolektorovým proudem 50 mA. Saturační napětí je asi 400 mV a kolektorový proud bez osvětlení je menší než 200 nA. Sonda má jednoduché zapojení:

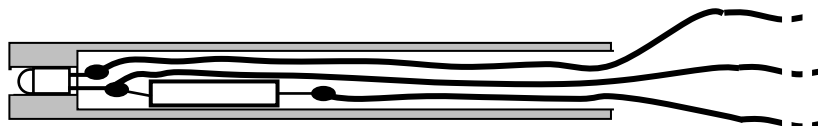
Obr.1 Zapojení sondy



Kolektorový proud roste lineárně s osvětlením a na rezistoru měříme napětí v rozsahu od 0,01 V do 4,5 V. V tomto rozsahu je výstupní napětí přímo úměrné osvětlení. Při kalibraci je vhodné použít jako zdroj světla matovou žárovku 60 W a luxmetr, např. PU150 METRA. Tento fototranzistor má maximum spektrální citlivosti pro vlnovou délku 830 nm ( infračervená oblast ) a pokud bychom ke kalibraci použili denní světlo a k měření žárovku, bude měření zatíženo systematickou chybou. Konstrukce sondy není

náročná, stačí plastová trubička od popisovače (Centropen 0,3 liner 2921 nebo něco podobného) a její špičku převrtat na průměr tranzistoru.

Obr.2 Sonda

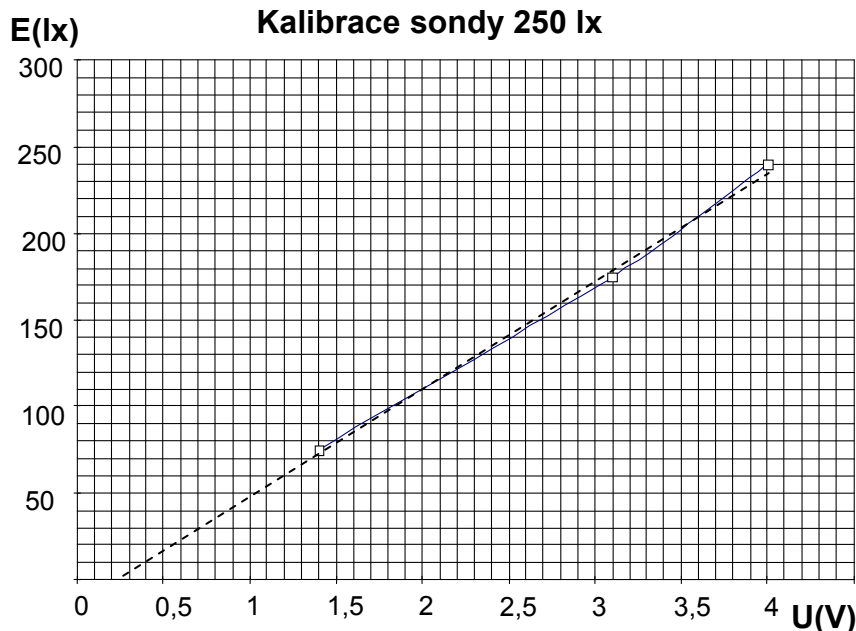


Vzhledem k dobré linearitě sondy stačí určit výstupní napětí pro osvětlení  $E = 0 \text{ lx}$ , pak zvětšovat osvětlení, až naměříme na výstupu sondy 4 V a luxmetrem zjistit odpovídající osvětlení  $E_{\max}$ . Naměřená osvětlení v daném intervalu mohou studenti odečítat z grafu, ale při zpracování na počítači se nabízí výpočet v Excelu a z grafu určená lineární aproximace. Pro použitou sondu (šedé pouzdro) platí  $E_x = 63,47(U_x - 0,25)$ . Osvětlení  $E$  měříme

v relativně malé vzdálenosti a sonda s rozsahem do 250 lx je použitelná pro žárovky s malým příkonem.

Pro měření větších osvětlení stačí v sondě použít rezistor s menším odporem – další sonda má vestavěn  $R = 470$  ohmů a je použitelná pro měření do 1100 lx (červené pouzdro). Lineární aproximace pro výpočet osvětlení je  $E_X = 226,8(U_X - 0,15)$

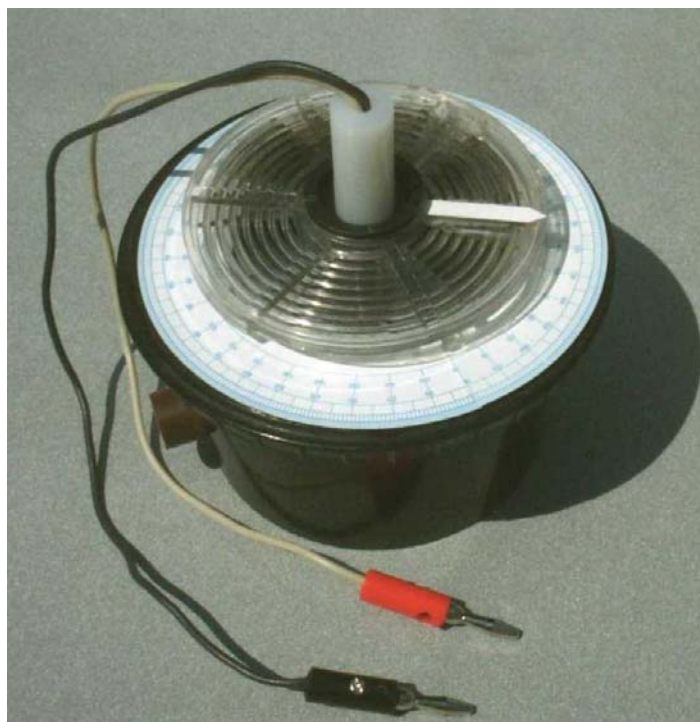
Obr.3



Další pomůckou je upravený tank pro vyvolávání svitkových filmů.

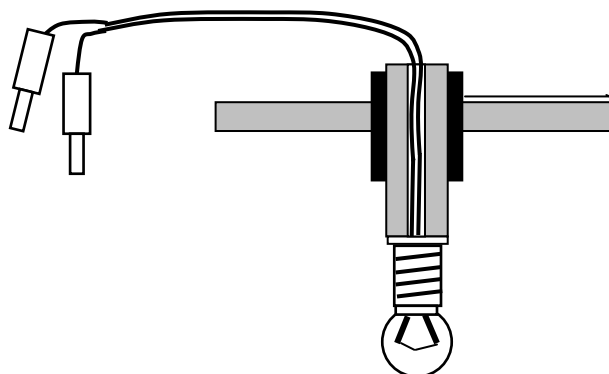
Obr 4.

Víko tanku doplníme úhломěrnou stupnicí. Postačí dva plastové úhlooměry, které přilepíme na víko. Cívka z tanku má dvě části, z nichž použijeme tu spodní. Dovnitř vsadíme válcový trn, na jehož konec vlepíme objímku pro žárovku se závitem E 10 a vyvedeme vodiče. Na čelo této části cívky přilepíme ukazatel pro odečítání úhlu otočení. Uzavřeme tank a shora vsadíme část cívky se žárovkou. Odměříme výšku vlákna žárovky nade dnem tanku a ve stejné výšce vyvrtáme do nádoby otvor pro vsazení sondy s fototranzistorem.



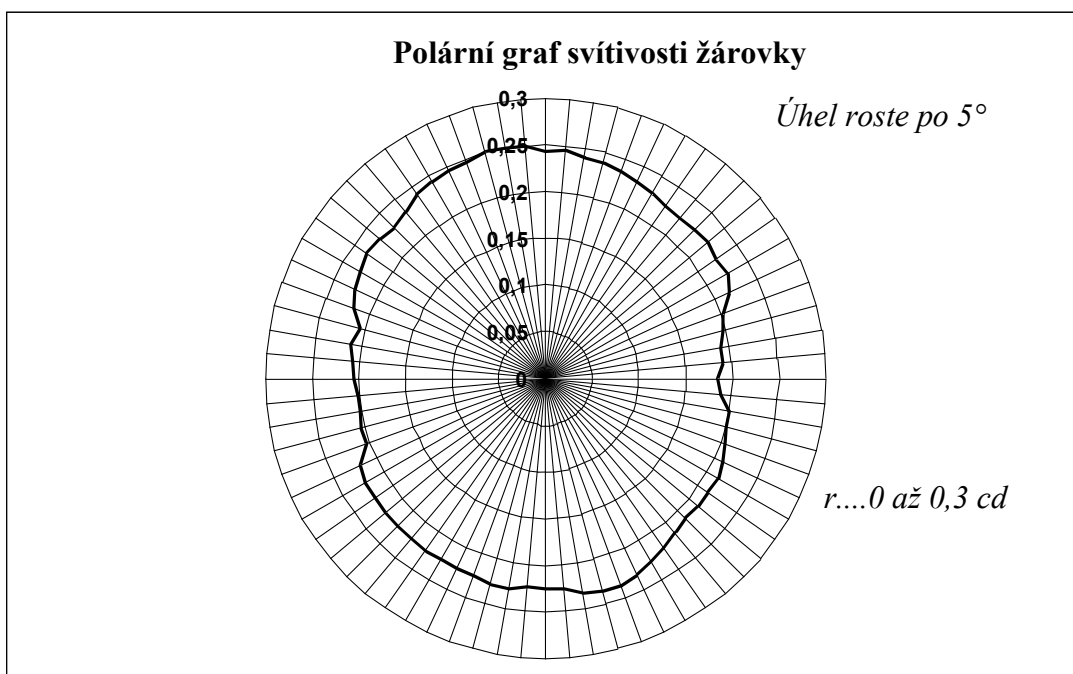
Osvětlení měříme pro úhel rostoucí po 5° a dostaneme 72 hodnot. Z digitálního multimetru odečítáme výstupní napětí a v Excelu převedeme pomocí kalibračního vzorce na hodnoty osvětlení.

Obr.5 Část cívky se žárovkou



V Excelu lze snadno vytvořit polární graf svítivosti:

Obr.6



Je patrné, že žárovka nesvítí do všech směrů stejně. Dvě protilehlá maxima jsou ve směrech kolmých na rovinu vlákna, které je u použitého typu napjato do tvaru obráceného písmene V. Minima jsou ve směrech rovnoběžných s rovinou vlákna a vzniknou tak, že vzdálenější rameno vlákna je zastíněno ramenem bližším. Rozdíl v dosaženém osvětlení je asi 60 luxů, ale pouhým okem jej nepostřehneme. Průměrná hodnota osvětlení je asi 210 luxů a s touto znalostí si můžeme dovolit výpočet průměrné svítivosti žárovky, jejího světelného toku a konečně i měrného světelného výkonu žárovky.

Výpočet průměrné svítivosti :

$$I = E \cdot r^2 = 210 \cdot 0,032^2 = 0,215 \text{ cd}$$

Výpočet celkového světelného toku žárovky vychází z předpokladu, že vlákno žárovky svítí do všech směrů stejně a dále zanedbáme ztrátu světelného toku, který směřuje do patice žárovky.

$$\Phi = 4\pi I = 12,56 \cdot 0,215 = 2,7 \text{ lm}$$

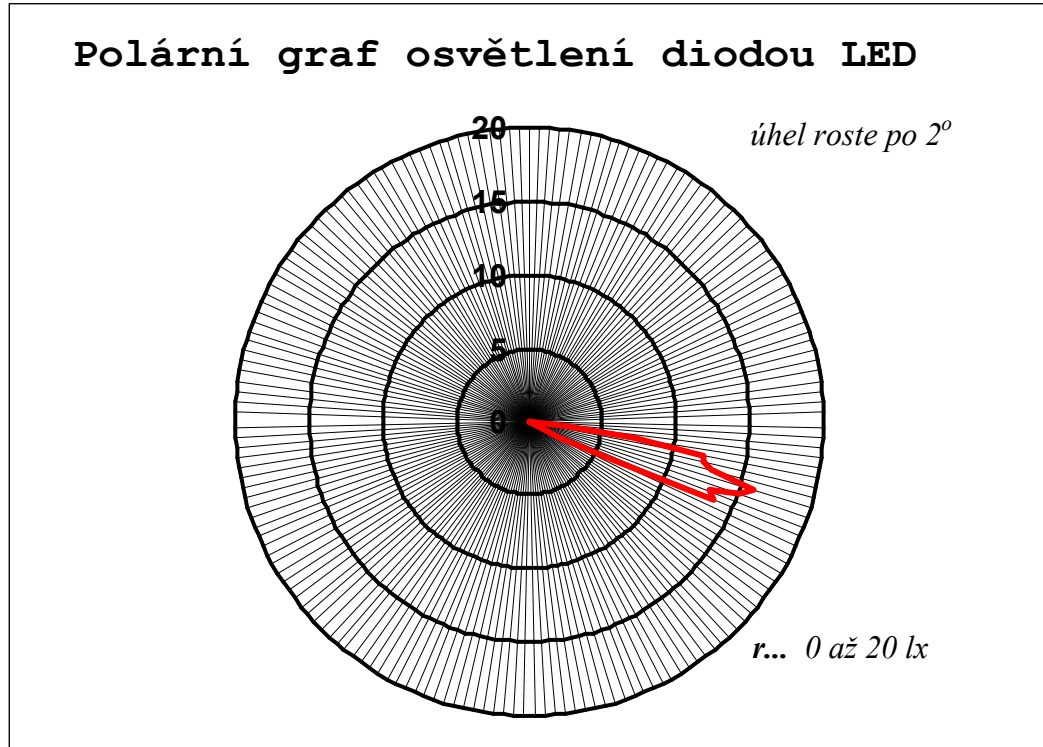
Měrný světelný výkon žárovky určíme jako podíl celkového světelného toku a elektrického příkonu (je třeba ještě změřit proud žárovkou, zde  $I = 52 \text{ mA}$ ) :

$$\frac{\Phi}{P} = \frac{\Phi}{UI} = \frac{2,7}{6,3 \cdot 0,052} = 8,24 \frac{\text{lm}}{\text{W}}$$

V technické literatuře [2] lze nalézt pro žárovku s wolframovým vláknem hodnotu 6 až 8  $\text{lm} \cdot \text{W}^{-1}$ .

Polární graf pro červenou diodu LED má výraznou směrovou charakteristiku:

Obr.7



Tady se nabízí určit kvantovou účinnost jako poměr počtu emitovaných fotonů za jednu sekundu a počtu elektronů, které prošly PN přechodem svítivé diody. Počet elektronů za jednu sekundu je roven

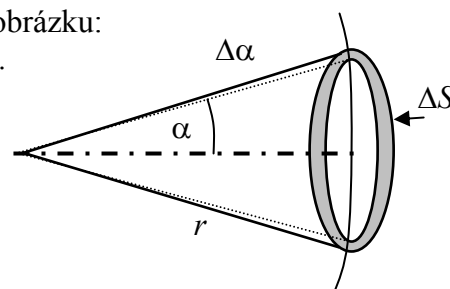
$$n_e = \frac{I_D}{q_e} = \frac{15,9 \cdot 10^{-3} \text{ A}}{1,602 \cdot 10^{-19} \text{ A} \cdot \text{s}} = 9,92 \cdot 10^{16} \text{ s}^{-1}, \text{ kde } I_D \text{ je proud diody.}$$

Počet fotonů, vyzářených diodou za jednu sekundu, je roven podílu zářivého toku  $P$  a energie jednoho fotonu. Zářivý tok  $P$  je roven  $\Phi / 683$  pro vlnovou délku 555 nm, ale naše dioda vysílá fotony s vlnovou délkou 660 nm. Samotný světelný tok určíme jako součet příspěvků  $\Delta\Phi = \Delta\Omega I(\alpha)$ ,

$$\Delta\Phi = \Delta\Omega \frac{E(\alpha)}{r^2}, \text{ kde } \Omega \text{ je prostorový úhel ve steradiánech, } E(\alpha) \text{ je osvětlení naměřené ve}$$

vzdálenosti  $r = 3 \text{ cm}$ . Úhel  $\alpha = 0$  platí pro směr maxima svítivosti. Výpočet přírůstku prostorového úhlu  $\Delta\Omega$  je zřejmý z obrázku:

Obr.8.



Platí  $\Delta S = r \cdot \Delta\alpha \cdot 2\pi \cdot r \sin\alpha$  a z toho  $\Delta\Omega = \frac{\Delta S}{r^2} = 2\pi \sin\alpha \cdot \Delta\alpha$

Při výpočtu musíme přírůstek  $\Delta\alpha$  dosadit v radiánech.

Tabulka:

$\alpha^\circ$	E (lx)	$\Delta\Omega$ (sr)	$\Delta\Phi$ (lm)
1	15.5	$0.9569 \cdot 10^{-3}$	$13.35 \cdot 10^{-3}$
2	15.11	1.9136	26.00
3	13.98	2.8696	36.11
4	13.22	3.8248	45.50
5	13.60	4.7788	58.49
6	13.60	5.7314	70.16
7	11.42	6.6822	68.68
8	7.86	7.6310	53.98
9	5.44	8.5775	41.99
10	3.38	9.5213	28.96
11	1.18	10.4622	11.12
			celkem $\Phi = 454.34 \cdot 10^{-3} \text{ lm}$

$$\text{Zářivý tok } P = \frac{\Phi}{683} \cdot \frac{555}{660} = \frac{0.454}{683} \cdot \frac{555}{660} = 0.559 \text{ mW}$$

Počet fotonů, vyzářených za jednu sekundu

$$n_f = \frac{P}{hf} = \frac{P}{h \frac{c}{\lambda}} = \frac{0.559 \cdot 10^{-3}}{6.626 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{3 \cdot 10^8}{0.66 \cdot 10^{-6}}} = 1.856 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$$

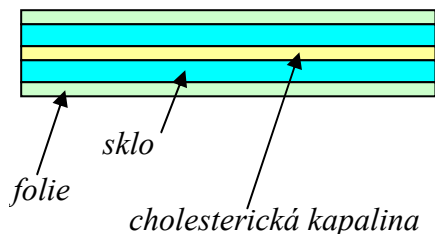
$$\text{Kvantová účinnost } \eta = \frac{n_f}{n_e} = \frac{1.856 \cdot 10^{15}}{9.92 \cdot 10^{16}} = 0.0187 = 1.87\%$$

Zhruba na sto elektronů připadají dva fotony, a to je velmi málo. Na samotném přechodu je kvantová účinnost vyšší, ale konstrukce svítivé diody z průhledného polovodiče (galiumarzenid, galiumfosfid nebo indiumfosfid a indiumarzenid), plastu (epoxid) a přechod do vzduchu vede k totálním odrazům na optických rozhraních a absorpci fotonů v materiálu.

Pro studium polarizovaného světla byla vyrobena třetí pomůcka - polarizátor.

Místo polarizační fólie je v držáku s úhloměry vložen displej získaný z mobilu. Displej má poněkud složitější strukturu :

Obr.9



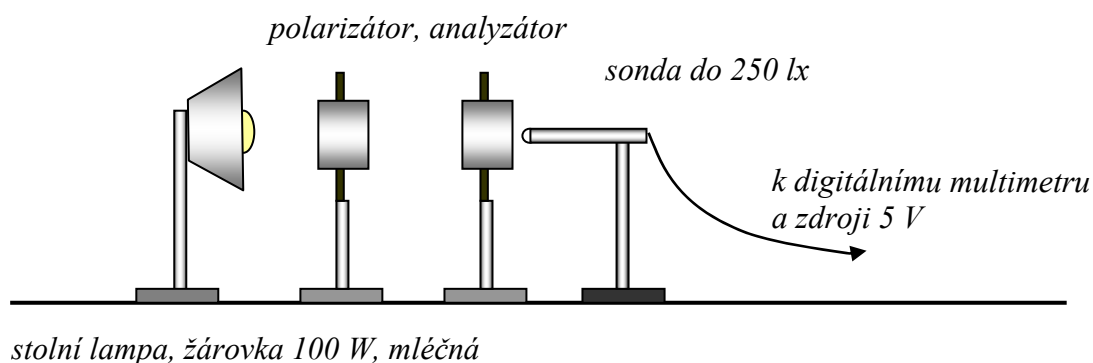
Obr.10



Při průchodu polarizační fólií se viditelné světlo polarizuje, v cholesterické kapalině se jeho polarizační rovina stáčí o  $90^\circ$  a další fólií projde díky tomu, že její polarizační rovina je také otočena o  $90^\circ$ . To lze ověřit jednoduchým pokusem: přes polarizátor pozorujeme světlo odražené na lesklém nátěru lavice nebo odraz na skleněné tabuli a úhel filtru nastavíme na minimum intenzity procházejícího světla. Pak otočíme polarizátor o  $180^\circ$  kolem svislé osy - lesky se rozzáří naplno.

Světlo žárovky je nepolarizované a pro měření použijeme jeden filtr jako polarizátor a druhý jako analyzátor. Měříme v sestavě podle obrázku:

Obr.11

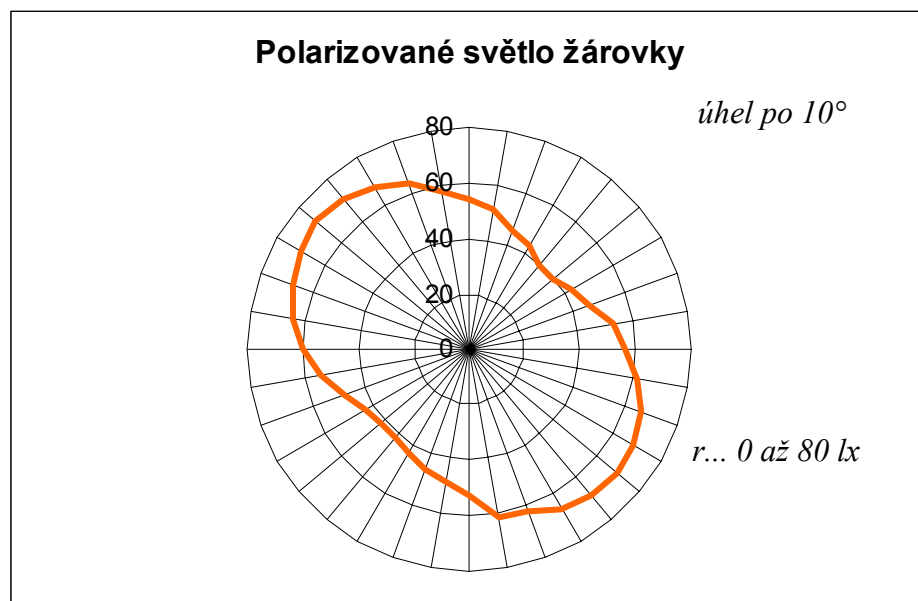


Žárovku je vhodné napájet ze stejnosměrného zdroje, jinak měřené hodnoty kolísají - vlákno žárovky napájené střídavým proudem nemá konstantní teplotu.

V Excelu zpracovaný graf závislosti osvětlení na úhlu otočení analyzátoru ukazuje dvě maxima asi 70 lx a minima přibližně 40 lx. Okem pozorujeme daleko větší rozdíl, a to je třeba vysvětlit.

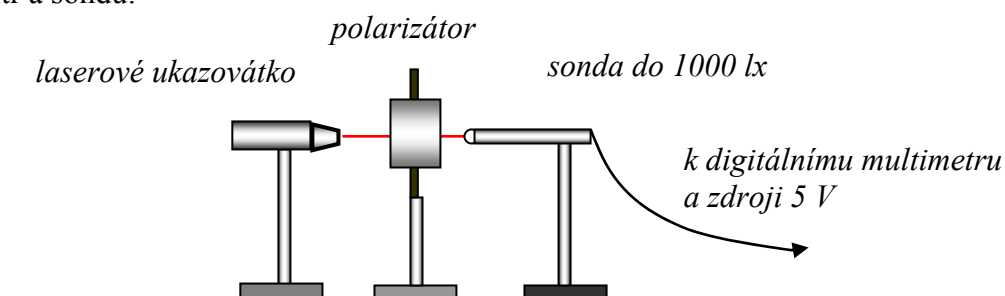
Obr.12

Polarizační fólie jsou účinné v omezeném intervalu vlnových délek, např. fólie s označením BK27 jen v intervalu 320 až 700 nm -viz [4]. Infračervené záření projde oběma filtry bez polarizace a sonda je zaznamenává v plné intenzitě.



Poslední z navržených měření je studium světla laseru. Použijeme laserové ukazovátko, jeden filtr a sondu:

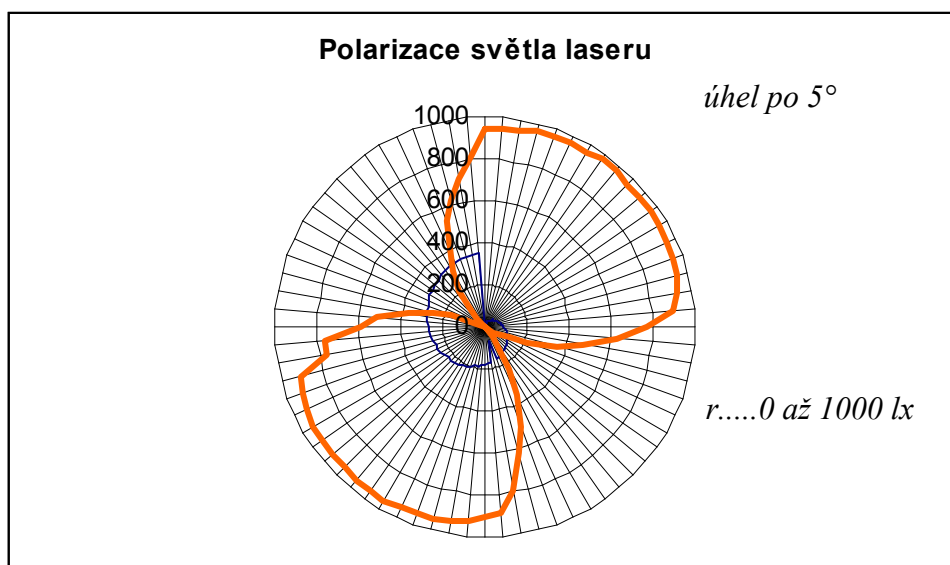
Obr.13



Závislost osvětlení sondy na otočení polarizátoru je velmi výrazná:

Obr.14

Graf má nulová minima ve dvou směrech a maxima až 1000 lx. Je to tím, že světlo je v tomto případě polarizováno již při svém vzniku a jeho vlnová délka spadá do oblasti účinnosti polarizační fólie.





Navržená měření jsou časově nenáročná a zpracování zvládnou studenti snadno se svými znalostmi z informatiky. Neobvyklé polární grafy jsou esteticky zajímavé a dávají jiný pohled na závislosti než běžný kartézský graf. Důležitým momentem je také seznámení s funkcí fototranzistoru, svítivé diody a diodového laseru: tady lze doporučit vedle středoškolských učebnic také práci slovenských kolegů *Fyzikálne základy elektroniky*, kde přístupnou formou autoři vysvětlují vše, s čím se můžeme v elektronice setkat [3].

### **Literatura:**

- [1] Bible Písmo svaté Starého a Nového zákona Ekumenický překlad Praha 1985
- [2] Miškařík, S.: Moderní zdroje světla SNTL 1979
- [3] Baník Ivan, Baník Rastislav, Baník Igor: Fyzika *Fyzikálne základy elektroniky* Slovenská technická univerzita v Bratislavě 1999
- [4] : <http://www.optikavod.cz>

## Fyzika kolem nás – vybrané experimenty

Renata Holubová,  
Přírodovědecká fakulta UP Olomouc

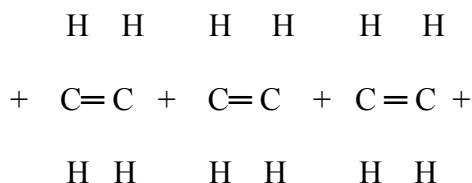
### Polymery

Bezmyšlenkovitě použijeme a zničíme každodenně desítky různých obalů, oblékáme oděvy obsahující umělá vlákna, hrajeme si s balony, žvýkáme žvýkačky, děti nosí plenkové kalhotky atd. Ve všech těchto věcech jsou zúročeny poznatky fyziky polymerů, která se sice na školách neučí, ale pomocí jednoduchých experimentů lze žákům ukázat, že všude kolem nás je fyzika. Můžeme začít např. u gumy. Každý z nás ví, co je to guma. Nebo si alespoň myslí, že to ví. Je to zvláštní materiál mající mnoho překvapivých vlastností. Aniž by bylo třeba zabíhat do podrobností, v rámci běžné výuky lze demonstrovat a vysvětlit řadu vlastností této látky a mnoha dalších. Lze s výhodou využít mezipředmětových vztahů mezi chemií a fyzikou.

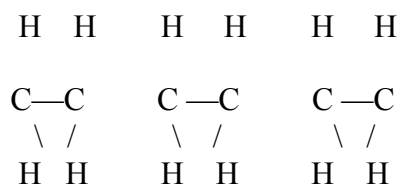
Guma je polymer. Co to je? Polymery najdeme v textilních vláknech (perlonu, nylonu), ve voscích, lepidlech, v biopolymerech jako proteiny, nukleové kyseliny, ve stavebninách. Základní stavební jednotkou polymerů jsou makromolekuly. Přitom všechny makromolekuly obsahují alespoň jeden řetězec táhnoucí se celou molekulou. Jedná se o řetězec různě zavěšených uhlíkových atomů. Tyto základní jednotky jsou tzv. monomery. Polymer se může skládat až z několika set tisíc monomerů. Pro polymer musí platit, že jeho vlastnosti se nezmění, pokud k němu přidáme další monomer. Řetězce se různě roztékají, spojují, tvoří sítě.

#### Proces polymerace

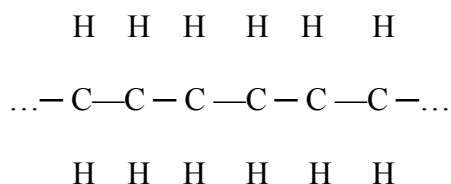
##### 1. Monomer (ethylen)



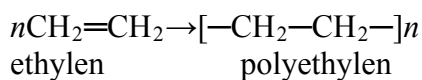
##### 2. Dvojná vazba zaniká



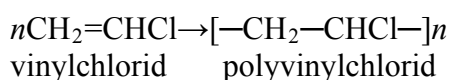
##### 3. Polymer (polyethylen)



Polymerace zapsaná chemickou reakcí:

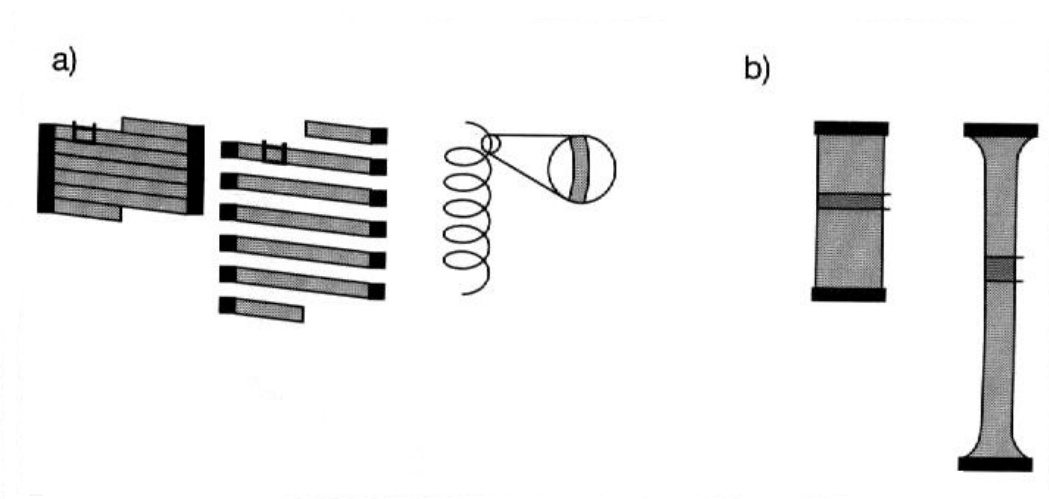


Číslo  $n$  je větší než tisíc, úsek v hranaté závorce se mnohonásobně opakuje.

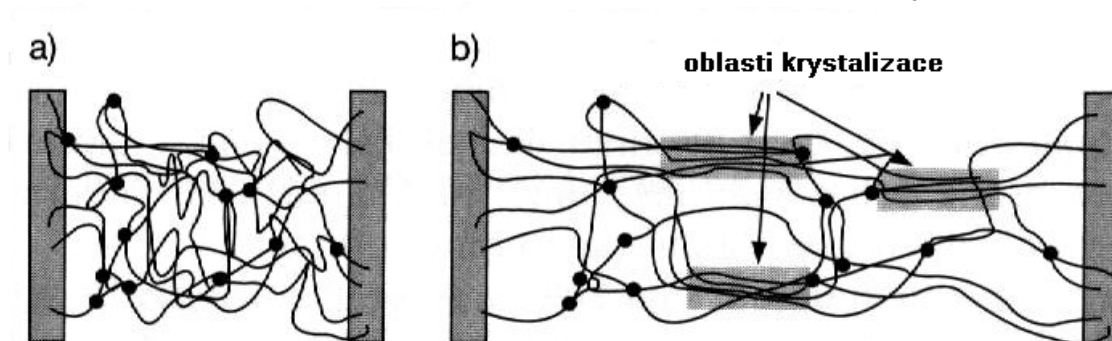


Porovnejme polymer a tuhou látku (guma – pružina): *elasticita* (pro gumu neplatí Hookův zákon, závislost na teplotě, čase). Pružinu lze prodloužit jen jako celek o 100 %, u gumy se prodlužují jednotlivé elementy až o 600 %. Přitom makroskopický objem zůstává v podstatě stejný. Tzn. že makroskopické prodloužení nelze spojovat se zvětšením meziohmátních vzdáleností. Zjistíme nelineární závislost mezi působící silou a protažením (konformace řetězce polymeru). Navíc při protažení gumy dochází k částečné krystalizaci (obr. 2b).

Obr. 1: Protažení a) pružiny, b) gumy



Obr.2. Částečná krystalizace při prodloužení gumy



1. Zkoumáme gumičku do vlasů, gumu krejčovskou, gumu na bungee jumping, horolezecké lano, kovovou pružinu.
2. Nafukování balónku – poprvé ztěžka, podruhé snáz. Membrána balónku má stále stejný objem, s rostoucí velikostí balónku se ztenčuje. Lze určit velikost přetlaku uvnitř vzhledem k poloměru balónku (Mooney).
3. Zkoumáme chování polymerů pod vlivem vody: – žvýkačka je tzv. frustrovaný polymer (čeká na vodu - změkne slinami a vlivem vyšší teploty)

Experiment: 1.určíme hmotnost žvýkačky, 2. žvýkačku vložíme do úst a asi 10 minut žvýkáme, 3. Znovu určíme hmotnost žvýkačky. K překvapení žáků zjistíme úbytek hmotnosti až 60 %. Jako frustrovaný polymer se chovají i kojenecké pleny.

### **Dělení polymerů:**

1. termoplasty – měknou v teple, chladem tuhnou (nylon, polyethylen, polyvinylchlorid, polystyren, teflon)
2. termosety – tvrdnou teplem (bakelit, epoxid, polyester, polyurethan)

Plastové obaly mají vždy vyznačeno, o jaký typ polymeru se jedná. Nejběžnější zkratky, se kterými se setkáváme v domácnosti, jsou následující (zkratky vycházejí z anglických názvů):

**PET** ... polyethylene terephthalate

**HDPE** ... high-density polyethylene

**PVC** ... polyvinyl chloride

**LDPE** ... low-density polyethylene

**PP** ... polypropylene

**PS** ... polystyrene

**ABS** .. acrylonitrile butadiene styrene

PET je běžně užíván na obaly limonád, vody apod. , z HDPE jsou obaly na mléko, z PVC je mnoho hraček, LDPE najdeme jako obaly na potraviny, neboť je měkkší, tvárnější než HDPE. PP je velmi lehký, má značně vysokou teplotu tání – používá se k výrobě zavazadel, různých částí aut, stejně jako na obaly potravin. PS je znám pod názvem styrofoam, jsou z něj šálky na kávu i chladiče.

### **Experimenty:**

1. Vyrobíme disk z jogurtového kelímku – zakoupíme jogurt, který je v kelímku označeném zkratkou PS. Očištěný kelímek ponoříme do vařící vody, nádobu uzavřeme tak, abychom získali teplotu vyšší než 100 °C. Po několika minutách máme disky hotové. Jogurtové kelímky se smrští do tvaru disku. Místo vody lze použít i parafinový olej, který vře při teplotě 110 stupňů. Potom lze celý proces sledovat vizuálně. Vysvětlení: PS je termoplast, při zahřátí jej můžeme formovat, když se ochladí, opět ztvdne. Polystyrol je složen z dlouhých molekulových řetězců, které při zahřátí po sobě kloužou (chovají se jako špagety – jsou-li čerstvě uvařené, lehce po sobě kloužou, necháme-li je vychladnout v hrnci ve vodě jak vařily, zachovají si uvedený tvar a ztvdnou. Jednotlivé nudle potom již nelze vytáhnout.) Při výrobě jogurtových kelímků se postupuje tak, že desky z plastu se zahřejí na určitou teplotu, položí se na formy, ze kterých zespodu odsajeme vzduch.

Vlivem vzniklého vakua je plast vtažen do formy. Molekulové řetězce jsou takto namáhány a po ochlazení jsou pod napětím. Nemohou se však pohybovat a zůstávají ve tvaru, který jim byl vnucen. Svůj stav bez napětí však nezapomněly. To se ukáže, když je zahřejeme – pak se mohou vrátit do původního stavu. Kelímky se vracejí do původního tvaru desky. Polymery jsou materiály s pamětí (pokus s gumovými rukavicemi – naplníme je vodou, tu potom vylijeme, rukavice si podrží svůj tvar).

2. Výroba vláken ze zbytků lahví PET, popř. obalů HDPE, LDPE. Z obalů nařežeme menší kousky (1x1 cm), které dáme do ploché misky vytvarované z alobalu. Tuto misku položíme na plotýnkový vařič a zahříváme. Do tajícího polymeru ponoříme skleněnou nebo dřevěnou tyčinku a pomalým pohybem vytahujeme plastové vlákno. Můžeme zkoumat pevnost v tahu.
3. Vodní ježek. Plastický sáček naplníme vodou (můžeme ji obarvit potravinářským barvivem) a dobře uzavřeme. Sáčkem prostrčíme ostrouhanou tužku. Voda nevyteče. Polymer je schopen uzavřít vzniklý otvor kolem tužky tak, že se k ní jakoby přisaje. Lze zkoušet, kolik tužek můžeme sáčkem prostrčit.

**Granule** – hmota ve tvaru granulí, její základní vlastnosti, jednoduché experimenty

1. Stopy v mokřém písku (na mořské pláži) – stopa je sušší než okolní hmota, nenaplní se vodou
2. Vakuově balená káva – kostka je tvrdá jako kámen, sypkost se ztrácí
3. Směsi (např. různé druhy ořechů) ve sklenici – pohybujeme-li sklenicí chvíli nahoru a dolů, seskupí se velké ořechy (para ořechy) nahoře, menší oříšky zůstanou dole. Tento jev není dosud beze zbytku vysvětlen.
4. Chování dřevěného prachu – je-li prach na vibrující podložce, tvoří se ostré struktury, nevzniká rovnoměrně pokrytá plocha.
5. Nafukovací balónek naplníme pískem, uzavřeme a prudce jím mrštíme o zem. Balónek bude mít tvar bochníku, na omak bude tvrdý.

Tyto vlastnosti granulí se vysvětlují na základě nelineárních interakcí, fraktální geometrie. Zejména moderní výpočetní technika přispěla k vysvětlení a znázornění systémů mnoha částic, které lze nyní počítačově modelovat. Zejména v praxi je nutné s těmito efekty počítat – v průmyslu, při skladování obilnin v silech, poznatků využívá geofyzika, stavebnictví, kosmetika.

6. příklad vzniku fraktálů – kápneme trochu medu mezi dvě skla. Pokud chceme jedno z nich nadzdvihnout, musí vzduch pomoci vyplnit volný prostor (podtlak).

## **Suspenze**

Označení směsí z malých nerozpustných pevných částic v kapalinách. Příkladem takové suspenze je škrob.

Experiment:

V nádobě se nachází směs škrobu a vody. Skočíme-li na směs z určité výšky a ihned opět ven, zdá se, jako bychom skočili na pevnou podložku. Nyní se pokusíme se pomalu postavit na směs v nádobě. To se nám nepodaří a my se ponoříme do směsi.

Škrob v nádobě zvětší svůj objem asi o 28 procent. Voda proniká do molekul škrobu a vytváří vodíkové mosty s volnými hydroxylovými skupinami. Tato suspenze má vysokou viskozitu, přesto se v ní ponoří předměty o velké hustotě. Proč ale můžeme na povrch skočit a neponoříme se? Zjednodušeně lze říci, že se zrníčka škrobu v právě zamíchané směsi voda – škrob volně vznášejí obklopeny vodou. Pokud začne působit mechanická síla, je voda

vytlačena z prostoru mezi zrníčky, škrobová zrnka se spojí a vytvoří dojem pevné plochy. Pokud působí jen slabé mechanické síly, mohou se zrníčka volně pohybovat kolem sebe a voda působí jako mazivo.

Přesněji jev vysvětlujeme na základě mikroskopické struktury suspenze: škrob se skládá ze strukturálně odlišných částí – amylázy (28-30 %) a amylopektinu (70-80 %). Zatímco amyláza je složena z 3800 k sobě řazených molekul, tvoří amylopektin síťovou strukturu z 6000 až 20 milionů jednotlivých molekul. Vztah mezi těmito složkami ovlivňuje vlastnosti daného škrobu. Molekula vody, která se nachází mezi dlouhými molekulami amylázy, je při skoku vytlačena. Tím se řetězce zaklíní, vytvoří se vodíkové vazby, dochází k deformaci struktur amylopektinu, vodíkové vazby vznikají i zde. Tím se zvyšuje viskozita – tzv. dilatace – jev trvá pouze tak dlouho, dokud na suspenzi působí tlak. Jev je výraznější, čím větší síly působí. Při dilataci viskozita závisí na velikosti tlaku – čím silněji působíme na kapalinu (čím více ji namáháme), tím je pevnější.

Podobným efektem je rheopexie – suspenze vlivem pohybu (rytmické údery, houpání) během času ztuhne v pevnou látku, ale v klidu je opět tekutá.

Známější je thixotropie – opačný jev k rheopexii. Všichni známe kečup – v klidu je pevný, nechce z láhve, po protřepání se stane tekutým. Necháme-li láhev chvíli stát, opět ztuhne.

Škrob – používán již 3500 př.n.l., byl pomocnou látkou při výrobě papýru a lepidel. V r. 1525 se škrobu užívalo ke zpevnění límců u košil. V přírodě existují různé zdroje škrobu (zásobárna kohlenhydrat) – hlízy a kořeny (brambory, maniok, batáty), semena (zrní), plody (kaštiny, luštěniny). Obsah škrobu je rozdílný, např. rýže 70-75 %, brambory 12-20 %.

## Polystyrénová fyzika

*Josef Trna*

*Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity v Brně*

*Gymnázium Boskovice*

*Základní škola Lysice*

Pěnový polystyrén je látka, která má z fyzikálně-experimentálního hlediska řadu velmi zajímavých vlastností. Je to pevná látka s velmi malou hustotou, je dobrým zvukovým, tepelným a elektrickým izolantem. Dá se poměrně lehce dělit (řezat, lámat, drtit), opracovávat (nožem, brusným papírem), lepit atd. Vyrábí se z něj různé předměty a polotovary (kuličky, vajíčka, misky apod.). Tyto a další její vlastnosti předurčují pěnový polystyrén k použití zejména při jednoduchých školních fyzikálních experimentech.

Z didaktického hlediska je velmi důležité, že vlastní výroba pomůcek z pěnového polystyrénu může vést k rozvoji tvořivosti žáka i učitele.

### 1. Hustota polystyrénu

Řezáním (příp. i lepením) vyrobíme krychli z polystyrénu o hraně 10 cm, tedy o objemu  $1 \text{ dm}^3$ . Tuto krychli pak zvážíme, určíme hustotu polystyrénu a srovnáme ji s hustotou jiných látek. Diskutujeme možnost zanedbání hmotnosti polystyrénu při pokusech z hydromechaniky.

### 2. Rovnoměrný pohyb

Do zkumavky (skleněné či průhledné plastové trubičky) naplněné vzduchem vložíme polystyrénovou kuličku průměru jen málo menšího než je světlost zkumavky (trubičky). Při vhodném naklonění zkumavky (trubičky) se kulička díky odporovým silám bude pohybovat rovnoměrně. Na zkumavku (trubičku) můžeme vyznačit stejné vzdálenosti a pomocí stopek pak ověřovat stejně velké časové úseky. Alternací je použití zkumavky naplněné vodou, ve které kulička obdobně rovnoměrně stoupá.

### 3. Black and white balls I

Několik na pohled stejných polystyrénových kuliček postupně necháme pohybovat po nakloněné rovině (vhodná je vyrobená ze dvou rovnoběžných drátů). První kulička je neporušená, v druhé je zapuštěna zátěž (ocelová kulička) do středu, ve třetí je zapuštěna zátěž mírně mimo střed, ve čtvrté je napuštěna vazká kapalina (glycerín) a v páté je ve vyvrtném tunýlku vložena pohyblivá ocelová kulička. Kuličky se pohybují odlišně. Diskutujeme příčiny jejich odlišného chování.

### 4. Moment setrvačnosti

Vyrobíme dva polystyrénové stejně hmotné válce stejného poloměru, ale jiných momentů setrvačnosti. Do jednoho válce zapustíme železné tyčky (minimálně 3) u osy a do druhého u vnitřního obvodu. Oba válce necháme naráz společně ze stejné výšky kutálet po nakloněné desce. Z rozdílného pohybu válců usuzujeme na význam jejich momentů setrvačnosti pro pohyb.

### **5. Odstředivá síla**

Do skleněné trubice ve tvaru „V“ vložíme kovovou (olověný brok) a polystyrénovou kuličku, doplníme vodou a konce trubice uzavřeme zátkami. Trubicí upevníme ve svislé poloze v dolním spoji ramen na otáčivý stroj (nebo roztáčíme prsty). Po roztočení trubice vystoupí kovová kulička do horní části jednoho ramene, zatímco polystyrénová kulička se pohybuje k dolní části trubice. Poloha obou kuliček a vody v trubici je dána odlišnými hustotami všech tří látek.

### **6. Reaktivní pohon lodičky**

Z polystyrénu vyřežeme lodičku, na kterou připevníme nafukovací balónek otvorem k zádi lodičky. Balónek nafoukneme a uzavřeme. Lodičku s nafouknutým balónkem položíme na vodní hladinu a uvolníme vzduch v balónku. Lodička se pohybuje podle zákona akce a reakce vpřed.

### **7. Beztížný stav**

Do polystyrénového tácku upevníme na gumová vlákna různé předměty tak, aby při mírném napnutí vláken předměty visely přes okraj misky. Gumová vlákna upevníme nejlépe propíchnutím dna misky a protažením druhého konce vlákna pod misku, kde uděláme na vláknech suky. Misku pak necháme padat volným pádem, kdy je soustava v beztížném stavu a na předměty působí jen pružné síly vláken. Předměty jsou proto vtaženy vlákny zpět do misky.

### **8. Pevnost polystyrénové desky**

Podlouhlou polystyrénovou desku položíme na plochu na podložky, které jsou umístěné blízko obou konců desky. Uprostřed desky zatěžíme postupným pokládáním zátěže, dokud se deska nezlomí. Druhou desku stejného tvaru umístíme na stojato (na hranu). Desku opět postupně zatěžíme – deska unese značnou zátěž. Pro snadnost demonstrace je vhodné použít dvojici desek v obou polohách. Poté žákům ukážeme výztuhy vyrobené z polystyrénu pro uskladnění a přepravu různých výrobků.

### **9. Kouzelný válec**

Do polystyrénového válce s velkým průměrem podstavy zapustíme blízko obvodu do jednoho místa zátěž (šroub apod.). Při vhodné poloze válce na nakloněné rovině se bude válec chvíli kutálet do kopce, dokud se jeho těžiště bude snižovat. Srovnáme pohyb válce s druhým stejným válcem bez zapuštěného šroubu.

### **10. Kolumbovo vejce**

Polystyrénové vajíčko upravíme tak, že do jeho méně zakřivené podstavy zapustíme kovový předmět (matici, šroub apod.), čímž snížíme polohu jeho těžiště. Toto vajíčko pak vychýlíme z polohy na této podstavě – vejce se vrátí do původní polohy zpět. Srovnáme s neupraveným vejcem.

### **11. Rovnováha na hladině**

Na vodní hladinu v nádobě položíme vysoký kvádr z polystyrénu na jeho boční velkou stěnu, tedy do stabilní polohy – kvádr leží na hladině. Druhý stejný kvádr se zapuštěnou



zátěží (šroub, matice apod.) ve středu malé podstavy po položení na velkou boční stěnu se díky snížení těžiště postaví na malou podstavu. Místo kvádrů můžeme použít i polystyrénové vejce apod.

## **12. Plování a potápění**

Kousek polystyrénu propíchneme hřebíkem a položíme na hladinu vody v nádobce tak, aby tato soustava těles plovla. Pak hřebík vytáhneme a polystyrén i hřebík položíme znovu na hladinu vody v nádobce. Polystyrén opět plove, hřebík se však potopí na dno. Tak demonstrujeme význam průměrné hustoty těles při posuzování jejich chování v kapalině.

## **13. Black and white balls II**

Tři na pohled stejné polystyrénové kuličky vložíme na vodní hladinu. Jedna (vhodně zatížená kovovými např. olovenými broky) se potápí, druhá se vznáší (opět vhodně zatížená) a třetí (bez zátěže) plove.

## **14. Neplovoucí polystyrén**

Do kádinky nalijeme asi do poloviny vodu. Na vodní hladinu položíme malou polystyrénovou kostku, která plove. Menší dnem vzhůru obrácenou kádinkou přikryjeme kostku na hladině a svisle ji přiblížíme až na dno. Kostka dosedne téměř na dno.

## **15. Hydrostatická vztlaková síla**

Do kádinky nalijeme vodu a na hladinu položíme polystyrénovou desku (vhodný je kruhový tvar). Na desku pokládáme zátěže (závaží). Hydrostatická vztlaková síla udržuje desku i se závaží na hladině, dokud ji tíhová síla závaží nepřekoná. Můžeme demonstrovat závislost hydrostatické vztlakové síly na hloubce ponoření desky a hustotě kapaliny (místo vody použijeme olej, slanou vodu, líh aj.).

## **16. Hydrostatická vztlaková síla na rovnoramenných váhách**

Místo misek rovnoramenných vah postavíme na jejich desku dvě kádinky s vloženými kladkami se zátěží. Kádinky naplníme vodou a z háčků vah vedeme silonovou nit přes kladky v kádinkách a na jejich konce zavěsíme pod vodou polystyrénové plováky. Plováky mají nejdříve stejný objem – váhy jsou v rovnováze díky rovnováze vztlakových sil, působících na plováky. Pak zaměníme jeden z plováků větším – rovnováha se poruší. Další variantou je ponoření stejných plováků do různých kapalin. Tento pokus je základem zajímavé problémové úlohy.

## **17. Vodní váhy**

Do širokého válce (odříznuté plastové láhve) nalijeme vodu a ponoříme do ní polystyrénový válec. Na horní podstavu válce klademe postupně jednotlivá závaží a na bok válce vždy označíme příslušnou hodnotu hmotnosti závaží do místa úrovně hladiny vody na válci – tak vodní váhy ocejchujeme. Vážení předmětu pomocí těchto vah provádíme pokládáním předmětu na horní podstavu polystyrénového válce a odečítáním příslušné hodnoty na boku válce.

### 18. Polystyrénová závaží

Chybějící závaží můžeme u rovnoramenných vah přibližně nahradit polystyrénovými kvádríky a destilovanou vodou. Pod jedno rameno rovnoramenných vah postavíme kádinku se zatíženou kladkou na dně. Do kádinky nalijeme destilovanou vodu. Z ramene přes kladku vedeme tenkou silonovou nit s očkem, na kterou zavěšujeme pod vodou polystyrénové kvádríky objemu  $1\text{ cm}^3$ ,  $2\text{ cm}^3$ ,  $5\text{ cm}^3$ ,  $10\text{ cm}^3$  atd. Využijeme skutečnosti, že  $1\text{ cm}^3$  destilované vody má hmotnost jeden gram. Díky hydrostatické vztahové síle tak polystyrénové kvádríky mohou přibližně nahradit závaží. Diskutujeme zanedbání hmotnosti polystyrénových kvádríků a vztahovou sílu působící na závěsy.

### 19. Hustoměr

Do odměrného válce s kapalinou ponoříme polystyrénový válec s přilepenou kovovou zátěží (podložka apod.) na horní (nebo dolní) podstavě. Polystyrénový válec se ponoří do určité hloubky, kterou můžeme označit značkou (ryska, gumička apod.) na polystyrénovém válci. Ponořením tohoto polystyrénového válce-hustoměru do různých kapalin (slaná voda, líh aj.) jej ocejchujeme a můžeme pak použít pro přibližné určení hustoty kapaliny. Ocejchování lze provést i pomocí skutečného hustoměru.

### 20. Paradoxní váleček

Na podstavu polystyrénového válečku přilepíme nízkou kruhovou kovovou destičku stejného průměru jako má polystyrénový válec. Výšku polystyrénového válce upravíme tak, aby po ponoření polystyrénového válce s kovovou destičkou nahoře do vody v odměrném válci jen kovová destička zůstala nad hladinou. Na polystyrénový válec na opačné straně válce pak nakreslíme několik obvodových kroužků ve stejné vzdálenosti, jako je tloušťka kovové destičky. Válec pak otočíme a znovu ponoříme do vody v odměrném válci. Problémové otázky před tímto potopením jsou: „Jak hluboko se válec s destičkou ponoří? Stáhne jej kovová destička ke dnu? Kolik značek na polystyrénu bude nad hladinou? Odpověď založená na Archimédově zákoně je, že výška neponořené části válce bude v obou případech stejná.

### 21. Karteziánek

Do vhodně velkého kousku polystyrénu zapícháme na jedné straně zatavenou skleněnou trubičku tak, aby soustava ještě plovla otevřenou trubičkou dolů. Takto vytvořený karteziánek vložíme do plastové láhve naplněné vodou, uzavřeme ji a stlačováním stěn láhve se karteziánek potápí.

### 22. Signalizační plovák

Do neprůhledné nádoby (konvice, váza apod.) vložíme polystyrénový válcový plovák, který svisle propíchneme špejlí (plastovým brčkem apod.) se zátěží (např. maticí) na spodní straně. Do nádoby přiléváme vodu, špejle se vynořuje nad okraj nádoby. Na špejli přilepíme (obarvíme) značky indikující míru naplnění nádoby (např. maximum naplnění). Plovák může automaticky ohlašovat maximální naplnění nádoby pomocí světelné či zvukové signalizace. Pak je třeba použít tyčku plováku jako ve funkci mechanického spínače jednoduchého elektrického obvodu se žárovkou, ledkou, elektrickým zvonkem či sirénkou.

### 23. Hydraulický lis

Do válce nalijeme vodu a na její povrch položíme polystyrénový válcový píst téměř stejného průměru jako je vnitřní průměr válce. Pístem svisle vedeme skleněnou trubičku,

kteřou budeme pomocí plastové stříkačky vtlačovat další vodu do válce pod píst, a tak zvedat píst se závažím. Na píst je možno nasadit gumičky jako těsnící kroužky.

#### **24. Polystyrénový dasymetr**

Platnost Archimédova zákona pro plyny demonstrujeme pomocí dasymetru (rovnoramenných vážek) umístěných pod vývěvou. Skleněnou baňku dasymetru nahradíme polystyrénovou kuličkou.

#### **25. Bernoulliho rovnice**

Dvě polystyrénové kuličky (vajíčka) zavěsíme na dva stejně dlouhé svislé závěsy asi 1 cm od sebe. Vodorovně foukáme trubičkou mezi ně, až se začnou přibližovat. V prostoru mezi kuličkami vzroste rychlost vzduchu, podle Bernoulliho rovnice vznikne podtlak a díky tlakové síle okolního vzduchu se kuličky přiblíží. Je třeba použít větší kuličky (vajíčka), případně je zatížit zapuštěním např. šroubu.

#### **26. Základy létání**

Na svislé plastové brčko nasadíme postupně volně pohyblivou polystyrénovou desku, válec, půlválec a křídlo. Bočním vodorovným foukáním (trubička, nafukovací balónek, vysoušeč vlasů) demonstrujeme principy létání pomocí odporové vztlakové síly (deska), Bernoulliho rovnice (válec, půlválec) a kombinace obou principů (křídlo).

#### **27. Vznášející se kulička**

Plastovým brčkem (nejlépe s ohebnou kloubovou částí) foukáme vzduch svisle vzhůru. Do proudu vzduchu vložíme polystyrénovou kuličku, která se bude vznášet díky rovnováze tíhové a odporové síly v proudu vzduchu. Pokus je možno alternovat použitím gumového nafukovací balónku, který uzavřeme zátkou s tenkou trubičkou. Balónek nafoukneme a držíme trubičkou svisle vzhůru.

#### **28. Povrchové napětí I**

Na vodní hladinu v nádobě nasypeme několik kuliček polystyrénu. Kápneme mezi ně mýdlový roztok (saponát), kuličky se budou díky změně povrchového napětí pohybovat od kapky k okraji nádoby.

#### **29. Lodičky a povrchové napětí**

Na vodní hladinu v nádobě položíme polystyrénovou lodičku s otvorem a zářezem do zádi. Do otvoru kápneme mýdlový roztok (saponát), lodička se bude díky změně povrchového napětí pohybovat. Modifikací je lodička se dvěma či třemi stejnými zářezy, která se může pohybovat do stran nebo můžeme obdobně vyrobit i otáčející se kruh.

#### **30. Vlnění vodní hladiny**

Na vodní hladinu v misce nasypeme drobné polystyrénové kuličky. Špejlí budeme ťukat do středu hladiny a vyvoláme tak její vlnění. Polystyrénové kuličky indikují pohyb vodní hladiny – kmitají na místě.

### **31. Zvuková membrána**

Střed dna polystyrénové misky propíchneme a provlékneme jím provázek zakončený uvnitř misky uzlem. Provázek potřeme kalafunou a táhneme jej mezi prsty. Miska se rozechvěje a vydává zvuk.

### **32. Indikátor chvění**

Polystyrénovou kuličku na provázku přiblížíme k rozechvělé ladičce, bláně bubínku, stěně papírového reproduktoru aj. Kulička svým pohybem indikuje chvění zdrojů zvuku. Obdobně využijeme polystyrénovou drť na chvějící se desku nebo na hladinu vody ve chvějící se sklenici.

### **33. Zvukové stínění**

Zdroj zvuku (elektromagnetickou sirénku) umístíme do zvukově izolující krabice bez víka. Místo víka postupně pokládáme desky z různě silného polystyrénu a sluchem sledujeme rozdíl v intenzitě zvuku. Polystyrén je vhodným zvukovým izolantem.

### **34. Tepelná izolace**

Do krabičky vyrobené z polystyrénu (polystyrénového kelímku) vložíme kousky ledu nebo nalijeme horkou vodu. Po určité době zjistíme minimální tepelnou výměnu s okolím.

### **35. Polystyrénový teploměr**

Do skleněného válce s vodou ponoříme sadu polystyrénových kuliček (kvádríků apod.) vhodně zatížených záteží, a to tak, aby se vznášely právě při určité teplotě vody. Na každou kuličku upevníme značku s hodnotou příslušné teploty. Při určité teplotě se pak bude vznášet příslušná kulička s indexem teploty. Jedná se o obdobu teploměru komerčně vyráběného s použitím skleněných baněk, které jsou různě zatíženy obarvenou kapalinou.

### **36. Zelektrování polystyrénu třením**

Polystyrénový kvádrík (tyčku, kruh) třeme textílií a tak ji zelektrujeme. Zelektrovaný kvádrík přitahuje drobné kousky papíru.

### **37. Zelektrování kovu třením**

Zelektrování kovu třením můžeme demonstrovat třením polystyrénu a železné desky, kdy se oba předměty zelektrují. Pěknou ukázkou tohoto jevu je řezání polystyrénu pilkou, při kterém se na kovovém plátu pilky přichytí drobné kousky (drť) řezaného polystyrénu.

### **38. Elektrostatická síla**

Malé nadrcené polystyrénové kuličky necháme ležet na stole. Přiblížíme se k nim zelektrovaným tělesem. Polystyrénová drť obalí zelektrované těleso.

### **39. Rotující tyčinka**

Polystyrénovou tyčinku zavěsíme ve středu ve vodorovné poloze. Přiblížíme se zelektrovaným tělesem. Tyčinka se otáčí.

**40. Elektrostatický motor**

Polystyrénový kroužek opatřený barevným proužkem zavěsíme ve vodorovné poloze na jednu nit. Přiblížováním nabitého tělesa jej uvedeme v otáčivý pohyb.

**41. Elektrostatická polarizace**

Pod zvon vytvořený odříznutou horní částí plastové láhve uvážeme elektrostatické kyvadélko (polystyrénovou kuličku na nevodivém závěsu). Přiblížením nabitého tělesa ke stěně láhve pohneme s kuličkou kyvadélka.

**42. Magnetická síla**

Na dvě polystyrénové destičky připevníme magnety a položíme je na vodní hladinu. Magnety na sebe působí magnetickými silami vzájemného působení a přitahují se.

**43. Magnetická levitace**

Do dvou polystyrénových věnečků zapustíme magnety tak, aby po přiblížení věnečků docházelo k odpuzování magnetů a tedy i celých věnečků. Věnečky se zapuštěnými magnety je třeba stabilizovat propíchnutím vodícími dráty.

**44. Arabský kompas**

Do drážky na polystyrénovém kříži plovoucím na vodní hladině nádobky položíme zmagetovanou jehlu. Tak vznikne kompas, obdobný arabskému, kde místo jehly ležel kus magnetovce.

**45. Black and white box**

Do polystyrénové desky (kvádříku) zapustíme keramický magnet (magnety). Pak desku (kvádřík) posypeme železnými pilinami a identifikujeme místo a tvar zapuštěného magnetu. Pro odstranění železných pilin je vhodné ze zadní strany polystyrénové desky magnet vyjmout a ukázat jejich vlastnosti žákům.

**46. Kouzelné magnetické kyvadélko**

Do polystyrénového válečku na závěsu zapustíme keramický magnet. Toto kyvadélko necháme kývat nad polystyrénovou deskou se zabudovanou skupinou magnetů. Kyvadélko chaoticky kmitá ve složitém magnetickém poli.

**47. Kouzelná trubka**

Do neprůhledné plastové trubky vložíme polystyrénový váleček se zabudovaným keramickým magnetem. Trubku naplníme vodou, ve které válec s magnetem pomalu plove a trubku oboustranně pevně uzavřeme zátkami. Na vnější stěnu trubky připevníme železný kroužek (plíšek) proti magnetu. Ve svislé poloze trubky kroužek (plíšek) stoupá nahoru proti zemské tíži tažen magnetem v plovoucím polystyrénovém válci.

**48. Tepelné účinky elektrického proudu**

Mezi dvě Holtzovy svorky napneme odporový drát, který zahřejeme průchodem elektrického proudu s bezpečným napětím 6-12 V (vhodnou hodnotu nutno vyzkoušet).

Kousek polystyrénu pak tímto drátem přeřízneme. Na tomto principu je založena řezačka polystyrénu. Dbáme na odvětrávání plyných zplodin a bezpečnost práce s horkým drátem a elektrickým zařízením.

#### **49. Studené a teplé světlo**

Do jedné polystyrénové krabičky umístíme malou žárovčku a do druhé svítivou diodu. Do obou krabiček zasuneme teploměry a rozsvítíme je. Po chvíli teplota vzduchu u žárovky vzroste. Demonstrujeme tak odlišný princip vzniku světla u žhaveného vlákna žárovky a v přechodu PN u svítivé diody.

#### **50. Mezný úhel**

Středem malého polystyrénového kotoučku (průměr několik 1-2 cm) provlečeme krátkou nit, na jejíž konec zavěsíme barevný korálek. Kotouček položíme na vodní hladinu v kádince tak aby korálek visel ve vodě na niti pod kotoučkem. Délku závěsu upravíme tak, aby shora díky totálnímu odrazu nebyl korálek viditelný. Délku provázku a poloměr kotoučku můžeme změřit a použít pro výpočet mezního úhlu. Alternací je použití špendlíku se skleněnou hlavou, kterou je špendlík ponořen pod kotoučkem.

### **Literatura**

UNESCO. Základy přírodních věd v pokusech. Praha: SPN, 1971.

## **Systém pro podporu výuky prostřednictvím Internetu – eAmos**

*Ing. Michal Šerý,  
katedra fyziky PF JU  
Mgr. Milan Novák,  
katedra informatiky PF JU*

Do vývoje Internetu velmi výrazně zasáhly pracoviště, která mají velmi blízko k fyzice. Největší zásluhu na přerodu počítačové sítě, spojující téměř výhradně různá akademická pracoviště, v celosvětové médium má bezesporu CERN. Zde byly položeny zárodky WWW, tam vznikl první WWW server (1990) a první prohlížeč Mozaic (1993). Důvodem byla potřeba poskytnout široké skupině uživatelů co nejjednodušší přístup k různým formám informací (text, grafika, video, zvuk, ...). Výhody vzniklého systému si velmi záhy začali uvědomovat i ostatní uživatelé. Proto se začínají o WWW zajímat mnohé komerční subjekty a následně nastává bouřlivý rozvoj a stoupá zájem i u “laické” veřejnosti.

Univerzálnost a propojení různých forem informací předurčuje využít WWW pro vzdělávání. Zvláště přírodovědné obory mají v počítačích velmi silný nástroj pro předávání poznatků a představ dalším zájemcům. Počítač umožní například vizualizaci dějů, které není možné v reálném světě spatřit nebo pro zobrazení tohoto děje by byla zapotřebí velmi drahá aparatura. Takto může počítač sloužit jako výuková pomůcka. Na druhé straně je možné využití počítače jako řídicího prvku procesu vzdělávání. To znamená, že počítač nahrazuje ve větší či menší míře roli učitele. Ovšem přecenění této role v procesu vzdělávání by mohlo být velmi škodlivé. Využití počítače ke sebevzdělávání je podmíněno několika aspekty. Na jedné straně stojí vlastnosti příjemce vzdělávání (například motivace nebo schopnost používat počítač). Na druhé stojí vzdělávací materiály, které mají poskytnout dané “vzdělání” studentovi.

Motivace k používání počítačů je různá a vztah k nim se také vyvíjí. U dětí je většinou prvotním impulsem v používání počítače zábava. Počítač je pro ně zajímavou hračkou, která poskytuje širokou paletu různých her. Dalším krokem je využití počítače jako zdroje informací nebo jako komunikační nástroj. Dalším krokem je využití počítače jako “výrobní nástroj” (od využití počítače místo psacího stroje až po programování). Ve všech těchto rovinách může být použito počítače jako vzdělávacího nástroje.

Internet v procesu vzdělávání můžeme využívat jako knihovnu nebo použít jeho technologie pro tvorbu a správu vlastních výukových materiálů. Při využívání Internetu jako zdroje informací velmi záhy narazíme na problém jak požadované informace nalézt. K tomu nám pomáhají na jedné straně různé vyhledávače, jako například Google ([www.google.com](http://www.google.com)), Seznam ([www.seznam.cz](http://www.seznam.cz)) a mnoho dalších. Další možnost nám poskytují portály, kde jsou tématicky shromažďovány a tříděny odkazy nebo vortály. Internetová encyklopedie Webopedia ([webopedia.internet.com](http://webopedia.internet.com)) termín vysvětluje těmito slovy: “Vortál (neboli vertikální portál) je portálová webová stránka, která poskytuje informace a zdroje pro určité odvětví“. Vortálem je tedy například FyzWeb ([fyzweb.cuni.cz](http://fyzweb.cuni.cz)).

S rostoucími nároky na kvalitu pracovní síly se stává vzdělávání výnosným obchodním artiklem. Komerční vzdělávání má několik specifik. Do tohoto procesu vstupují “studenti” většinou se silnou motivací úspěšně absolvovat zvolený kurz. Důvodem je následné zvýšení své tržní hodnoty na trhu práce. Pro firmy je vzdělávání cestou ke zkvalitňování pracovní síly a tím i zkvalitňování výroby. Ovšem s rostoucími nároky na počty a kvalitu pracovníků se zkracuje perioda změn, které je třeba podchytit. To vede k tlaku na zvyšování efektivity

procesu vzdělávání. Stává se nezbytností opustit tradiční vzdělávací model učitel (lektor) a malá skupina studentů, kde studenti mají dostatečný prostor pro individuální pochopení učiva.

Zamysleme se nad rolí učitele v procesu vzdělávání jedince. Nástupem počítačů se role učitele začíná měnit. Do zhruba konce 70tých let minulého století byl učitel nezastupitelným článkem na všech stupních vzdělávání. S nástupem počítačů se tato role mění. Nikoliv však, že by se význam učitele snižoval. Dochází pouze k posílení jeho řídicí role. Tím, že počítač nahradí učitele v některých úkonech spojených se vzděláváním, uvolňuje mu prostor pro ostatní činnosti spojené s výukou. Tento trend je tím významnější, čím je motivace k samostudiu u studenta silnější. To znamená, že na základní škole je osobní kontakt s učitelem mnohem významnější než na vysoké škole.

Jednou z cest, jak zabezpečit tento trend, je právě e-learning, který dává jednotlivcům možnost přizpůsobit si tempo vlastním schopnostem a možnostem. Podobná situace je v současnosti i na vysokých školách. Jedním z rozdílů je ovšem povinnost vysokých škol poskytovat vzdělání i v ekonomicky neefektivních oborech (například vysoké náklady na vzdělání jednoho studenta). To ovšem naopak by mělo být stimulem pro zavádění e-learning



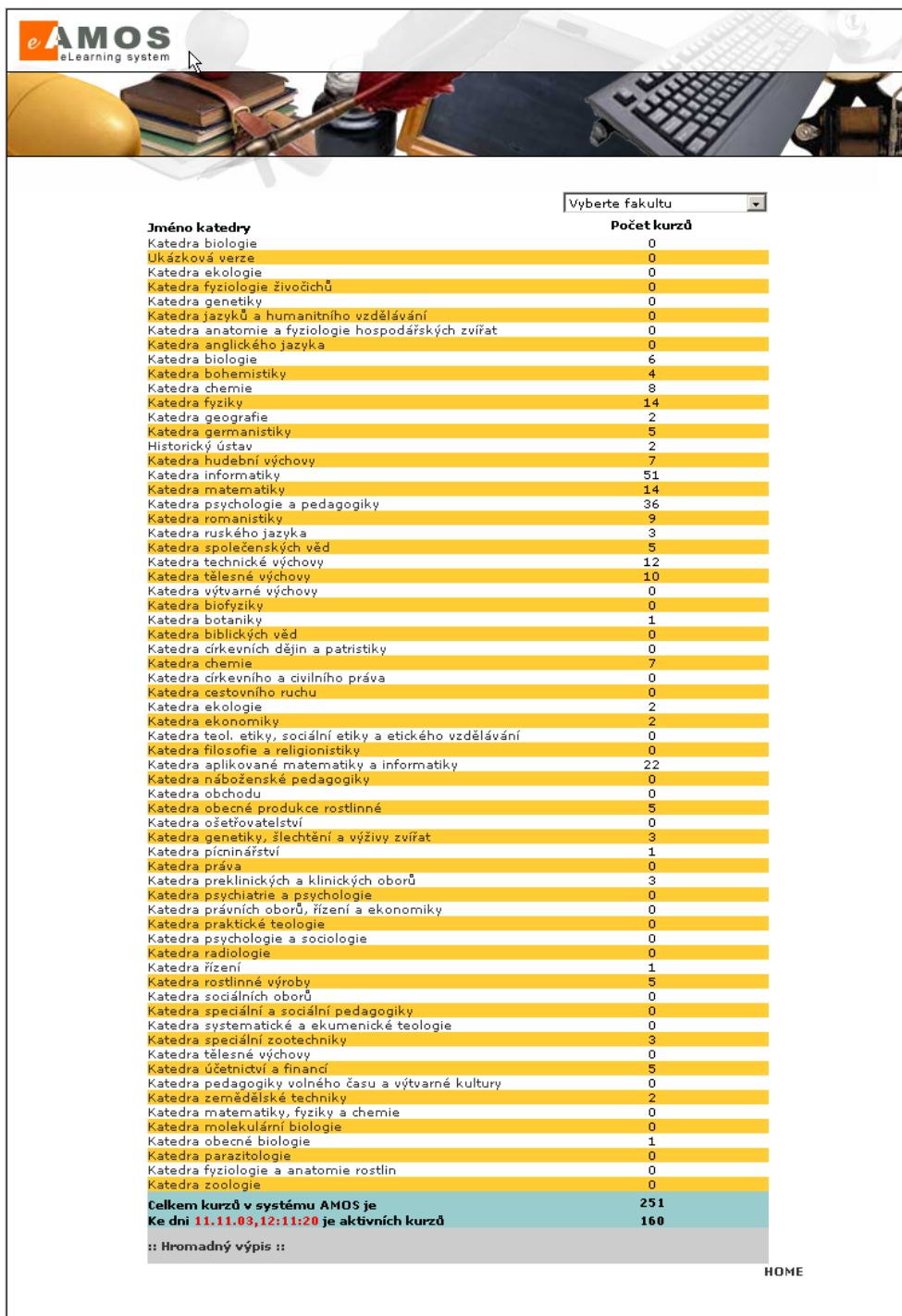
Obr. 1

technologií na vysokých školách. Jeho vhodné zavedení může vést například ke zvyšování počtu studentů bez navyšování úvazků nebo počtu učitelů.

Co rozumíme pojmem e-learning? [1] Obecně vzato se jedná o zavádění informačních technologií do procesu vzdělávání. E-learning má dvě základní formy. První formou je off-line e-learning, kdy nevzniká přímá vazba student - učitel. Jsou to vzdělávací kurzy na různých datových nosičích, na Internetu, kontakt přes e-mail a podobně. Druhou formou je



on-line e-learning a je reprezentována modelem virtuální třídy, spojení s učitelem přes chat, videokonference a podobně.



The screenshot shows the eAMOS Learning system interface. At the top, there is a header with the eAMOS logo and a navigation bar. Below the header, there is a dropdown menu labeled 'Vyberte fakultu'. The main content area displays a table with two columns: 'Jméno katedry' (Faculty Name) and 'Počet kurzů' (Number of Courses). The table lists various faculties and their corresponding number of courses. At the bottom of the table, there is a summary row for the total number of courses in the system and the number of active courses as of a specific date. A 'HOME' link is visible in the bottom right corner.

Jméno katedry	Počet kurzů
Katedra biologie	0
Ukázková verze	0
Katedra ekologie	0
Katedra fyziologie živočichů	0
Katedra genetiky	0
Katedra jazyků a humanitního vzdělávání	0
Katedra anatomie a fyziologie hospodářských zvířat	0
Katedra anglického jazyka	0
Katedra biologie	6
Katedra bohemistiky	4
Katedra chemie	8
Katedra fyziky	14
Katedra geografie	2
Katedra germanistiky	5
Historický ústav	2
Katedra hudební výchovy	7
Katedra informatiky	51
Katedra matematiky	14
Katedra psychologie a pedagogiky	36
Katedra romanistiky	9
Katedra ruského jazyka	3
Katedra společenských věd	5
Katedra technické výchovy	12
Katedra tělesné výchovy	10
Katedra výtvarné výchovy	0
Katedra biofyziky	0
Katedra botaniky	1
Katedra biblických věd	0
Katedra církevních dějin a patristiky	0
Katedra chemie	7
Katedra církevního a civilního práva	0
Katedra cestovního ruchu	0
Katedra ekologie	2
Katedra ekonomiky	2
Katedra teol. etiky, sociální etiky a etického vzdělávání	0
Katedra filosofie a religionistiky	0
Katedra aplikované matematiky a informatiky	22
Katedra náboženské pedagogiky	0
Katedra obchodu	0
Katedra obecné produkce rostlinné	5
Katedra ošetrovatelství	0
Katedra genetiky, šlechtění a výživy zvířat	3
Katedra pícninářství	1
Katedra práva	0
Katedra preklinických a klinických oborů	3
Katedra psychiatrie a psychologie	0
Katedra právních oborů, řízení a ekonomiky	0
Katedra praktické teologie	0
Katedra psychologie a sociologie	0
Katedra radiologie	0
Katedra řízení	1
Katedra rostlinné výroby	5
Katedra sociálních oborů	0
Katedra speciální a sociální pedagogiky	0
Katedra systematické a ekumenické teologie	0
Katedra speciální zootechniky	3
Katedra tělesné výchovy	0
Katedra účetnictví a financí	5
Katedra pedagogiky volného času a výtvarné kultury	0
Katedra zemědělské techniky	2
Katedra matematiky, fyziky a chemie	0
Katedra molekulární biologie	0
Katedra obecné biologie	1
Katedra parazitologie	0
Katedra fyziologie a anatomie rostlin	0
Katedra zoologie	0
<b>Celkem kurzů v systému AMOS je</b>	<b>251</b>
<b>Ke dni 11.11.03, 12:11:20 je aktivních kurzů</b>	<b>160</b>
:: Hromadný výpis ::	

HOME

Obr. 2

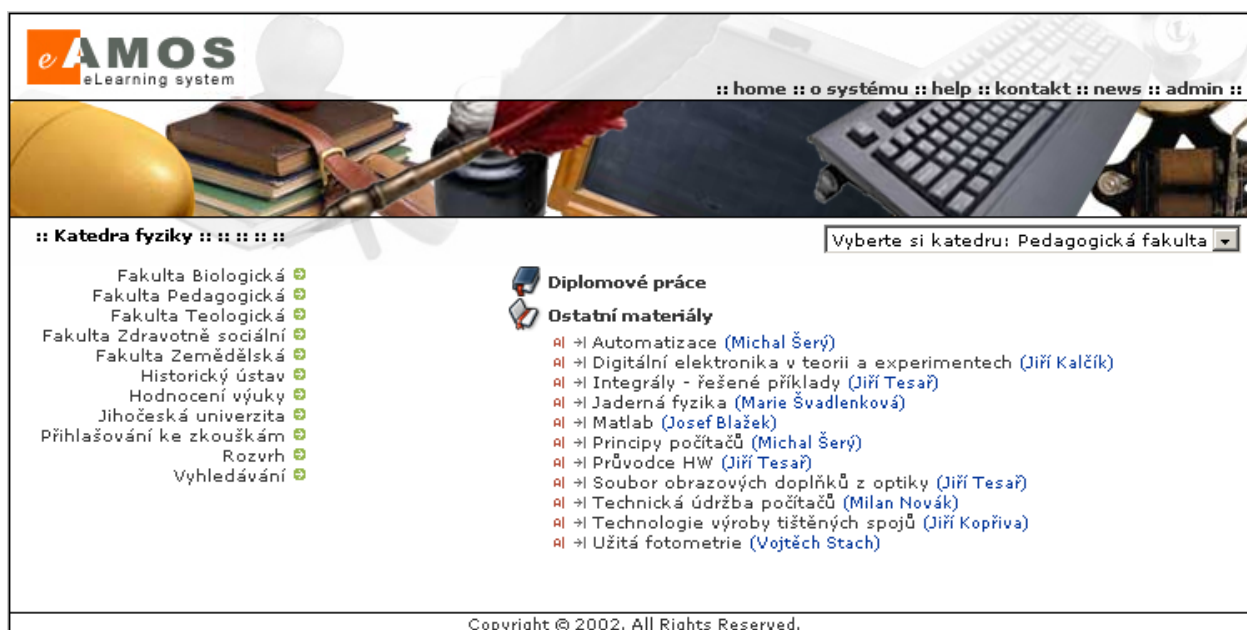
V případě, že se rozhodneme nasadit e-learning v širším měřítku, je velmi vhodné zavedení nějakého zastřešujícího informačního systému označovaného jako LMS (Learning management system). Tento systém pak umožňuje tvorbu a správu kurzů, správu všech uživatelů systému (učitelů i studentů) a řízení výuky. Projekt eAmos [www.eamos.cz](http://www.eamos.cz) (Obr. 1) je produkt vyvíjený na pedagogické fakultě. Tento projekt rozšířil své použití z pedagogické fakulty na celou univerzitu. Je to systém pro podporu výuky složený z řady modulů

realizujících jeho jednotlivé funkce a je naprogramován v PHP. Jeho cílem je poskytnout platformu pro vznik, distribuci a management elektronických kurzů na Jihočeské univerzitě. Je vytvořen tak, aby ho mohli používat i ti uživatelé, kteří nejsou do způsobu tvorby aplikací na Internetu příliš zasvěceni. Má podporovat jak prezenční, tak distanční formy studia. Hlavní myšlenkou je umožnit co největšímu počtu pedagogů vytvořit si a spravovat elektronické kurzy. Obecně se systém snaží zautomatizovat maximum práce spojené s administrací na všech úrovních, a tím ulehčit práci a minimalizovat potenciální chyby ze strany uživatelů (jak studentů, tak pedagogů).

V systému je v současnosti 160 aktivních kurzů přístupných pro studenty JU a celkem je rozpracováno 251 kurzů. Počty kurzů podle jednotlivých kateder JU je na (Obr. 2).

Student se k příslušnému kurzu dostane volbou fakulty a katedry, na které je veden autor kurzu. Volbou katedry se studentovi zobrazí seznam kurzů na zvolené katedře (Obr. 3).

Systém eAmos má několik sekcí. Základem je uživatelská sekce, která je přístupná všem uživatelům. Zde je možno zapojovat se do diskusních skupin, pomocí návodu se naučit pracovat se systémem eAmos nebo vybírat jednotlivé kurzy. Kurzy jsou přístupné studentům buď volně, nebo přes registrační heslo. Přístup přes heslo je zaveden ze dvou důvodů. Prvním je požadavek mít přehled o počtu studentů, kteří kurz užívají, nebo požadavek sledovat u konkrétního studenta jeho "průchod" kurzem. V tomto případě probíhá registrace automaticky a lektor dostane zprávu o zaregistrování e-mailem. Druhým důvodem jsou placené kurzy, při kterých nejsou materiály volně šířeny. Zde musí administrátor kurzu provést registraci "ručně".



Obr. 3

Kurzy napojené na systém eAmos můžeme rozdělit na dva typy. Prvním typem jsou kurzy již existující. Tyto kurzy je možno připojit k systému odkazem na jejich umístění na WWW. Nelze však u nich využít řídicí funkce systému eAmos. Druhým typem jsou kurzy vložené do systému. Nad nimi má systém plnou kontrolu a umožňuje různé typy řízení výuky.

Kurzy v systému eAmos jsou členěny do jednotlivých kapitol, které je možno zakončovat testy, jejichž splnění může být podmínkou postupu k další kapitole.

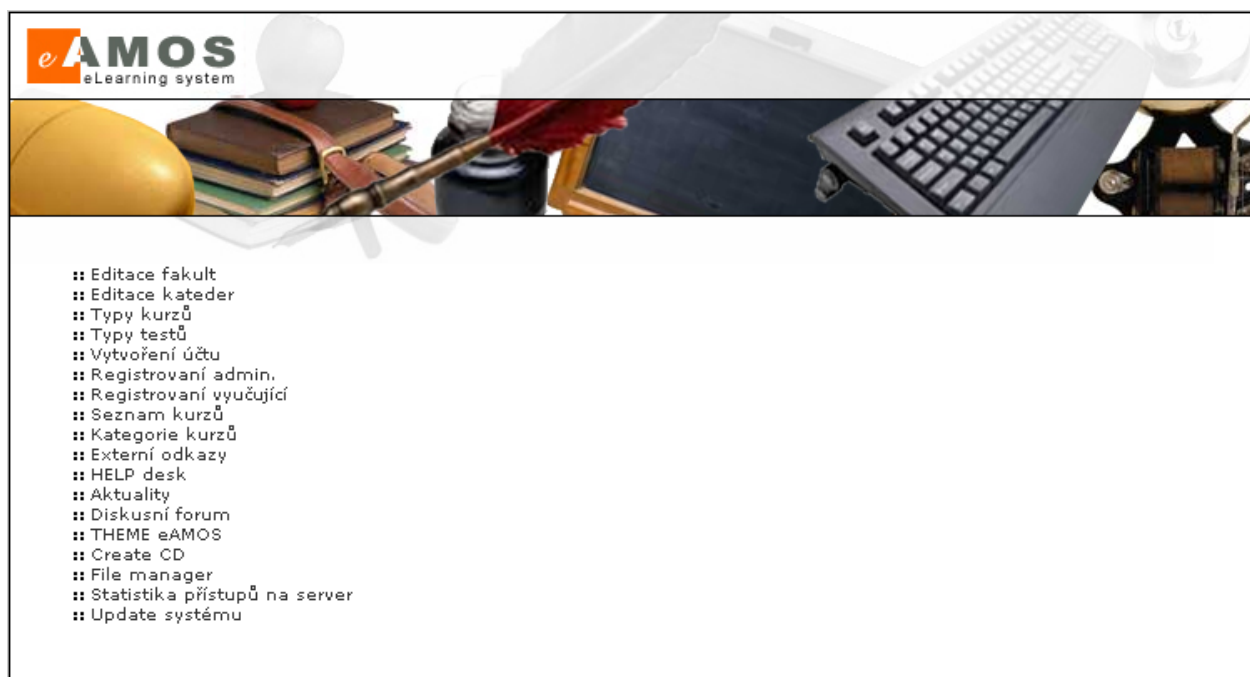
V sekci tvorby kurzů se vytvářejí jednotlivé kurzy. Nejprve je nutné si založit nový kurz. Pak je u něj možno měnit základní vzhled obrazovky, například barvy pozadí a písma.

Následuje vytvoření jednotlivých kapitol tvořících základní osnovu kurzu. Kapitoly se plní opět přes WWW rozhraní. Text lze vyplňovat do textových oken přímo nebo přes schránku z libovolného textového editoru. Dále je možno ke kapitole připojovat obrázky.

Podobným způsobem se vytvářejí i testy.

Poslední je administrátorská sekce (Obr. 4). V této sekci administrátor systému provádí administraci jednotlivých úkonů, které nelze zautomatizovat.

Systém eAmos se stal využívanou službou na JU o čemž svědčí statistika přístupů za poslední rok provozu (Obr. 5).



Obr. 4

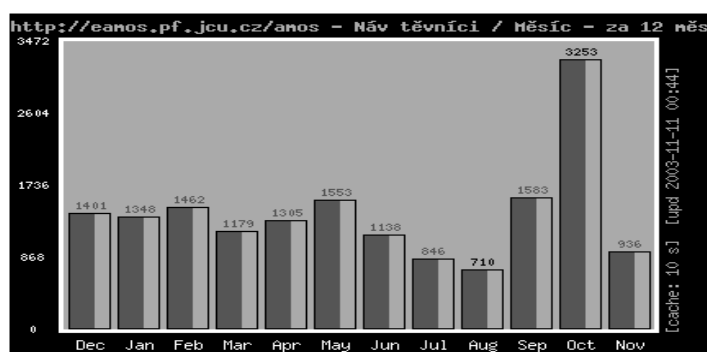
<http://eamos.pf.jcu.cz/amos> - Roční statistika

Návštěvníci/Den - za 12 měsíců

[cache: 10 s] [upd 2003-11-11 00:43]

Měsíc																															[each: 10 s] [up: 11 s] [down: 11 s]		
Prosinec	84	116	55	127	49	10	20	61	68	82	60	23	58	20	180	98	57	44	29	10	15	11	12	8	24	7	14	27	12	20	47	1 401	
Leden	13	46	43	39	43	72	90	86	75	30	11	36	47	56	52	67	39	13	15	33	39	35	44	31	15	18	59	47	39	83	32	43	1 348
Únor	25	21	50	2						20	37	61	69	108	29	16	24	161	112	86	110	77	27	29	100	97	61	80	60		61	1 462	
Březen	29	48	79	71	57	17	48	4	2	51	34	35	5	15	13	23	110	61	28	77	45	34	2		12	68	31	54	11	24	91	39	1 179
Duben	34			36	11	28	61	60	100	70	36			80	66	84	61	31	18	13	15	64	65	73	53	24	27	61	74	60	50	1 305	
Květen	8	42	29	14	41	53	64	14	47	20	29	92	76	63	59	36	29	31	96	93	77	100	97	55	17	77	35	56	36	41	26	50	1 553
Červen	18	37	34	39	45	40	15	70	46	32	50	37	38	15	36	73	59	55	67	23	15	21	42	53	47	39	35	9	14	34	38	1 138	
Červenec	34	33	40	20	20	13	42	38	85	23	30	8	14	28	93	28	37	23	13	11	31	19	23	39	15	18	7	15	17	17	12	27	846
Srpen	38	16	18	18	17	17	24	6	4	11	41	34	25	21	19	21	12	46	18	16	21	17	10	19	27	43	32	42	53	6	18	23	710
Září	41	77	61	122	64	7	20	42	70	56	30	21	31	18	47	61	83	54	34	10	31	107	46	57	28	59	45	52	117	92	53	1 583	
Říjen	137	189	145	68	49	140	114	87	143	103	69	58	96	106	143	161	158	56	60	124	105	156	100	106	56	41	103	49	105	159	67	105	3 253
Listopad	62	42	122	126	106	133	131	41	72	99	2																				85	936	
																															50	16 714	

■ Návštěvníci/Den - za 12 měsíců



Obr. 5

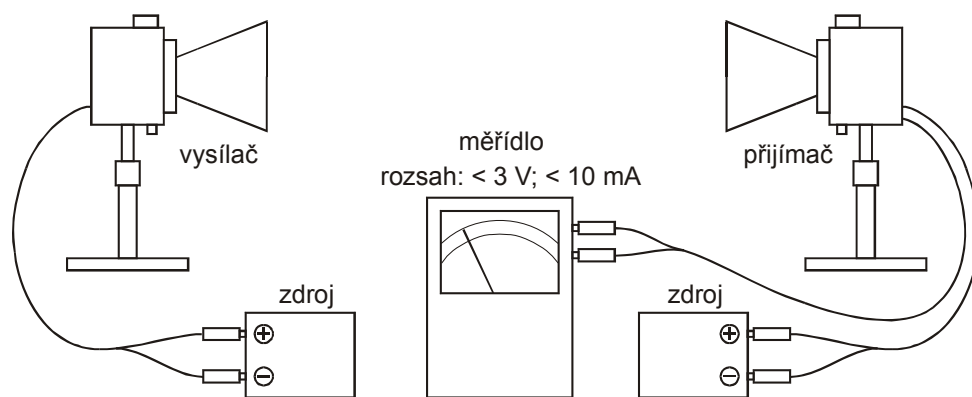
## Literatura:

- [1] Computerworld 29/2003
- webopedia.internet.com
- www.google.com
- www.cern.ch

## Demonstrace šíření zvukového a mikrovlnného vlnění

Vojtěch Stach,  
katedra fyziky, Pedagogická fakulta JU

V tomto článku chceme přiblížit několik základních pokusů se soupravou pro pokusy s mikrovlnami a s nově upravenou soupravou pro šíření zvuku. Školní souprava pro pokusy s mikrovlnami [1], jak je přesně nazván návod k pokusům, je na řadě středních škol a často se s ní nedemonstruje i když pokusy jsou jednoduché a někdy i jediné s informací o mikrovlnách s kmitočtem kolem 10 GHz. Občas totiž zlobí vysílač, což je Gunnova dioda, která je součástí monokrystalu vhodného polovodiče (GaAs), který má tu vlastnost, že při překročení určité proudové hustoty protékajícího proudu vykazuje v oblasti vedení vysokých kmitočtů záporný odpor. Připojením záporného odporu do vhodného sériového rezonančního obvodu se tento obvod rozkmitá a lze z něj odvádět vysokofrekvenční energii. Ta je vysílána anténou trychtýřovitého typu ve tvaru rotačního kužele, připojeného na kruhový vlnovod. Přijímačem je detektor ve společném pouzdře se zesilovačem na kterém je přišroubována přijímací anténa, stejná jako u vysílače. Schéma zapojení soupravy je na obr. 1.



Obr. 1.

### 1. Pokusy se soupravou pro mikrovlny

#### 1. Směrnost elektromagnetického záření

Trychtýřovité antény jsou natočeny proti sobě a současně černobilé pruhy nastaveny tak, aby výchylka připojeného měřidla byla co největší. Vysílané záření je polarizované. Při změně směru a nebo natočení kolem osy vysílací nebo přijímací antény se výchylka měřidla znatelně zmenší.

#### 2. Stáčení polarizační roviny elektromagnetického vlnění mřížkou

Na měřidle nasměrováním antén nastavíme největší úroveň příjmu, tj. největší výchylku na měřidle. Nyní vložíme mezi přijímač a vysílač kovovou mřížku tak, aby její kovové pásy byly rovnoběžné se směrem polarizace elektromagnetických vln. Výchylka na měřidle se výrazně zmenší. Při vložení mřížky je intenzita elektrického pole rovnoběžná s tyčemi mřížky a vysílané vlnění indukuje v tyčích proud. Mřížka se pak chová jako odrazová deska a měřidlo neukáže výchylku.

Dále kovovou mřížku nyní otočíme o 90°. Výchylka na měřidle se zvětší. Intenzita elektrického pole je kolmá na tyče mřížky. Nyní se indukuje jen malý proud na šířku tyčí a elektromagnetické vlnění mřížkou proniká, což ukáže měřidlo zvětšenou výchylkou. Výchylka je jen o málo menší, než při maximálním příjmu bez mřížky vůbec.

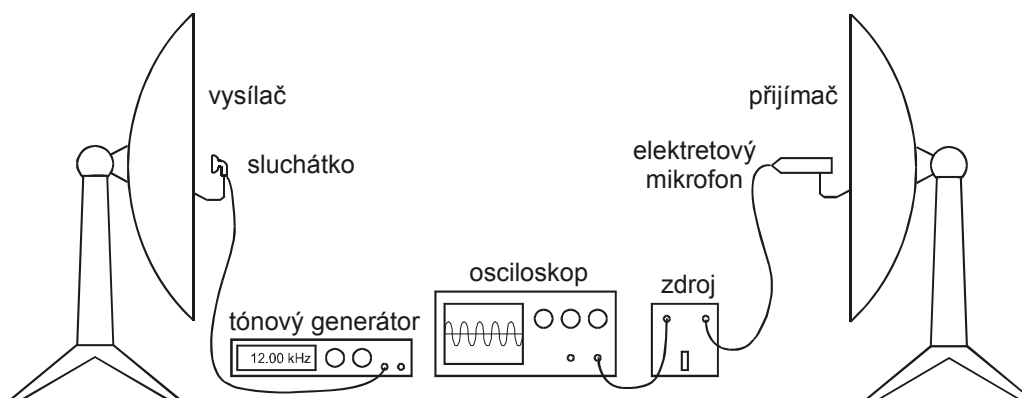
### 3. Odraz elektromagnetických vln na kovové desce

Antény přijímače a vysílače z původní souosé polohy vychýlíme tak, aby se osy ve vzdálenosti asi 1 metr protínaly pod úhlem  $60^\circ - 120^\circ$ . Do průsečíku os vložíme kovovou desku tak, aby kolmice k rovině desky půlila úhel os přijímače a vysílače. Při vychýlené poloze antén měřidlo neukazuje výchylku. Po přiložení desky v popsáném směru se výchylka obnoví. Tímto pokusem můžeme modelově demonstrovat odraz elektromagnetických vln na ionosféře.

V citované příručce [1] je ještě řada dalších pokusů, které zde dále nebudeme popisovat. Nám jde nyní především o srovnání elektromagnetických a zvukových vln, kde některé vlastnosti jsou podobné a jiné se diametrálně liší.

## II. Pokusy se soupravou pro šíření zvuku

Na katedře fyziky Pedagogické fakulty JU nás předchozí souprava pro pokusy s mikrovlnami a návštěva technického muzea v Mnichově inspirovala k sestavení několika pokusů se zvukovými vlnami. K tomu jsme využili směrových kulových antén, historického charakteru, z předchozích demonstrací na katedře fyziky s decimetrovými vlnami. Do „ohniska“ vysílače jsme umístili sluchátko z walkmanu a do „ohniska“ přijímače elektretový mikrofon. Signál z mikrofonu po zesílení přivádíme na osciloskop, obr. 2.



Obr. 2.

### 1. Demonstrace hranice slyšitelnosti zvuku

Vysílací anténu nastavíme směrem k posluchačům a tónovým generátorem měníme frekvenci vysílaného zvuku. Horní hranici zvuku udávanou v literatuře tj. 20 kHz nikdo většinou již neslyší. Úměrně věku je horní hranice slyšitelnosti 12 – 15 kHz.

### 2. Směrovost šíření zvuku

Vysílač a přijímač nastavíme souose a jejich polohu ve vodorovném směru a i příslušnou frekvenci, asi 12 kHz, nastavíme tak, aby zaznamenané vlnění na obrazovce osciloskopu mělo maximální výchylku. Pak vysílač nebo přijímač vychýlíme ze souosého postavení a amplituda vlnění na osciloskopu se výrazně zmenší.

### 3. Odraz zvukového vlnění

Vychýlené antény z předchozího uspořádání II b) nyní ponecháme a kolmo na osu úhlu, podobně jako v pokusu I 3., postavíme dřevěnou desku (asi 60 x 80 cm) a zjistíme, že amplituda vlnění na osciloskopu se opět zvětšila. Nastal odraz zvukových vln na překážce.

Za zvuk považujeme podélné mechanické vlnění vzduchu v rozsahu vnímaném sluchovým orgánem [2]. Zvukové vlnění není příčné a tedy ani polarizované [3]. Nemůžeme proto se soupravou provádět pokusy stejné jako se soupravou pro mikrovlny, tj. pokusy I 2.

S oběma soupravami lze provádět ještě pokusy se stojatými vlnami. Pro mikrovlnnou soupravu jsou popsány v [1]. Se soupravou pro zvukové vlny nastavíme kmitočet generátoru asi na 2,5 kHz a přibližováním vysílací nebo přijímací antény ve směru jejich osy zaznameneáme na osciloskopu střídavé zvětšení a zmenšení amplitudy.

### **Literatura**

- [1] Vodička, I. A kol.: Školní souprava pro pokusy s mikrovlnami, Komenium, n. p. Praha, 1985
- [2] Slavík, J.: Základy fyziky I, ČSAV Praha, 1961
- [3] Borucki, H.: Einführung in die Akustik, Wissenschaftsverlag Zürich, 1989

## Poloha slunce na zemské obloze

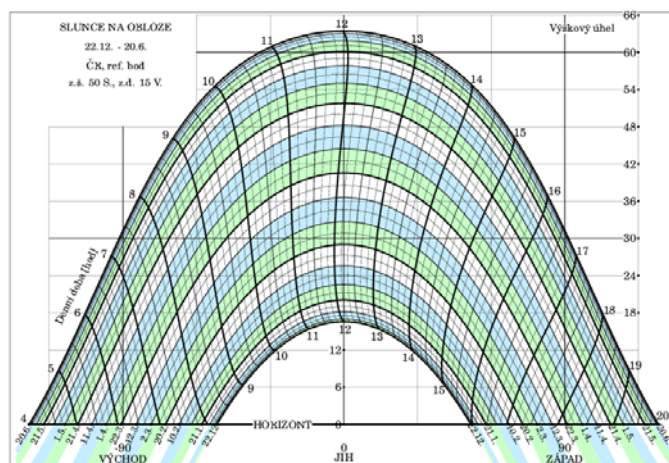
Luboš Poláček

katedra obecné fyziky

přírodovědecká fakulta

Masarykova univerzita

e-mail : lupo@physics.muni.cz



### Obsah

Řešení polohy slunce na obloze – základní údaje .....	41
Východiska řešení .....	41
Odhad přesnosti výpočtů .....	41
Časové korekce .....	41
Základní pojmy polohy slunce na obloze .....	41
Výškový úhel $h$ .....	41
Azimutální úhel $a$ .....	41
Grafy poloh slunce – základní údaje .....	42
Denní čára, hodinová čára .....	42
Obecné hodnocení grafů .....	43
Grafy poloh slunce pro referenční bod ČR .....	43
Popis dvojice základních grafů .....	43
Dvojice základních grafů pro ČR a jejich využití .....	44
Denní graf .....	46
Závislost tvaru grafu poloh slunce na zeměpisné šířce .....	46
Popis grafů .....	46
Grafy pro význačné zeměpisné šířky .....	47
Tabulky času západu slunce a další .....	47
Tabulka 1 – Základní tabulka pro ČR .....	48
Tabulka 2 – Srovnávací tabulka míst v ČR a v Evropě .....	49
Tabulka 3 - Čas východu a západu slunce v závislosti na zeměpisné šířce .....	51
Tabulka 4 – Změna času západu slunce při posunu z referenčního bodu různými směry .....	52
Tabulka 5 - Změna času západu slunce se změnou nadmořské výšky a teploty vzduchu .....	53
Tabulka 6 – Změna času západu slunce při vzestupu na věž o dané výšce nad mořskou hladinou .....	54
Tabulka 7 - Maximální denní výškový úhel slunce a roční období .....	55
Lokalizace .....	56
Stanovení zeměpisné polohy místa .....	56
Stanovení místního horizontu .....	56



## Řešení polohy slunce na obloze – základní údaje

### Východiska řešení

Řešení vychází z popisu dvou souběžně probíhajících pohybů

1. roční pohyb Země kolem Slunce po elipse v souladu s Keplerovými zákony (Slunce v ohnisku, pohyb s konstantní plošnou rychlostí)
2. denní otáčení Země kolem zemské osy s periodou 23h 56m 4s (perioda vzhledem ke hvězdám, ne ke Slunci !).

Ve výpočtu je zahrnut vliv ohybu slunečních paprsků v zemské atmosféře.

Ve výpočtu je uplatněna pouze gravitační interakce mezi Zemí a Sluncem, vliv dalších těles jako je Měsíc, Jupiter nebo Venuše zahrnut není.

### Odhad přesnosti výpočtů

Zjistil jsem, že mnou vypočtené hodnoty času západu nebo východu slunce pro polohu 50° severní šířky se od údajů uvedených v Hvězdářské ročence 2003 liší nejvýše o 1 minutu, a to během celého roku.

Doufám, že i v jiných případech je chyba přijatelná.

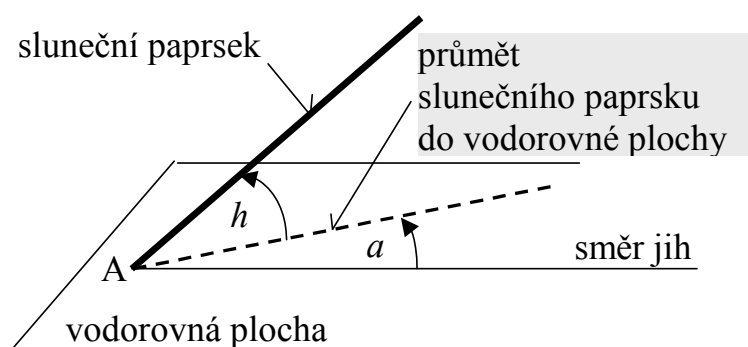
### Časové korekce

V grafech je pro celý rok používán středoevropský základní čas, není brán ohled na přechod na letní čas.

### Základní pojmy polohy slunce na obloze

Slunce pozorujeme z nějakého bodu A na zemském povrchu.

Idealizovaný zemský povrch je tvořen zemským elipsoidem. Bodem A na zemském povrchu proložíme tečnou rovinu k zemskému elipsoidu - vodorovnou rovinu. Zdánlivou polohu slunce pozorovanou z bodu A můžeme úplně určit pomocí dvojice úhlů. Je to výškový úhel  $h$  a azimutální úhel  $a$ .



### Úhly polohy slunce

$h$  výškový úhel

$a$  azimutální úhel

### Výškový úhel $h$

je úhel, který sluneční paprsek svírá s vodorovnou rovinou, úhel sevřený slunečním paprskem a průmětem paprsku do vodorovné roviny. Když je slunce na horizontu, je výškový úhel nulový, pro slunce nad horizontem je kladný.

Jedná se o výškovou polohu vzhledem k idealizovanému horizontu. Skutečný zemský povrch a skutečný horizont však bývá složitější (kopce, budovy). Idealizovanému modelu se dobře blíží situace, kdy bychom byli na moři daleko od pevniny.

### Azimutální úhel $a$

je úhel sevřený průmětem slunečního paprsku do vodorovné roviny a polopřímku ležící ve vodorovné rovině a směřující na jih; vymezuje, ze které světové strany slunce svítí.

Pro slunce svítící z jihu je azimutální úhel roven nule, pro slunce na východě má hodnotu  $-90^\circ$ , na západě  $+90^\circ$ .

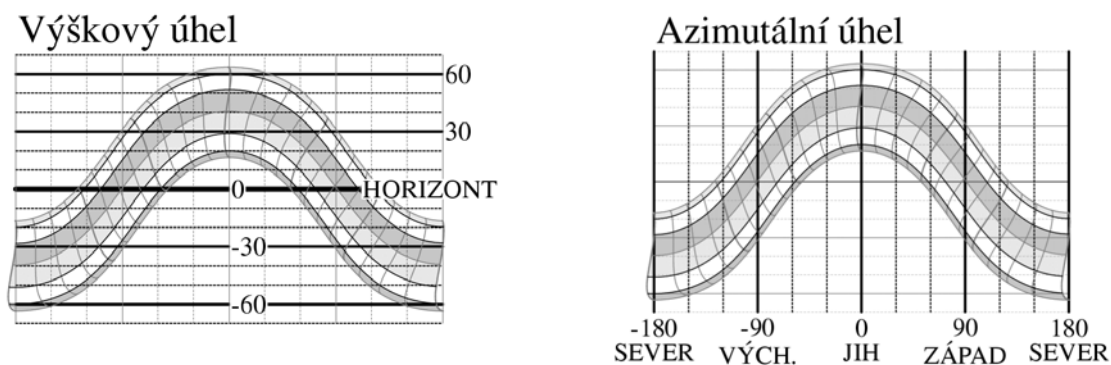
Uvedená definice polohových úhlu slunce má jedno slabé místo – případ, kdy sluneční paprsek je přesně vertikální. Pak průmětem paprsku do vodorovné roviny je bod a definice je nepoužitelná. Tomuto případu přirozeně přiřadíme výškový úhel  $90^\circ$ . Azimutální úhel však stanoven není.

Pohybuje-li se slunce z východu na západ tak, že sluneční paprsek se postupně blíží vertikále, přechází přes vertikálu, pak azimutální úhel nejprve nabývá hodnoty  $-90^\circ$  (východ) a po průchodu vertikálou se skokem změní na  $+90^\circ$  (západ); azimutální úhel tedy má při průchodu slunečního paprsku vertikálou diskontinuitu. Tato situace není hypotetická, skutečně nastává, výhradně však v tropických oblastech a to dvakrát za rok.

A nakonec skutečná viditelnost slunce a osvětlení zemského povrchu sluncem výrazně závisí na oblačnosti a ta se mění způsobem, který je obtížně předvídatelný a dlouhodobě (snad) nepředvídatelný.

### Grafy poloh slunce – základní údaje

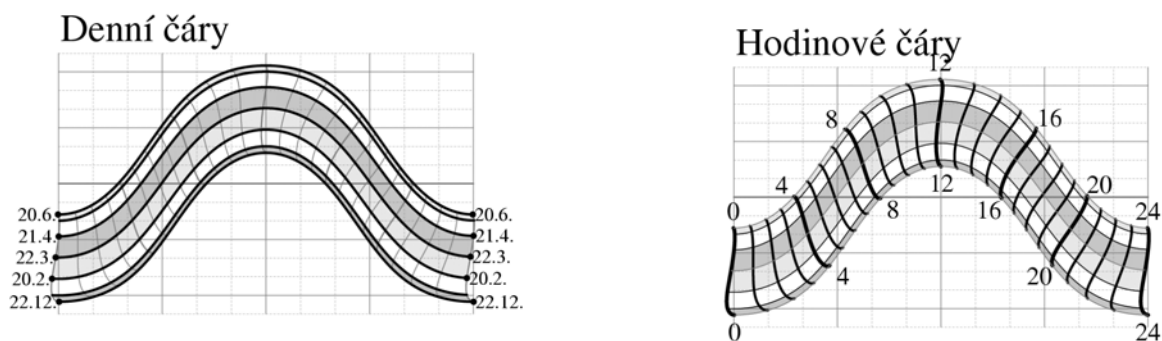
V grafu vynášíme výškový úhel na osu svislou a azimutální úhel na osu vodorovnou.



### Denní čára, hodinová čára

Poloze slunce, přesněji poloze středu slunečního kotouče na obloze v nějakém okamžiku odpovídá v grafu bod.

**Denní čára.** Množině poloh, kterými slunce prochází během celého kalendářního dne, odpovídá v grafu souvislá čára, denní čára chodu slunce. Pro různé dny v roce dostáváme různé denní čáry.



**Hodinová čára.** Na každé denní čáře můžeme vymezit body odpovídající různým denním dobám. Spojíme-li na různých denních čarách body odpovídající stejné denní době, dostaneme souvislou čáru, kterou nazýváme hodinovou čarou.

**POZNÁMKA.** Mezi denními čarami a hodinovými čarami je závažný rozdíl. Denní čáry zachycují *skutečné polohy*, ve kterých se slunce někdy nachází; hustota denních čar může být nejvýše taková, že každý den sledovaného období má v grafu svou denní čáru. Hodinové čáry jsou *pomocné čáry* pro zlepšení orientace v grafu; pouze průsečíky hodinových čar s denními čarami mají význam poloh slunce, které někdy nastanou. Hustota hodinových čar může být libovolně vysoká; aby graf byl vyvážený, volíme tuto hustotu zhruba stejnou jako hustotu denních čar.

### **Obecné hodnocení grafů**

Graf je informačně velmi bohatý. Z grafu na jediném listu papíru se dá pro dané místo na Zemi stanovit poloha slunce v kteroukoli denní dobu v období mezi dvěma slunovraty. Přitom chyba určené polohy je dána omezenou hustotou čar grafu a vlivem jevů nezahrnutých do výpočtu.

Čáry grafu jsou hladké, bez zlomů, hustota čar se mění plynule. To platí bez výjimek jen mimo tropické pásmo (viz „Závislost tvaru grafu na zeměpisné šířce“). Dále vlivem refrakce nastává nevýrazný zlom denních čar při průchodu horizontem.

### **Grafy poloh slunce pro referenční bod ČR**

Nyní uvedu skupinu grafů pro referenční bod České republiky – 50° severní šířky, 15° východní délky:

1. dvojice základních grafů zachycující polohy slunce během celého dne a během celého roku (graf pro 1. pololetí od 22.12 do 21.6, graf pro 2. pololetí od 21.6. do 22.12) + příklady užití grafů
2. jeden graf denní pro 1. pololetí zachycující polohu slunce v době slunečního dne

### **Popis dvojice základních grafů**

**Základní popis.** O půlnoci je slunce přibližně na severu, azimutální úhel  $-180^\circ$ . Pak během celého kalendářního dne azimutální úhel spojitě roste, slunce se pohybuje od severu na východ, pak v poledne je přibližně na jihu, odpoledne slunce postupuje k západu a o půlnoci opět končí přibližně na severu, azimutální úhel  $+180^\circ$ . Vývoj výškového úhlu během dne - výškový úhel od noci až do poledne spojitě roste, přibližně v poledne slunce dosahuje (denního) maxima a odpoledne a večer výškový úhel klesá až přibližně o půlnoci dosahuje minima.

Graf 1. pololetí. Pro den zimního slunovratu 22.12. je denní čára nejnižší, slunce dosahuje nejnižších hodnot výškového úhlu během celého roku. Jak postupujeme od zimního slunovratu, denní čáry se posunují směrem k vyšším hodnotám výškového úhlu až při letním slunovratu 21.6. je denní čára nejvyšší.

Graf 2. pololetí. V druhém pololetí od letního slunovratu po zimní slunovrat se denní čáry posunují opačným směrem než v 1. pololetí - od výchozí nejvyšší polohy při letním slunovratu se denní čáry posunují dolů, až při zimním slunovratu je denní čára opět nejnižší.

Denní čáry jsou v blízkosti slunovratů zhuštěné, v blízkosti rovnodennosti je hustota čar nejmenší. Hodinové čáry jsou dvojité prohnuté a to na každém grafu z uvedené dvojice v jiném směru.

Pro zlepšení přehlednosti jsou v grafech používány čáry různých tloušťek a plocha mezi denními čarami je vyplněna barevnými (šedými) pásy.

## Výškové úhly

V grafech jsou vyznačeny důležité hodnoty výškového úhlu (vesměs nekladné). Jsou to  $0^\circ$ , západ slunce, střed slunce zapadá za horizont  $-6^\circ$ , mez občanského soumraku  $-18^\circ$ , mez hvězdářského soumraku.

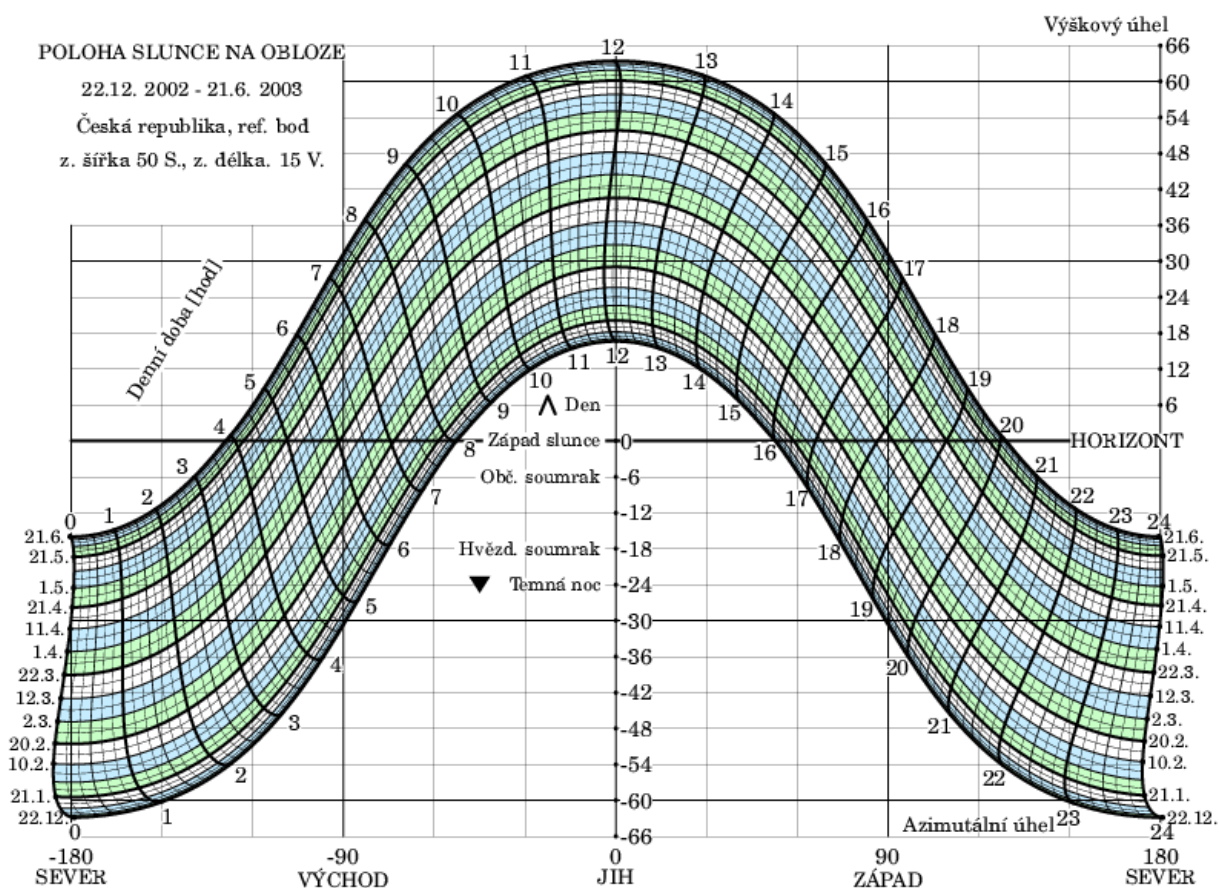
Úhlům  $0^\circ$  až  $-6^\circ$  odpovídá občanský soumrak, úhlům do  $-18^\circ$  hvězdářský soumrak. Při úhlech pod  $-18^\circ$  je temná noc; slunce je tak hluboko pod obzorem, že lze dobře provádět astronomická pozorování. V krátkém období kolem letního slunovratu temná noc vůbec nenastává.

Maximální výškový úhel  $63,4^\circ$  nastává v den letního slunovratu 21.6. Nejnižší denní maximum hodnoty výškového úhlu  $16,6^\circ$  nastává v den zimního slunovratu 22.12.

## Azimutální úhly

Azimutální úhel okamžiku západu slunce se během roku výrazně mění, dne 21.6. nabývá maximální hodnoty  $\alpha = 130^\circ$ , dne 22.12. nabývá minimální hodnoty  $\alpha = 53^\circ$ . V den letního slunovratu tedy slunce zapadá téměř na severovýchodě a může tedy „nahlédnout“ i do oken orientovaných přesně na sever, ovšem jen v tom případě, že ze severozápadu není horizont zacloněn kopci nebo budovami.

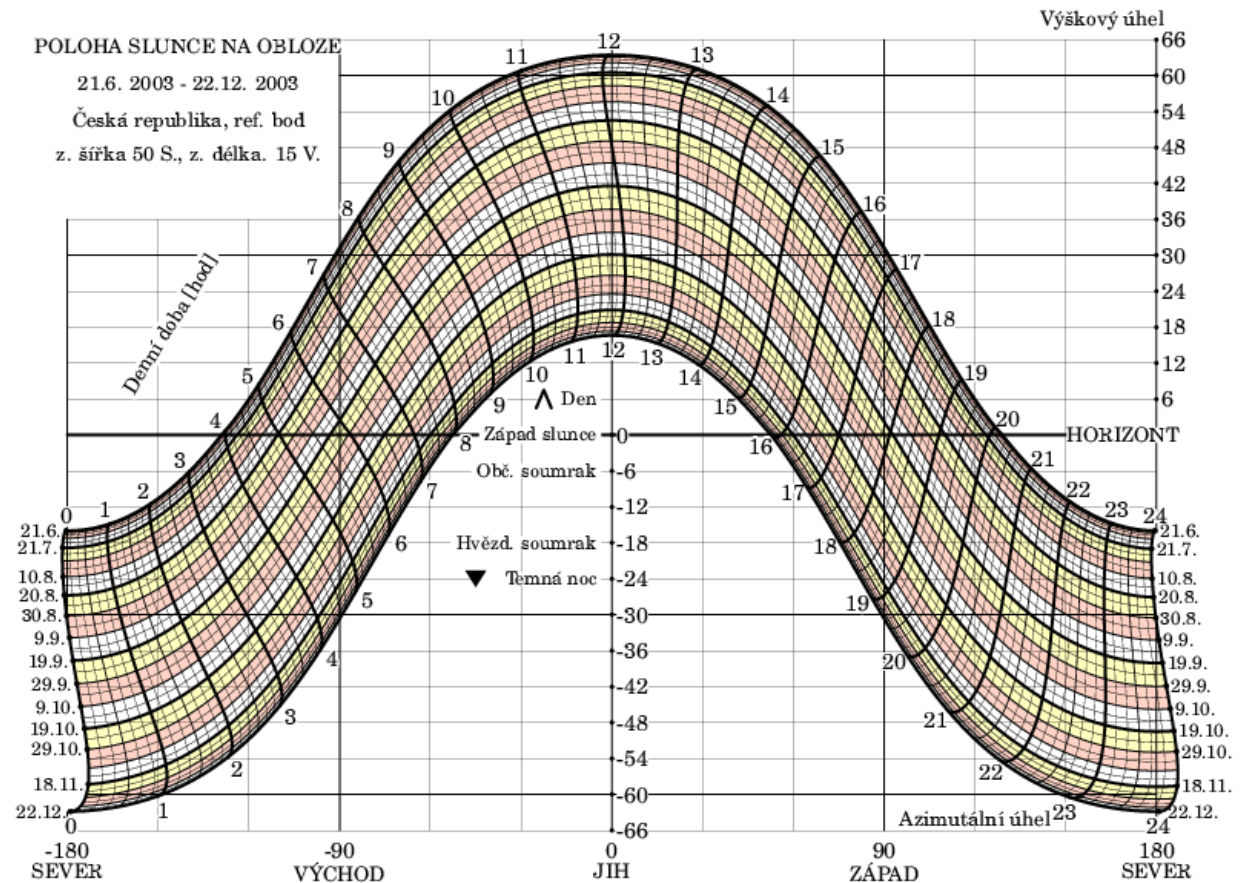
## Dvojice základních grafů pro ČR a jejich využití



PŘÍKLAD. Vstáváme obvykle v 6.30 hod a zajímá nás, od kterého dne roku bude v tomto čase alespoň částečné denní světlo. Požadavku na částečné denní světlo zhruba odpovídá výškový úhel  $-6^\circ$  (tzv. občanský soumrak). Pokud žijeme dost blízko místu se zeměpisnou šířkou  $50^\circ$  a zeměpisnou délkou  $15^\circ$ , můžeme graf použít. V grafu si najdeme hodinovou čáru pro denní dobu 6.30 hod a najdeme její průsečík se souřadnicovou čarou výškového úhlu  $-6^\circ$ . Tímto

průsečíkem prochází denní čára dne 20.2. Od tohoto data bude v 6.30 hod alespoň částečné denní světlo.

Skutečné přírodní osvětlení bude výrazně záviset na oblačnosti. Pro získání základní představy o osvětlení však použitý postup smysl má.



### Další možnosti užití grafů

Stanovení, kdy (ve které dny a v jakou denní dobu) bude slunce *svítit do okna* dané orientace, jak hluboko do místnosti (na podlaze) dosvítí. U oken orientovaných na jih platí následující. V zimě kolem poledne slunce svítí s malým výškovým úhlem hluboko do místnosti. V létě kolem poledne slunce svítí pod velkým výškovým úhlem, a proto dosvítí do malé hloubky do místnosti.

Posouzení času (dny v roce, denní doba), kdy slunce má významné *opalující účinky* na pokožku – třeba pro výškové úhly přes 30°.

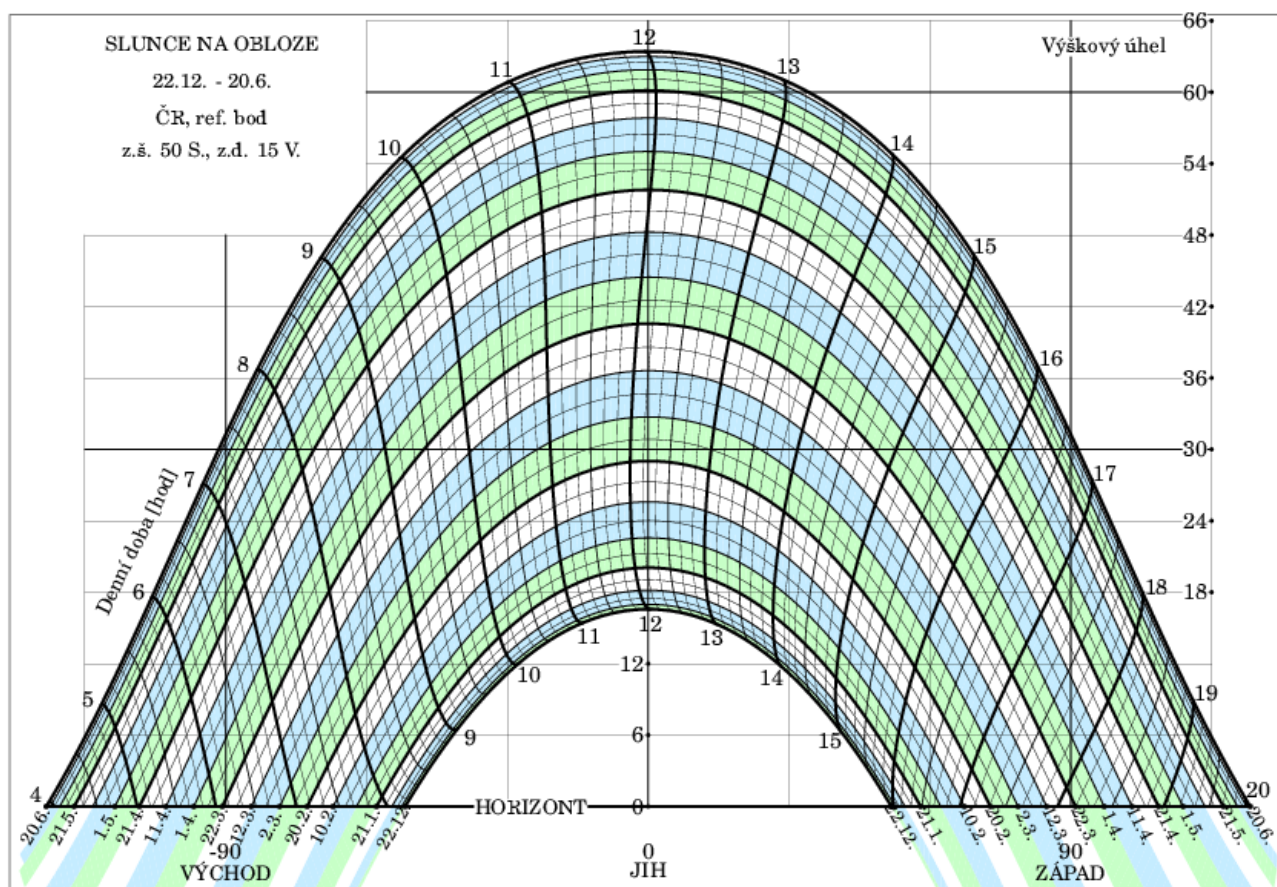
Stanovení *délky (občanského) soumraku* – doby, kdy výškový úhel slunce je 0° až -6° (slunce je 0° až 6° pod obzorem).

Graf by bylo možné užít k odhadu množství *energie dodané sluncem* na jednotku plochy vodorovné nebo různě nakloněné (zvážení výhodnosti svažitých pozemků k pěstování rostlin náročných na slunce).

A nakonec graf lze využít při *návruhu pekelného stroje*, který v určitý den slunečním světlem odpálí výbušninu – ale v kritickou dobu nesmí být slunce za mraky.



## Denní graf



Graf zachycuje pouze polohy slunce nad obzorem.

Z grafu je zjevné, jak obrovský je rozdíl ve slunečním svitu při zimním a při letním slunovratu – co se týká trvání slunečního dne a hlavně co do dosaženého výškového úhlu. Tak třeba už v 6 hod ráno při letním slunovratu je slunce na obloze výše než je maximální výškový úhel zimního slunovratu.

## Závislost tvaru grafu poloh slunce na zeměpisné šířce

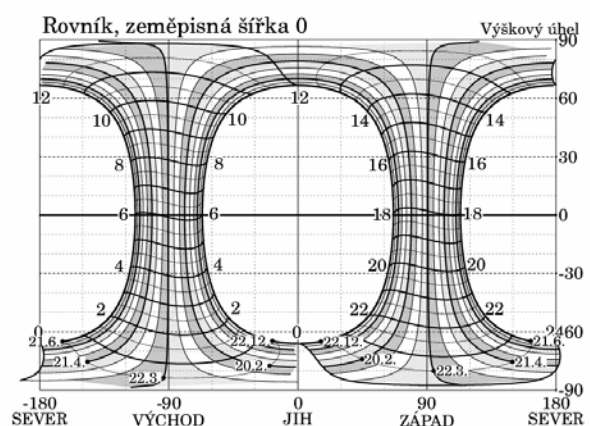
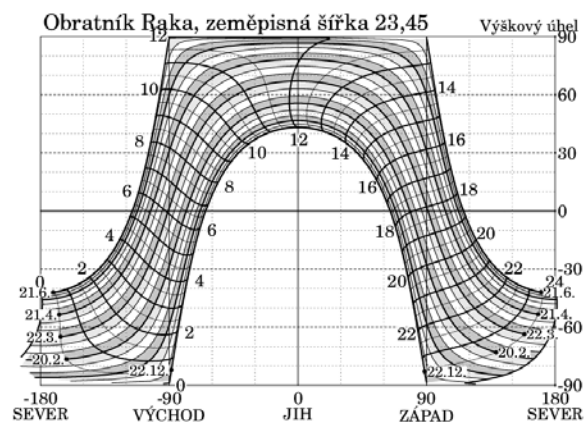
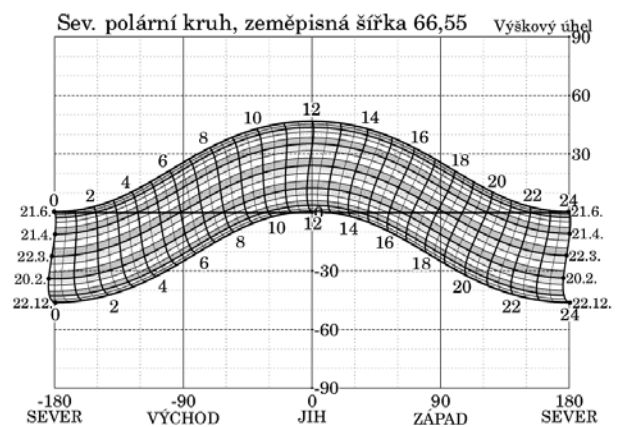
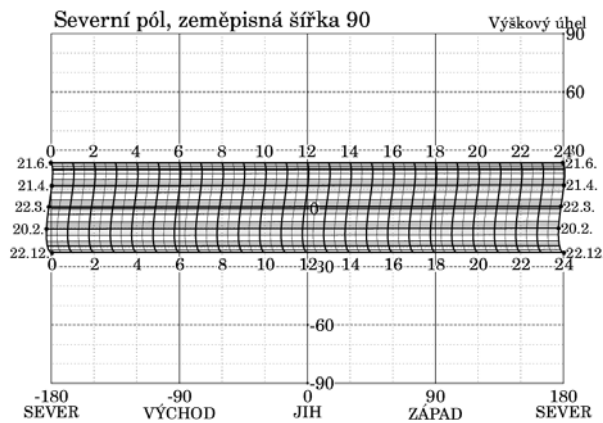
Je zajímavé sledovat, jak tvar grafu poloh slunce se výrazně mění v závislosti na zeměpisné šířce.

### Popis grafů

Zde uvádím grafy vždy pro 1. pololetí, od 22.12 do 21.6. Uvádím grafy pouze pro význačné polohy – severní pól, severní polární kruh, obratník Raka a rovník.

Pro chladný a mírný podnebný pás má graf zhruba podobu pásu o šířce  $2 \cdot \varepsilon$ , kde  $\varepsilon = 23,45^\circ$  je úhel mezi osou rotace Země a normálou k rovině oběhu Země kolem Slunce, a je zvlněn o  $\pm(90^\circ - \varphi)$ , kde  $\varphi$  je zeměpisná šířka. Přitom šíře pásu grafu  $2 \cdot \varepsilon$  je dána ročním pohybem Země kolem Slunce a výše zvlnění pásu  $\pm(90^\circ - \varphi)$  je dána denní rotací Země.

## Grafy pro význačné zeměpisné šířky



V tropickém pásmu má graf překvapující průběh, zcela jiný než pro mírný a chladný podnebný pás.

## Tabulky času západu slunce a další

Tabulky 1 až 3 zachycují čas východu slunce, západu slunce pro různé případy.

Tabulky 4 až 6 zachycují, jak se čas západu slunce změní, posuneme-li místo pozorování.

Tabulka 7 se od předchozích tabulek odlišuje; udává roční období, ve kterém denní max. výškový úhel nabývá zadané nebo vyšší hodnoty.

## Definice pojmů

Východ slunce, západ slunce – okamžik, kdy horní okraj slunečního kotouče je na obzoru, tj. výškový úhel středu slunce je asi  $-0.26^\circ$ .

Pravé sluneční poledne - okamžik, kdy je slunce přesně na jihu, azimutální úhel slunce je  $0^\circ$ .

### **Tabulka 1 – Základní tabulka pro ČR**

Význačné časy a úhly pro každý 10. den během celého roku pro referenční bod ČR - 50° severní šířky, 15° východní délky. Pro stejné místo byla základní dvojice grafů. Můžeme tedy údaje z tabulky dobře porovnávat s grafy.

Tabulka uvádí tyto údaje

*No*

Počet dní od zimního slunovratu

*Východ slunce*

Čas východu slunce, azimutální úhel východu, změna času za den

*Pravé poledne*

Čas pravého slunečního poledne, výškový úhel poledne, změna času za den

*Západ slunce*

Čas západu slunce, azimutální úhel západu, změna času za den

*Trvání dne – doba mezi východem a západem slunce*

$t/2$  - polovina trvání dne, změna za den

V tabulce můžeme sledovat, jak se význačné časy mění během roku.

Místa, kdy nastávají extrémy, jsou v tabulce zdůrazněna.

Zajímavé je, že den, kdy slunce zapadá nejdříve, a den, kdy slunce vychází nejpozději, nastávají jindy než při zimním slunovratu a jsou vzdáleny od sebe několik týdnů. Podobně i den, kdy slunce vychází nejdříve, a den, kdy slunce zapadá později, nejsou totožné.



ČR, 50° s.š.		východ slunce			pravé poledne			západ slunce			trvání dne	
No	datum	t	a	$\Delta t$ /den	t	h	$\Delta t$ /den	t	a	$\Delta t$ /den	t/2	$\Delta t/2$ /den
		h.m.s	°	s	h.m.s	°	s	h.m.s	°	s	h.m.s	s
0	22.12.	07.56.03	-53.0		11.58.22	16.6		16.00.42	53.0		04.02.20	
10	1.1.	07.58.20	-53.8	13	12.03.16	17.0	29	16.08.23	53.8	45	04.05.01	15.8
20	11.1.	07.55.24	-55.8	-17	12.07.40	18.2	26	16.20.15	55.9	70	04.12.26	43.5
30	21.1.	07.47.34	-59.1	-46	12.11.06	20.1	20	16.35.06	59.2	87	04.23.46	66.6
40	31.1.	07.35.31	-63.3	-71	12.13.17	22.6	13	16.51.39	63.4	97	04.38.04	84.0
50	10.2.	07.20.05	-68.2	-91	12.14.08	25.6	5	17.08.52	68.4	101	04.54.24	95.9
60	20.2.	07.02.05	-73.7	-106	12.13.41	29.0	-3	17.26.04	73.9	101	05.12.00	103.4
70	2.3.	06.42.15	-79.5	-117	12.12.09	32.7	-9	17.42.54	79.8	99	05.30.20	107.7
80	12.3.	06.21.13	-85.6	-124	12.09.48	36.6	-14	17.59.17	85.9	96	05.49.02	109.9
90	22.3.	05.59.34	-91.7	-127	12.06.57	40.6	-17	18.15.18	92.0	94	06.07.52	110.6
100	1.4.	05.37.49	-97.8	-128	12.03.57	44.5	-18	18.31.05	98.1	93	06.26.38	110.3
110	11.4.	05.16.29	-103.8	-125	12.01.07	48.2	-17	18.46.47	104.1	92	06.45.09	108.8
120	21.4.	04.56.06	-109.5	-120	11.58.45	51.8	-14	19.02.27	109.8	92	07.03.11	105.9
130	1.5.	04.37.15	-114.7	-111	11.57.07	55.0	-10	19.17.59	115.0	91	07.20.22	101.0
140	11.5.	04.20.37	-119.5	-98	11.56.21	57.8	-4	19.33.02	119.8	88	07.36.13	93.1
150	21.5.	04.06.54	-123.5	-81	11.56.32	60.1	1	19.46.59	123.7	82	07.50.02	81.2
160	31.5.	03.56.53	-126.6	-59	11.57.36	61.9	6	19.58.55	126.8	70	08.01.01	64.5
170	10.6.	03.51.12	-128.7	-33	11.59.20	63.0	10	20.07.50	128.8	52	08.08.19	42.9
180	20.6.	03.50.13	-129.5	-6	12.01.27	63.4	12	20.12.45	129.5	29	08.11.16	17.3
190	30.6.	03.53.53	-129.1	22	12.03.34	63.2	12	20.13.00	129.0	1	08.09.34	-10.0
200	10.7.	04.01.38	-127.4	46	12.05.18	62.3	10	20.08.26	127.3	-27	08.03.24	-36.2
210	20.7.	04.12.33	-124.7	64	12.06.20	60.7	6	19.59.22	124.5	-53	07.53.24	-58.7
220	30.7.	04.25.35	-121.0	77	12.06.27	58.6	1	19.46.24	120.7	-76	07.40.24	-76.4
230	9.8.	04.39.50	-116.5	84	12.05.34	55.9	-5	19.30.18	116.2	-95	07.25.14	-89.2
240	19.8.	04.54.37	-111.5	87	12.03.43	52.8	-11	19.11.47	111.1	-109	07.08.35	-97.8
250	29.8.	05.09.31	-106.0	88	12.01.03	49.4	-16	18.51.33	105.6	-119	06.51.01	-103.2
260	8.9.	05.24.24	-100.2	87	11.57.48	45.8	-19	18.30.12	99.9	-125	06.32.54	-106.5
270	18.9.	05.39.19	-94.2	88	11.54.16	41.9	-21	18.08.16	93.9	-129	06.14.29	-108.2
280	28.9.	05.54.22	-88.1	88	11.50.46	38.1	-21	17.46.15	87.8	-129	05.55.56	-108.9
290	8.10.	06.09.46	-82.1	90	11.47.38	34.2	-18	17.24.40	81.8	-127	05.37.27	-108.6
300	18.10.	06.25.36	-76.2	93	11.45.13	30.5	-14	17.04.01	76.0	-121	05.19.12	-107.2
310	28.10.	06.41.56	-70.6	96	11.43.47	27.0	-8	16.44.55	70.4	-112	05.01.30	-104.1
320	7.11.	06.58.32	-65.5	98	11.43.37	23.8	-1	16.28.03	65.3	-99	04.44.45	-98.3
330	17.11.	07.14.55	-60.9	96	11.44.49	21.1	7	16.14.12	60.8	-81	04.29.38	-88.8
340	27.11.	07.30.14	-57.2	90	11.47.25	18.9	15	16.04.12	57.1	-59	04.16.59	-74.3
350	7.12.	07.43.18	-54.6	77	11.51.12	17.4	22	15.58.51	54.5	-31	04.07.46	-54.1
360	17.12.	07.52.52	-53.2	56	11.55.49	16.7	27	15.58.42	53.2	-1	04.02.55	-28.5

**Tabulka 2 – Srovnávací tabulka míst v ČR a v Evropě**

Další tabulka je srovnáním času východu slunce, času západu slunce a poloviny trvání dne (čas mezi východem a západem slunce) pro letní a zimní slunovrat pro význačná místa ČR a Evropy. Za Českou republiku jsou vybrána velká města a některá města na okraji území

státu. Za Evropu jsou vybrána hlavní města všech sousedních států a některá další, ale jen v rámci pásma středoevropského času.

V tabulce můžeme sledovat, jak se význačné časy mění s posunem místa ve směru východ-západ a jak se mění při posunu sever-jih.

Sloupec „Změna západu“ udává odchylku [min] času západu slunce daného místa ve srovnání s referenčním bodem 50° sev. šířky, 15° vých. délky.

Největší hodnoty změny času západu slunce jsou +13 min pro Aš, -17 min pro Jablunkov (pro letní slunovrat). Časy západu slunce pro různá místa v ČR se tedy mohou navzájem lišit až o 30 minut, a to není málo.

N	Místo	Zem. šířka	Zem. délka	Zimní slunovrat 22.12.			Letní slunovrat 21.6.			Změna západu	
				východ	západ	t/2	východ	západ	t/2	zimní sl.	letní sl.
		°	°	h.m	h.m	h.m	h.m	h.m	h.m	m	m
1	<b>Referenční bod</b>	50.00	15.00	7.56	16.00	4.02	3.50	20.12	8.11	0	0
2	Aš	50.25	12.18	8.08	16.10	4.01	4.00	20.25	8.12	10	13
3	Brno	49.20	16.62	7.45	15.57	4.06	3.47	20.02	8.07	-3	-10
4	Broumov	50.58	16.33	7.53	15.52	3.59	3.42	20.10	8.14	-8	-2
5	Břeclav	48.77	16.88	7.42	15.58	4.07	3.48	19.59	8.05	-2	-14
6	Č. Budějovice	48.98	14.48	7.53	16.07	4.06	3.57	20.09	8.06	7	-3
7	Hradec Králové	50.22	15.83	7.53	15.56	4.01	3.45	20.10	8.12	-4	-2
8	Jablunkov	49.58	18.77	7.39	15.47	4.04	3.37	19.55	8.09	-13	-17
9	Jihlava	49.40	15.58	7.50	16.01	4.05	3.51	20.07	8.08	0	-5
10	Liberec	50.77	15.05	7.59	15.56	3.58	3.46	20.16	8.15	-4	4
11	Olomouc	49.60	17.25	7.45	15.53	4.04	3.43	20.01	8.09	-7	-11
12	Ostrava	49.83	18.28	7.42	15.48	4.03	3.38	19.59	8.10	-12	-14
13	Plzeň	49.75	13.37	8.01	16.08	4.03	3.58	20.18	8.10	8	5
14	Polička	49.72	16.27	7.49	15.56	4.03	3.46	20.06	8.09	-4	-7
15	Praha	50.08	14.42	7.58	16.02	4.01	3.52	20.15	8.11	2	3
16	Šluknov	51.02	14.45	8.03	15.58	3.57	3.47	20.20	8.16	-3	8
17	Uh. Hradiště	49.08	17.45	7.42	15.55	4.06	3.45	19.58	8.06	-6	-14
18	Ústí nad Labem	50.65	14.03	8.03	16.01	3.59	3.50	20.20	8.14	1	7
19	Vyšší Brod	48.62	14.32	7.52	16.09	4.08	3.59	20.08	8.04	9	-4
20	Zlín	49.23	17.67	7.41	15.53	4.05	3.43	19.58	8.07	-7	-15
21	Znojmo	48.85	16.05	7.46	16.01	4.07	3.51	20.03	8.05	1	-10
22	Berlin	52.50	13.37	8.15	15.54	3.49	3.43	20.33	8.25	-6	20
23	Bratislava	48.15	17.12	7.39	16.00	4.10	3.50	19.55	8.02	0	-18
24	Budapest	47.50	19.08	7.28	15.55	4.13	3.46	19.44	7.59	-5	-28
25	Kopenhagen	55.67	12.58	8.37	15.38	3.30	3.25	20.57	8.46	-22	45
26	Madrid	40.40	3.68	8.04	17.22	4.38	5.15	20.18	7.31	82	6
27	Oslo	59.92	10.75	9.18	15.12	2.57	2.53	21.44	9.25	-48	91
28	Paris	48.87	2.33	8.41	16.56	4.07	4.46	20.58	8.05	56	45
29	Roma	41.90	12.48	7.34	16.42	4.33	4.34	19.48	7.37	42	-24
30	Tunis	36.80	10.18	7.28	17.06	4.49	5	19.41	7.2	66	-31
31	Warszawa	52.25	21.00	7.43	15.25	3.51	3.14	20.01	8.23	-35	-12
32	Wien	48.22	16.33	7.42	16.03	4.10	3.53	19.58	8.02	3	-14

### Tabulka 3 - Čas východu a západu slunce v závislosti na zeměpisné šířce

Tabulka je srovnáním času východu slunce, času západu slunce a poloviny trvání dne (čas mezi východem a západem slunce) pro letní a zimní slunovrat a pro rovnodennost – pro zeměpisné šířky od rovníku až po severní pól.

Zem. šířka	Zimní slunovrat 22.12.			Letní slunovrat 21.6.			Rovnodennost 23.9.	
	východ	západ	t/2	východ	západ	t/2	východ	západ
°	h.m	h.m	h.m	h.m	h.m	h.m	h.m	h.m
0	5.54	18.02	6.03	5.57	18.05	6.03	6.03	18.10
5	6.03	17.53	5.55	5.49	18.14	6.12	6.03	18.10
10	6.12	17.44	5.46	5.40	18.23	6.21	6.03	18.10
15	6.21	17.35	5.37	5.31	18.32	6.30	6.03	18.10
20	6.30	17.26	5.27	5.21	18.42	6.40	6.03	18.11
25	6.40	17.16	5.17	5.10	18.52	6.50	6.03	18.11
30	6.51	17.04	5.06	4.59	19.04	7.02	6.03	18.11
35	7.04	16.52	4.54	4.46	19.17	7.15	6.03	18.12
40	7.18	16.38	4.39	4.31	19.32	7.30	6.02	18.12
45	7.35	16.21	4.23	4.12	19.50	7.48	6.02	18.13
50	7.56	16.00	4.02	3.50	20.13	8.11	6.01	18.13
55	8.23	15.33	3.35	3.20	20.43	8.41	6.01	18.14
60	9.02	14.54	2.56	2.35	21.28	9.26	6.00	18.15
65	10.10	13.46	1.47	0.59	23.03	11.01	5.58	18.17
70	polární noc		0	polární den		12	5.56	18.20
75	polární noc		0	polární den		12	5.53	18.24
80	polární noc		0	polární den		12	5.46	18.32
85	polární noc		0	polární den		12	5.25	18.59
90	polární noc		0	polární den		12	polární den	

Pro malé zeměpisné šířky (blízko rovníku) se čas západu slunce během roku mění jen málo. Závislost na roční době se s růstem zeměpisné šířky zvětšuje, až u nás maximální a minimální délka dne je v poměru asi 2 ku 1. V polárních oblastech pak v části roku slunce zůstává trvale pod obzorem (polární noc) a v části roku slunce zůstává trvale nad obzorem (polární den); čas západu a čas východu v tomto případě nejsou definovány.

#### **Tabulka 4 – Změna času západu slunce při posunu z referenčního bodu různými směry**

Máme grafy a tabulku časů západu slunce pro referenční bod 50° s.š, 15° v.d. Zajímá nás, jak významně se hodnoty času západu slunce mění, posuneme-li se z referenčního bodu o 100 km různými směry.

No	Místo	Zem. šířka	Zem. délka	Zimní slunovrat 22.12.			Letní slunovrat 21.6.			Změna času západu slunce	
				vých.	západ	t/2	vých.	západ	t/2	22.12.	21.6.
		°	°	h.m	h.m	h.m	h.m	h.m	h.m	m.s	m.s
0	Referenční bod	50.00	15.00	7.56	16.00	4.02	3.50	20.13	8.11	0.00	0.00
1	100 km na jih	49.10	15.00	7.51	16.04	4.06	3.54	20.08	8.06	4.07	-4.30
2	100 km na jihozápad	49.36	14.01	7.57	16.07	4.05	3.57	20.13	8.08	6.52	0.44
3	100 km na západ	50.00	13.61	8.01	16.06	4.02	3.55	20.18	8.11	5.35	5.35
4	100 km na severozápad	50.64	14.01	8.03	16.01	3.59	3.50	20.20	8.14	0.55	7.16
5	100 km na sever	50.90	15.00	8.00	15.56	3.58	3.45	20.17	8.16	-4.19	4.44
6	100 km na severových.	50.64	15.99	7.55	15.53	3.59	3.43	20.12	8.14	-6.58	-0.37
7	100 km na východ	50.00	16.39	7.50	15.55	4.02	3.44	20.07	8.11	-5.35	-5.35
8	100 km na jihovýchod	49.36	15.99	7.49	15.59	4.05	3.49	20.05	8.08	-1.01	-7.09

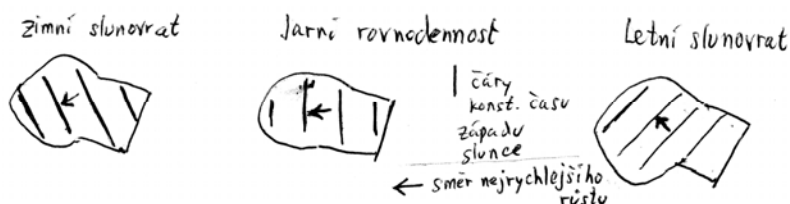
Sledujeme-li v den letního slunovratu čas západu slunce, pak  
posun na západ o 100 km způsobí změnu asi o 5m 35s,  
posun na sever o trochu méně 4m 44s,  
posun na severozápad dokonce o 7m 16s.  
naopak posun na jihozápad způsobí změnu jen o 44s.

Pro malé posuny platí

1. Posun opačným směrem má (na čas západu slunce) opačný vliv – tak třeba posun na jih má opačný vliv než posun na sever
2. Posun obecným směrem můžeme vyjádřit jako složení posunů základními směry západ a sever; vliv takového posunu je součtem vlivů posunů základními směry
3. Kolikrát se zvětší posuv, tolikrát se zvětší jeho vliv

Důsledek posunu na západ (východ) je po celý rok stejný, důsledek posunu na sever (jih) se během roku výrazně mění : změna času západu slunce při posunu na sever (jih) je poblíž letního slunovratu maximální kladná (záporná), poblíž zimního slunovratu maximální záporná (kladná), v ostatním čase je menší a kolem rovnodennosti je zhruba nulová.

Pokud bychom chtěli názorně vyznačit doby západu slunce na celém území státu, pak můžeme vykreslit čáry (zhruba přímky) konstantního času západu slunce, třeba s krokem 5 minut. Tyto čáry by měly směr zhruba na severovýchod (směr, ve kterém se čas západu téměř nemění) při letním slunovratu, zhruba na jihozápad při zimním slunovratu a směr na sever při rovnodennosti.



### Jak velká změna zeměpisné polohy se v grafu / tabulce projeví?

V grafu lze poznat změnu časového údaje asi 1 min. V tabulkách jsou údaje uváděny na minuty nebo na sekundy. Proto nejmenší změna patrná v tabulce je 1min nebo 1s.

Tabulka uvádí, o jakou vzdálenost se musíme posunout, aby doba západu slunce pro den 21.6. se změnila o 1 minutu, o 1 sekundu.

### Zapadající slunce a let letadlem

Pokud bychom letěli vhodnou rychlostí bude se nám zapadající slunce jevit stále ve stejné poloze na obzoru. Rychlost potřebná pro den 21.6. a různé směry je uvedena v posledním sloupci tabulky; přitom se předpokládá, že výška letu je neměnná. Rychlost 832 km/h uvedená pro směr severozápad je běžně dosažitelná dopravními letadly.

Místo 50° s.š., 15° v.d., datum 21.6. – letní slunovrat

Směr posunu	Posunutí pro změnu západu slunce		Rychlost k dosažení slunce
	o 1 min	o 1 s	
	km	m	km / h
posun na západ	17.9	299	1075
posun na severozápad	13.9	231	832
posun na sever	21.6	361	1299

### Tabulka 5 - Změna času západu slunce se změnou nadmořské výšky a teploty vzduchu

Místo 50° s.š., 15° v.d., datum 21.6. – letní slunovrat

	Nadm. výška, teplota	Čas východu	Změna proti ref.	Čas západu	Změna proti ref.
		h.m.s	s	h.m.s	s
<b>Ref. podmínky</b>	200m, 15°C	03.50.22		20.13.00	
změna +500m	700m, 15°C	03.50.40	18	20.12.42	-18
změna +1000m	1200m, 15°C	03.50.56	34	20.12.25	-35
<b>Ref. podmínky</b>	200m, 15°C	03.50.22		20.13.00	
změna -20°C	200m, -5°C	03.50.10	-12	20.13.12	12
změna +20°C	200m, 35°C	03.50.32	10	20.12.49	-11

Předpokládáme, že horizont je v téže nadmořské výšce jako sledovaný bod zemského povrchu. Úplně jiná je situace, kdy sledovaný bod je vyvýšen nad úroveň horizontu – tím se zabývá tabulka následující.

Jde o to, že se změnou nadmořské výšky nebo se změnou teploty se mění míra ohybu slunečních paprsků v zemské atmosféře (refrakce).

Se vzestupem do vyšší nadmořské výšky se vliv refrakce zmenšuje a západ slunce pro letní slunovrat nastává dříve – asi o 3,5 s na každých 100 m vzestupu.

S poklesem teploty se zvyšuje hustota vzduchu, zvětšuje vliv refrakce a západ slunce pro letní slunovrat nastává později – asi o 0,6 s na každý °C ochlazení.

POZNÁMKA. Celkově slunce zapadá vlivem refrakce asi o 4 - 5 min později.

**Tabulka 6 – Změna času západu slunce při vzestupu na věž o dané výšce nad mořskou hladinou**

Místo 50° s.š, 15° v.d., datum 21.6. – letní slunovrat

$h$	Změna času západu slunce dne 21.6.
m	s
0	0
1	16
2	22
5	35
10	49
20	70
50	110
100	156
200	221

Předpokládáme, že ideální horizont je v základní výšce 0 m a sledované stanoviště je vyvýšeno do výšky  $h$ . Na vyvýšeném místě nastane západ slunce později, a to o poměrně značnou dobu. Závislost je výrazně nelineární – se zvětšováním výšky věže se čas západu slunce posunuje pomaleji a pomaleji.

### Tabulka 7 - Maximální denní výškový úhel slunce a roční období

Sledujeme, jaké maximální hodnoty nabývá výškový úhel slunce během dne a zjišťujeme roční období, ve kterém max. denní výškový úhel nabývá zadané nebo vyšší hodnoty.

V tabulce jsou nahoře uvedeny zeměpisné šířky. O řádek níže jsou uvedeny minimální roční hodnoty, kterých max. denní výškový úhel v dané zeměpisné šířce může nabýt. V dalších řádcích jsou uvedeny další možné hodnoty max. denního výškového úhlu (pro příslušnou zeměpisnou šířku) a v posledních dvou sloupcích nadepsaných Od Do je uvedeno roční období, ve kterém max. denní výškový úhel nabývá zadané nebo vyšší hodnoty.

Tak například pro zeměpisnou šířku 50° minimální roční hodnota max. denního výškového úhlu je 16,6° a nastává dne 22.12., max. denní výškový úhel nabývá hodnoty 18° a více v období 10.1 až 2.12. , hodnoty 20° a více v období 21.1. až 21.11. ....

Zeměpisná šířka							Zadaného nebo vyššího výškového úhlu slunce dosahuje v období	
30°	40°	50°	60°	70°	80°		Od	Do
36.6	26.6	16.6	6.6	-3.4	-13.4		22.12.	
38	28	18	8	-2	-12		10.1.	2.12.
40	30	20	10	0	-10		21.1.	21.11.
42	32	22	12	2	-8		29.1.	13.11.
44	34	24	14	4	-6		5.2.	6.11.
46	36	26	16	6	-4		12.2.	30.10.
48	38	28	18	8	-2		18.2.	24.10.
50	40	30	20	10	0		23.2.	19.10.
52	42	32	22	12	2		1.3.	13.10.
54	44	34	24	14	4		6.3.	8.10.
56	46	36	26	16	6		11.3.	3.10.
58	48	38	28	18	8		16.3.	28.9.
60	50	40	30	20	10		21.3.	23.9.
62	52	42	32	22	12		26.3.	17.9.
64	54	44	34	24	14		31.3.	12.9.
66	56	46	36	26	16		5.4.	7.9.
68	58	48	38	28	18		11.4.	1.9.
70	60	50	40	30	20		16.4.	27.8.
72	62	52	42	32	22		22.4.	21.8.
74	64	54	44	34	24		28.4.	15.8.
76	66	56	46	36	26		5.5.	8.8.
78	68	58	48	38	28		12.5.	1.8.
80	70	60	50	40	30		21.5.	23.7.
82	72	62	52	42	32		1.6.	11.7.
83.4	73.4	63.4	53.4	43.4	33.4		21.6.	

Maximální denní výškový úhel

## Lokalizace

### Stanovení zeměpisné polohy místa

Abychom pro nějaký bod zemského povrchu mohli vytvořit graf poloh slunce, potřebujeme pro toto místo zjistit zeměpisnou šířku, zeměpisnou délku místa, referenční poledník časového pásma a nadmořskou výšku.

V České republice a ve velké části Evropy se používá středoevropský čas, kterému odpovídá referenční poledník  $15^\circ$  východní délky.

Pro města a obce ČR, i malé, lze zeměpisnou šířku a délku s přesností na  $0,01''$  ( $0,2$  m) najít na internetu na adrese <http://mapy.atlas.cz> ; není však udáno, o jaké místo v obci se jedná.

Pro velká a středně velká města ve světě lze najít zeměpisné polohy na <http://www.astro.com/atlas/>

Určení zeměpisné polohy míst mimo lidská sídla a přesné určení poloh konkrétních míst ve velkých městech tak snadné není. V tom případě je možné použít následující postup.

Známe zeměpisnou polohu nějakého místa na mapě. Může se jednat o polohu hvězdárny v našem městě nalezenou v hvězdářské ročence nebo prostě jen o průsečík poledníku a rovnoběžky na mapě s velkým měřítkem. Na mapě (plánu města) odečteme vzdálenost od vztázného bodu k místu, jehož zeměpisnou polohu chceme určit. Podle měřítka mapy si vzdálenost na mapě převedeme na vzdálenost ve skutečnosti a tu si pak převedeme na změnu zeměpisných souřadnic vzhledem ke vztáznému bodu. Převod závisí na zeměpisné šířce – pro směr sever-jih mírně a pro směr východ-západ výrazně. Uvádím převodovou tabulku použitelnou pro místa v ČR.

Zeměpisná šířka	Směr sever	Směr západ
$^\circ$	km / $^\circ$	km / $^\circ$
48.5	111.20	73.90
49	111.21	73.18
49.5	111.22	72.44
50	111.23	71.70
50.5	111.24	70.95
51	111.25	70.20

Přesná lokalizace grafu je poněkud znevážena tím, že obvykle vůbec nezjišťujeme tvar našeho místního horizontu.

### Stanovení místního horizontu

#### Pojem místního horizontu

Na grafu je horizont rovná čára ve výškovém úhlu  $0^\circ$ . Bylo by možné zakreslit si do grafu skutečný místní horizont, tak jak odpovídá pohledu z našeho okna (z naší zahrady). K tomu bychom potřebovali zjistit azimutální a výškové úhly objektů tvořících skutečný místní horizont – blízký kopec, střecha sousedova domu, ... Pak bychom z grafu byli schopni určit, ve které dny a v jaké denní doby slunce vystoupí nad místní obzor, kdy bude naše okno (naše zahrada) osvětleno sluncem a kdy bude zastíněno.

#### Empirické určení místního horizontu

Pro trpělivého pozorovatele nemusí být cesta k určení místního horizontu až tak obtížná. Stačí, aby si vždy, když zjistí, že slunce právě vychází nebo zapadá za místní horizont (kopec,



komín, budovu), zapsal den a denní dobu takové události a tvar/typ objektu. A jednoho dne, po roce nebo několika letech pozorování, si tyto pozorované body vynese do grafu poloh slunce pro své místo a vhodně tyto body pospojuje.

Druhou možností je mít/půjčit si přístroj k určování úhlové polohy. Pak je možné vyměřit si místní horizont během několika desítek minut.

#### **Teoretické určení místního horizontu**

Když pro plánovanou stavbu a určité místo v jejím okolí výpočtem určíme tvar místního horizontu, který tato stavba vytvoří, můžeme posoudit zastínění pozemků a existujících domů plánovanou stavbou.

#### **Práce s počítačem**

Vlastní výpočet je dělán v Excelu, graf ze zdroje vytvořeného v Excelu je tvořen v grafickém programu Metapost.

#### **Literatura**

[1] Hvězdářská ročenka 2003, Praha 2002

- zdroj vstupních údajů pro výpočet, význačné okamžiky roku 2003 a konstanty pro výpočet

- dále pro kontrolu správnosti mnou vypočtených údajů

[2] J. Brož, V. Roskovec, M. Valouch : Fyzikální a matematické tabulky

- odsud přebírám některé důležité konstanty pro výpočet

## Pár věcí z tábora 6

LEOŠ DVOŘÁK

Matematicko-fyzikální fakulta UK Praha

Cílem tohoto příspěvku je podělit se o některé náměty a zkušenosti z projektů realizovaných na tradičním soustředění pro budoucí učitele fyziky na Malé Hrašticí v květnu 2003 a na letním matematicko-fyzikálním soustředění pro středoškoláky (červenec 2003, Nekoř). Bližší informace o obou soustředěních lze najít na webu (viz [1]). Hlavním odborným tématem obou soustředění letos byly **Síly a interakce**.

### Síly – téměř nevyčerpatelný zdroj námětů na projekty

Většina projektů na obou soustředěních se týkala sil. A již při přípravě se ukázalo, že jde o téma, v němž lze účastníkům nabídnout doslova desítky námětů, co konstruovat a zkoumat.

Na hraštickém soustředění tak třeba účastníci mimo jiné konstruovali vznášedlo z CD, malou Heronovu fontánu či Barlowovo kolečko, měřili pružnost dřeva, pevnost stonků rostlin a dalších biologických materiálů, rychlost broku balistickým kyvadlem i střílením do hranolku, zkoumali tvar řetězovky, ověřovali vztahy pro tření (víte třeba, jaký vztah platí pro tření lana namotaného kolem kůlu?). Já sám jsem zkoušel, jak změřit sílu, jíž je napnuta struna na kytarě a hledal odpověď na otázku, proč Heronova fontána nestříká zdaleka tak vysoko, jak by teoreticky měla. Vedlo to k měření viskozity vody, odchylek od Poiseuillova zákona apod. – ale o tom blíže až někdy jindy. Navíc jsme vyslechli zajímavou přednášku o tom, proč a jak působí silou naše svaly (a proč se tedy unavíme, i když něco jen držíme a nekonáme práci) – a vůbec to bylo na Hrašticí tradičně zajímavé a pěkné, za což všem zúčastněným patří dík.

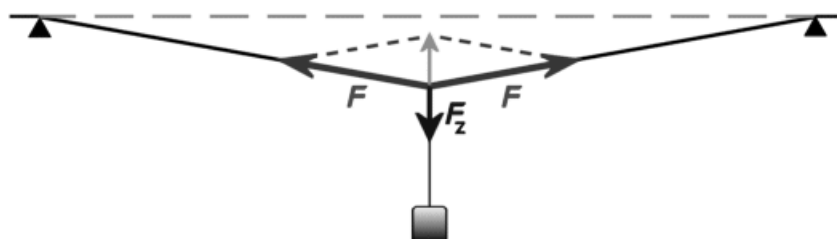
O rozmanitosti nabídky témat svědčí i (neúplný) výčet *realizovaných* projektů na letním soustředění pro středoškoláky: • *Vznášedlo* (řešitelé Dan Balaš, Martin Cetkovský a Jakub Míšek, konzultant projektu Antonín Řehák), • *Diamagnetika* (včetně magnetické levitace, řešitelé Tomáš Javůrek a Ondřej Švec, konzultant Zdeněk Polák), • *Fontány* (řešitelé Petr Polák a Vít Zajac, konzultantka Andrea Marenčáková), • *Pohyb v odporujícím prostředí* (řešitelé Jan Pušman a Miroslav Rypka, konzultant Vojtěch Kapsa), • *Váhy* (řešitelky Marcela Hrdá a Pavlína Teturová, konzultantka Andrea Marenčáková), • „*Stěhování soch*“ (šlo o způsob, jak vyvinout velkou sílu, abyste mohli třeba pohnout sochou na Velikonočním ostrově ☺, řešitel Radek Šachl, konzultant Martin Švec, po jeho odjezdu Mirek Jílek), • *Balistické kyvadlo* (řešitelé Kamil Daněk a Filip Dvořák, konzultantka Andrea Marenčáková), • *Síly ve dřevě* (řešitelé Michael Hapala a Karel Havlíček, konzultant Mirek Jílek), • *Setrvačníky* (řešitelé Kamil Al Jamal a Lukáš Severa, konzultant Mirek Jílek), • *Elektrostatická levitace* (řešitelé Martin Pokorný, David Streibl a Jan Mužík, konzultant Peter Žilavý), • *Heronova fontána* (řešitel Štěpán Šembera, konzultant Leoš Dvořák), • *Rychlost pádu kapek* (řešitelky Ela Bělohávková, Ludmila Kadlecová a Jana Kubincová, konzultantka Věra Koudelková), • *Van de Graafův generátor* (řešitel Daniel Tekverk, konzultant Peter Žilavý) a • *Povrchové napětí* (řešitelé Jiří Dvořák a Jan Pokorný, konzultant Leoš Dvořák). Poděkovat je nutno i konzultantům dalších teoretičtějších a matematických projektů Vojtěchu Kapsovi a Lukáši Poulovi. Díky všem zúčastněným se projekty opravdu vydařily a na závěrečné konferenci bylo na soustředění co zajímavého předvádět. Snad se časem podaří publikovat pro zájemce třeba na webu bližší popis některých řešení a výsledků. V tomto příspěvku bych chtěl stručně popsat tři z projektů, na nichž jsem se podílel.

## Jakou silou je napnutá kytarová struna?

Zajímavý projekt může vzniknout i ze zcela jednoduché otázky. Například jakou sílu musí vydržet krk kytary, tedy jak velkou silou jsou na něm napnuty struny. Samozřejmě bychom si to mohli někde přechíst, ale fyzika (fyzikem míním pro tuto oblast zapáleného člověka od deseti do sta let) láká možnost zjistit to vlastním měřením. Ovšem štípat kvůli tomu strunu a vázat na uštípnuté konce siloměr asi není to pravé řešení. Naštěstí to jde i mnohem jednodušeji – a je to přitom dobrá ilustrace rozkladu sil, přístupná snad i žákům, kteří se se silami začínají teprve seznamovat.

### Základní princip a možnosti, jak zpřesnit měření

Princip měření je jednoduchý: v polovině její délky táhnout strunu siloměrem nebo závažím do strany, ve směru kolmém ke struně. A změřit, o kolik ji vychýlíme.



Obr. 1. Vychýlení struny tahem do strany – rozklad sil

Obrázky 1. a 2. ukazují, jak se v tomto případě skládají síly a umožňují odvodit pro sílu, jíž je struna napínána, jednoduchý vztah

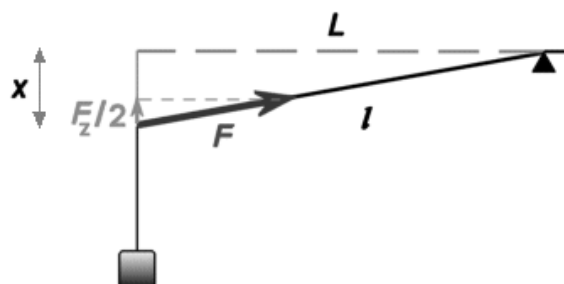
$$F = F_z \frac{L}{2x},$$

kde  $F_z$  je tíha závaží táhnoucího strunu do strany (resp. síla, kterou odečteme na siloměru, jímž strunu táhneme),  $x$  je výchylka struny a  $L$  polovina délky struny. Poznamenejme, že při tomto jednoduchém odvození nerozlišujeme původní délku  $L$  a

délku  $l$  po protažení. Právě tak zatím nepřihlížíme k tomu, že ve struně, kterou táhneme stranou, se síla poněkud zvýší (právě proto, že se struna protáhla).

Jak měřit? K rychlému orientačnímu měření stačí táhnout strunu siloměrem a výchylku odečítat pravítkem. Snadno tak zjistíme, že kytarové struny jsou napnuty silou přes 50 N. (V konkrétním případě to byly síly v rozmezí 70 až 110 N.) Pro přesnější měření se ukázalo vhodnější táhnout strunu závažím (které může „v polních podmínkách“ zastoupit třeba kelímek s vodou). Při držení siloměru se totiž většině lidí chvěje ruka, neustále je nutno kontrolovat, že táhneme správnou silou a měření není příliš přesné. Se závažím je to pohodlnější a přesnější.

Zpřesnit lze i odečítání výchylky struny. Při tíze závaží do 3 až 5 N (což lze realizovat vodou v půllitrovém pohárku) jsou totiž výchylky struny jen několikamilimetrové (konkrétně při síle 3 N dosahovaly asi 7 mm) a s přesností jejich měření to není slavné. Chybu můžeme odhadnout až asi na dvacet procent. Pro orientační měření to stačí; chceme-li naše výsledky zpřesnit, můžeme vymýšlet, jak na to.



Obr. 2. K odvození vztahu pro sílu, kterou je napnutá struna

Právě tady začíná projekt dál získávat na zajímavosti –žáci a studenti nepochybně mohou přijít na zajímavá řešení, třeba zcela odlišná od dále popsaného. Mě napadlo mít jedno měřítko pevné a jedno pohyblivé, spojené se strunou resp. s nití, která za strunu táhne. Pohyblivou stupnici mít ovšem v poněkud jiném měřítku, aby fungovala jako nónius na běžném posuvném měřítku a umožnila měřit výchylky na desetinu milimetru. (Je to hezká motivace pro to, rozmyslet si podrobně, jak vlastně funguje nónius a proč. Že jsou měřítka obou stupnic jiná a jak pomocí nónia odečítáme, je jasné. Ale máte rozmyšleno, zda má být pohyblivá stupnice roztažena nebo zkrácena oproti té pevné? A jak musí být udělána, chceme-li odečítat s přesností na 0,05 mm? Třeba to všichni všechno znáte; já jsem si na to, přiznávám, musel sednout s tužkou a papírem.) Poznamenejme, že stupnici s protaženým nebo zkráceným měřítkem lehce vyrobíme na xeroxu, na němž jde měnit zvětšení.

### Co dalšího lze takto měřit a zkoumat

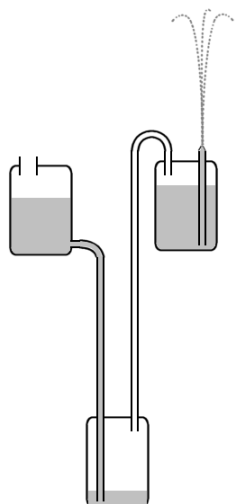
Jak už bylo uvedeno, jednoduché měření velikosti síly ve struně může být úlohou na úrovni ZŠ. Některé z námětů, jak tuto úlohu rozšířit a obohatit, však mohou být zajímavé i pro pokročilejší zájemce. Můžeme například:

- Ověřovat, zda mezi silou táhnoucí strunu stranou a výchylkou platí opravdu přímá úměrnost. (Výchylky při různých silách vynášet do grafu, prokládat přímkou...).
- Ověřovat vztah mezi silou, kterou je napnuta struna, a frekvencí tónu struny. Frekvence má být úměrná druhé odmocnině síly. Při tomto experimentu se obejdeme i bez osciloskopu nebo jiného měřiče frekvence. Stačí využít srovnání tónu s tóny ostatních strun kytary. (Potřebujeme k tomu vědět, že poměr frekvencí dvou sousedních pultónů je v temperovaném ladění roven dvanácté odmocnině ze dvou – a už jsme u hudební akustiky a téměř u hudební výchovy...)
- Zkoumat, jak se na našem měření projeví fakt, že při výchylce se struna prodlouží a tedy roste síla, kterou je napínána. Při tomto zpřesnění se ukáže, že síla, kterou táhneme strunu do strany, nezávisí na výchylce přesně lineárně, ale že se v závislosti projevuje ještě *kubický* člen  $x^3$ . V koeficientu před tímto členem vystupuje Youngův modul pružnosti. Přišli jsme tedy na zajímavou metodu, jak alespoň přibližně měřit modul pružnosti materiálu struny. (Pozn.: Pokud to budete dělat, je výhodné strunu více povolit, kubický člen se pak v závislosti výrazněji projeví a měření má šanci být přesnější.) Pomocí řešiče („solveru“) v Excelu můžeme naměřenou závislosti proložit polynomem třetího stupně a určit tak nejen sílu, ale i modul pružnosti. To už je ale možná námět na poněkud náročnější projekt třeba do výběrového semináře.

Některé z uvedených námětů doufám podrobněji popíšu jinde. Ale i tak je vidět, že od jednoduchého zadání se dá dospět i k projektům na úrovni, která je na pomezí SŠ a VŠ úrovně.

### Heronova fontána

Heronova fontána je hezkou ilustrací problematiky hydrostatického tlaku. Dnes se s ní asi sotva setkáme jinak, než jako se zajímavou hříčkou. Přesto však mladší žáky (a možná nejen je) může docela zajímat otázka: „Jak to, že voda stříká výš, než je hladina v kterékoli nádobě, když přitom v celé konstrukci není žádná pumpa nebo čerpadlo, kterým bychom stlačovali vodu nebo vzduch?“



Obr. 3. Princip Heronovy fontány.

Snad nejjednodušší je ukázat, že k tomu, aby fontána stříkala, stačí do horní nádrže foukat stlačený vzduch. (Stačí ho tam opravdu foukat ústy.) A pak zdůvodnit, čím je v Heronově fontáně vzduch stlačován: je to vodou klesající do dolní nádoby – viz obrázek 3.

Samozřejmě, že mnohem lepší, než ukazovat nákres, je ukázat Heronovu fontánu reálně v činnosti. Ovšem při praktické realizaci můžeme narazit na problém: fontána sice stříká, ale ne tak vysoko, jak bychom očekávali a jak bychom chtěli. Bylo by pěkné a působivé mít fontánu, která by stříkala co nejvýše. Jak toho dosáhnout?

K praktickým i zásadnějším problémům při konstrukci fontány se ještě za chvíli vrátíme. Nejdříve ale popíšeme nápad, který byl motivací projektu pro letní soustředění pro středoškoláky:

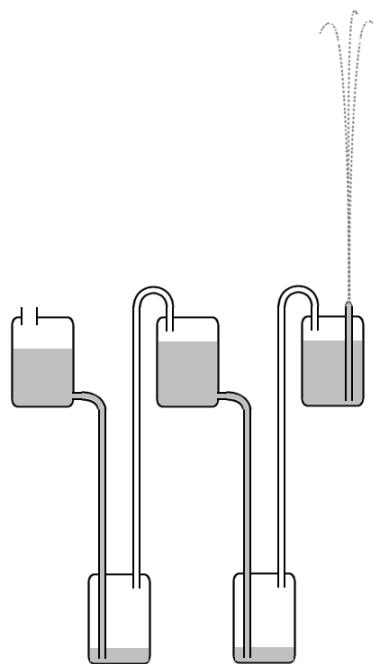
přidat k Heronově fontáně ještě (nejméně) jeden stupeň.

### Dvoustupňová fontána

Obrázek 4 je zřejmě výmluvnější než dlouhé popisy.

V „prvním stupni“ klesající voda stlačuje vzduch v dolní nádrži, ten tlačí na vodu v prostřední horní nádrži, k jeho tlaku se přidává tlak dalšího sloupce vody... Výsledný přetlak v poslední nádobě, z níž vede tryska, by měl být *součtem* hydrostatických tlaků daných rozdíly výšek v horních a dolních nádobách. Teoreticky by tedy voda měla stříkat do dvojnásobné výšky, než je tomu u „klasické“ Heronovy fontány.

V praxi samozřejmě vinou různých ztrát tak velké výšky nedosáhneme. Pokud uděláme „malou“ verzi fontány např. z plastových lahví, tenkých hadiček a trysky z jehly injekční stříkačky, může se stát, že ani druhý stupeň fontány příliš výšku našeho vodotrysku nezvýší. Pojďme si proto trochu „posvítit“ na zmíněné ztráty.



Obr. 4. Dvoustupňová Heronova fontána.

### Problémy a jak je řešit

Úvahy týkající se tlakových ztrát by nás přivedly k Poiseuillově zákonu. Ten udává rozdíl tlaku na začátku a na konci trubky (tlakový spád) v závislosti na parametrech trubky, viskozitě tekutiny a na tom, kolik jí proteče trubkou za sekundu. Bližší rozbor necháme na jindy, podstatné ale je, že rozdíl tlaků závisí na *čtvrté* mocnině průměru trubice. Použijeme-li hadici o polovičním průměru, vzroste tlakový spád (tedy „tlakové ztráty“) šestnáctkrát! Při průtoku vody tenkými hadičkami se pak snadno hydrostatický tlak „spotřebuje“ na překonání

těchto tlakových ztrát daných třením, místo aby hnal vodotrysk co nejvýše. (Doufám, že mi čtenáři na tomto i jiných místech odpustí spíše barvitější vyjadřování vhodné pro názorný výklad a prominou, že zde šetřím přesnějšími formulacemi a vzorci.)

Poučení je jasné: nepoužívat tenké hadičky, ale hadice o dostatečně velkém průměru. „Cestou do pekel“ je také jehla z injekční stříkačky použita jako tryska: její tenká část je příliš dlouhá! Je třeba použít trysku, která má zúženou část co nejkratší.

Musím přiznat, že v projektu na letním soustředění jsme použili trysku, kterou předem zhotovil mechanik naší katedry. Hadicemi byly běžné půlcoullové zahradní hadice, nádobami pětilitrové plastové kanystry. Problémem u podobných konstrukcí je vždy těsnost „vstupů a výstupů“ hadic do nádob. Osvědčilo se řešení, u jehož zrodu stála dobrá rada Petera Žilavého: použít elektrikářské průchodky na kabely. Dají se zašroubovat do děr ve stěnách kanystrů a dotáhnout maticemi, takže kolem nich neproniká vzduch ani voda. „Utáhnout“ do nich bylo potřeba něco pevnějšího než hadice. Naštěstí jsme měli kousky měděné trubky vhodného průměru, které dobře „pasovaly“ do elektrikářských průchodek (daly se těmito průchodkami utáhnout, takže také dobře těsnily). Zvenku na ně šly dostatečně ztuhla nasadit ony zahradní hadice.

Výsledkem je fungující (přenosná a rozebíratelná) konstrukce Heronovy fontány, která stříká vodu do výšky téměř tří čtvrtin výšky dané rozdílem hladin v dolní a „nalévací“ nádobě. Dobře funguje i v sestavě dvoustupňové fontány, kdy horní kanistry stojí např. na stole a spodní na zemi. Celá sestava je dostatečně flexibilní a při předvádění na Veletrhu nápadů (v sestavě „klasické“ jednostupňové fontány) s delšími hadicemi a výškovým rozdílem kanystrů mezi prvním patrem a přízemím stříkala fontána do zhruba třímetrové výše.

Praktické provedení si asi každý zájemce přizpůsobí svým možnostem (nezapomeňte přitom na výše uvedené úvahy o tloušťce hadic a trysky). Podstatné je, že jde opět o projekt, s nímž si mohou „vyhrát“ i mladší zájemci, ale který zdaleka není omezen jen na ně.

### **Poděkování**

Na tomto projektu na letním soustředění intenzivně a značně samostatně pracoval jeho řešitel Štěpán Šembera; velice mu prospěly i rady a technická pomoc jednoho z dalších konzultantů Antonína Řeháka.

### ***„Projekt vodoměrka“ aneb hrátky s povrchovým napětím***

K poslednímu projektu jen velmi stručně. Byl motivován snahou proměřit i v „táborových podmínkách“ povrchové napětí vody a zkusit, co vše voda díky němu unese (zda by unesla třeba i desetikorunu).

### **Klasická měření jednoduchými prostředky**

Většina z nás asi někdy měřila povrchové napětí vody ve fyzikálních praktikách odtrhací metodou (popsanou např. v [2]). Dá se při tom obejít bez torzních vah a dalšího laboratorního vybavení? Řešitelé projektu na letním MF soustředění si k tomu postavili vlastní vážky a při odtrhávání drátěného rámečku nebo kovového kroužku jim pro hodnotu povrchového napětí vycházely hodnoty lišící se od tabulkových o méně než deset procent.

Podobně lze jednoduše měřit povrchové napětí kapkovou metodou. Ideální pomůckou pro to je malá plastiková injekční stříkačka.

## Z jak široké hadice ještě nevyteče voda a další zajímavé otázky

Zkoumání povrchového napětí s sebou nese i další zajímavé teoretické i praktické otázky. Blíže je někdy popíšeme v samostatném příspěvku. Za všechny snad jen jednu:

Mějme svislou nahoře ucpanou trubici nebo hadici naplněnou vodou. (Příkladem je brčko, které nahoře ucpeme prstem.) Z tenké trubičky, například ze zmíněného brčka, voda dole nevyteče. V tlusté hadici se ale samozřejmě voda takto sama neudrží. Otázka je tedy jasná: v jak tlusté trubici se ještě udrží a nevyteče?

Dá se to zkoumat teoreticky nebo experimentálně. Musím přiznat, že mě překvapilo, když hrubý teoretický odhad naznačil, že voda by se mohla udržet i v trubici s vnitřním průměrem přes jeden centimetr. Následující pokusničení ukázalo, že vodu lze skutečně takto udržet i v půlcoulkové hadici! (Je to tak na hranici toho, co jsem dokázal, nevyšlo to zdaleka na každý pokus a chtělo to skutečně v okolí téměř ani nedýchat.) Pro pokusy je lepší hadici nedržet v ruce, ale dát ji do nějakého držáku a nahoře uzavřít zátkou. Výrazně snáze se experimentuje s plastickou injekční stříkačkou, již opatrně odřízneme část dna, aby vznikla díra požadovaného průměru.

A jak udržet na vodě desetikorunu? Tenké kovové sítko (nejlépe potřené mastnotou, aby voda drátky nesmáčela) o rozměrech asi pět krát pět centimetrů ji uneslo docela snadno...

### Závěrem: malé vybídnutí a pozvánka

Věřím, že na výše popsané aktivity a jejich výsledky se nebudete dívat jako na završené a dokonalé projekty či experimenty, ale vezmete je spíše jako inspiraci pro to, čím vším lze oživit činnost jak ve „standarních“ hodinách fyziky (od ZŠ až po VŠ), tak v různých volitelných seminářích a případně při mimoškolní práci s mládeží. Je zajímavé (ale vlastně asi přirozené), že při práci na takovýchto projektech je tomu podobně jako ve „velké“ fyzice (tedy „fyzice coby vědě“): každý výsledek, každá dokončená série pokusů či výpočtů s sebou přináší další otázky, další náměty co zkoumat, další zajímavé problémy. Takže: budete-li mít chuť, zkuste náměty z tohoto příspěvku využít – a až budete mít další výsledky, podněty a třeba i kritické připomínky, dejte mi vědět.

Zakončil bych **pozváním**. Snažím se na naše jarní hraštická soustředění *pro posluchače učitelství fyziky a spřízněné duše* dostat kromě posluchačů i učitele fyziky z praxe. Letos již pár jednotlivců přijelo – a myslím, že to bylo plus pro všechny zúčastněné. Pokud vám nevadí bydlet pár dnů v maličko „polních podmínkách“ (ale například jídlo bývá tradičně vynikající, ostatně na čerstvém vzduchu chutná) a máte chuť si trochu hrát s fyzikou a nejen s ní, jste zváni. Přijet by bylo možno i jen na víkend. Představu o našich soustředěních můžete získat z [1], zájem (i nezávazný) můžete projevit třeba mailem na adresu [Leos.Dvorak@mff.cuni.cz](mailto:Leos.Dvorak@mff.cuni.cz). Budu se těšit na shledanou.

### Literatura

[1] odkazy z webové adresy <http://kdf.mff.cuni.cz>

[2] Brož J. a kol.: Základy fyzikálních měření. SPN, Praha 1967

Aktivity zmiňované v tomto příspěvku byly zčásti podpořeny grantem FRVŠ B2722/2003 „Rozvoj aktivizujících forem práce a kreativity ve vzdělávání učitelů fyziky“ a rozvojovým projektem MŠMT „Heuréka II“.

## Několik experimentů z hydrodynamiky

PAVEL KONEČNÝ

Katdra obecné fyziky, PF MU Brno

V základních kurzech je výklad hydrodynamiky závislý na experimentu víc, než jiné, matematicky méně náročné disciplíny. Inspiraci pro jejich přípravu lze nalézt v řadě klasických experimentů. Rozhodující jsou technické možnosti a finanční stránka věci. Pokusy, které zde představím, byly připraveny se zřetelem na jednoduchost a nenáročnost přípravy a provedení a byly inspirovány praktickou potřebou zobrazit proudění pro výklad některých jevů se zřetelem na Bernoulliho rovnici, hydrodynamických paradoxů a letu letadla. Vznik vztaku na křídle konečné velikosti je sice pro základní kurz komplikované téma, z druhé strany je létání jako takové téma atraktivní.

Z praktických důvodů jsou pokusy navrženy s prouděním vzduchu. Pro určité typy experimentů však taková volba není z fyzikálních důvodů a s ohledem na demonstrační charakter možná. Pro experimenty se vzduchem je třeba vždy zdůvodnit oprávněnost předpokladu nestlačitelnosti.

V následující tabulce jsou uvedeny základní fyzikální veličiny z hlediska mechaniky tekutin pro vzduch a vodu

	hustota $\rho$ [kg m <sup>-3</sup> ]	dynamická viskozita $\mu$ [Pa s]	kinematická viskozita $\nu$ [m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> ]	povrchové napětí $\sigma$ [N m <sup>-1</sup> ]
voda při 15.5 °C	999	1.12 10 <sup>-3</sup>	1.12 10 <sup>-6</sup>	7.34 10 <sup>-2</sup>
vzduch při 15 °C (standard. atmosféra)	1.23	1.79 10 <sup>-5</sup>	1.46 10 <sup>-5</sup>	-

V navržených experimentech se pohybuje Reynoldsovo číslo v hodnotách řádu 10<sup>4</sup> až do řádu 10<sup>5</sup> (výjimkou jsou experimenty s vírovými prstenci). Tato oblast Reynoldsových čísel zahrnuje i podkritickou oblast obtékání.

Vzduch z generátoru nebo vysavače je však do té míry turbulentní, že vyvolá nadkritické proudění i v situaci, kdy by mělo být jinak podkritické.

U pokusu s letadélkem je situace jiná. Křídlo se pohybuje v neturbulentním prostředí, Reynoldsovo číslo je kolem 27 000 a obtékání je tedy podkritické. Tuto skutečnost je třeba brát v úvahu v případě diskuse výkonů letadélka, kdy je nutné vycházet z polár profilů měřených nebo počítaných pro oblasti velmi nízkých Re[4].

Hlavním tématem příspěvku je zobrazování proudění vzduchu metodou kouřových značek prosvětlených vůči temnému pozadí silným bočním světlem.

### Způsob osvětlení

Intenzivním, běžně dostupným zdrojem světla je zpětný projektor. Jeho optická soustava sice není pro tento účel optimální; světelný kužel je příliš divergentní a ztráty v objektivu jsou znatelné. Na druhé straně umožňuje ostře a přesně vyclonit určitou oblast, například levitující ping-pongový míček, který jinak silně oslňuje. Zásady pro experimentální uspořádání jsou pro všechny pokusy společné. Ve světelném kuželu by mělo být co nejméně objektů. Předměty, které musí být umístěny ve sledovaném proudění vycloníme maskou nebo je polepíme černým sametem.

Pozn. Některé zpětné projektory mohou narušovat proudění chladicími ventilátory.



Nejvyššího kontrastu lze dosáhnout vůči černé sametové látce. Stačí pruh o rozměru cca 1x1.5 m. K lepší viditelnosti kouřových značek přispěje důsledné odclonění všech světlejších objektů v periferním zorném poli. Levným materiálem pro tento účel je netkaná černá textilie pro zahrádkářské účely - vhodný přehoz přes bílé fixové tabule.

### **Značkovací dým.**

Požadavky na značkovací dým se liší podle charakteru pokusy. Z fyzikálního hlediska se jedná o směs různých plynů a rozptýlených mikroskopických částic pevné látky nebo kapaliny. Tato směs by při maximální schopnosti rozptylovat světlo měla být zdravotně nezávadná a neměla by vytvářet na předmětech povlaky a způsobovat korozi. Pro značkování pomalého proudění (při zobrazení vírových prstenců a pokusy s letadélkem) je zapotřebí, aby teplota a hustota značkovacího dýmu byla přibližně stejná, jakou má okolní vzduch. Jinak vzniká nežádoucí konvekce. Dým, který by splňoval všechny uvedené vlastnosti bohužel neexistuje. Prakticky s každým dýmem s výjimkou kondezační mlhy je proto třeba zacházet opatrně a se znalostí věci.

Podle okolností lze použít aerosol z různých kosmetických sprejů, laky na vlasy a pod, také cigaretový kouř nebo kouř z doutnajících, lehce navlhčených novin atd.

Pozn. Značkovací kouř se může v případě příliš intenzivního osvětlení ohřívat absorpcí tepelného záření a vyvolat konvekci. Tato situace může nastat poblíž ohniska u zpětného projektoru.

Bílý "kouř" s vysokou schopností rozptylovat lze získat reakcí plynného chlorovodíku HCl s plynným amoniakem  $\text{NH}_3$ . Vzniklý salmiak  $\text{NH}_4\text{Cl}$  tvoří velmi jemný, velmi dobře viditelný aerosol. Nevýhoda spočívá v tom, že způsobuje korozi. K jeho výrobě a aplikaci stačí velká tzv. ušní stříkačka o objemu 150 ml, do které nabereme střídavě čpavek a chlorovodík z promývaček naplněných malým množstvím čpavkové vody a kyseliny chlorovodíkové v koncentracích kolem 20%. Směsi nasáváme z trubičky, která je nad hladinou! Delší trubička promývačky by měla být ponořena asi 5 mm do roztoku. Větší ponor než uvedených 5 mm komplikuje vyvážené dávkování obou plynů, viz dále.

Upozornění: Salmiak způsobuje korozi.

Při práci s kyselinou chlorovodíkovou a čpavkovou vodou uvedených koncentrací je třeba důsledně dbát bezpečnostních pravidel pro práci s příslušnými chemikáliemi.

### **Postup přípravy**

Nejprve z promývačky nasajeme směs vzduchu a plynného chlorovodíku (nasávaný vzduch probublává v promývačce roztokem HCl) stříkačku naplníme zhruba do poloviny objemu. Směs vzduchu se čpavkem poté nasáváme z druhé promývačky zvolna a po částech. Oba plyny reagují za vzniku pevné látky. Proto je přisávané množství plynu o něco větší a trvá o něco déle, než odpovídá pohybu pístu stříkačky. To je dobře patrné z intenzity a trvání proudu bublinek v promývačce. Jakmile tento jev přestane, znamená to, že je převážná část HCl zneutralizována. V této situaci přípravu ukončíme. Tímto primitivním způsobem lze dosáhnout překvapivě vyrovnaného nadávkování obou plynů. Vzniklý koncentrovaný aerosol se poměrně rychle sráží a sedimentuje. Měl by proto být použit zhruba do půl minuty.

Pro značkování nepohyblivého vzduchu nebo velmi pomalé konvekce je zapotřebí zhotovit dlouhý nástavec s trubičkou (o světlosti ne menší než 3 mm, jinak se ucpává) aby se neuplatnil rušivý pohyb rukou a těla.

### **Vzduchové dmychadlo (generátor vzduchu) a pokusná komora**

Proudění vytváříme pomocí školního generátoru vzduchu, nebo regulovatelného vysavače s vyvedeným výstupem. Vzduch je přiveden flexibilní hadicí ke koncové části, kterou představuje komora k uklidnění turbulentního proudění z generátoru vzduchu. Komora

by měla mít objem kolem 1/2 litru a víc a průměr větší jak cca 8 cm. Na tuto komoru se umísťují trysky pro levitaci míčku a trychtýř pro demonstraci Bernoulliho přisávání. Výrobních možností se nabízí celá řada. (Případným zájemcům pošlu podrobný návod.) Stačí různé PET láhve od nápojů, lepicí pásy (oboustrané a textilní kobercové), kontaktní lepidla (alkaprán, chemoprén, sekundové lepidlo). Dále běžné dílenské vybavení a obvyklé laboratorní pomůcky. Několik speciálních drobností (mosazné trubičky, hadičky menších průměrů) lze zakoupit v modelářské prodejně. (Užitečné věci vedou také prodejny rybářských potřeb.)

Princip je patrný z obr.1. Podstatným prvkem sestavy je tryska o průměru 12 mm s ostrou odtokovou hranou. Přechod mezi komorou a válcovou částí trysky o délce kolem 15 mm musí být pozvolný. Na průměru trysky nezáleží. Nepravidelný tvar, málo ostrá odtoková hrana a ostré přechody ve vstupní části mohou způsobovat potíže. Vstupní část hlavice je opatřena sítí pro snížení turbulence. Sítko by mělo být jemné, lze použít třeba kovovou síť proti komárům. Dále jsou do hlavice zavedeny trubičky o průměru 3 mm pro značkovací kouř. Jedna u vstupní části (ještě před uklidňovacím sítím, na obr. 1 označená písmenem D) je obrácená proti směru proudění. Slouží k značkování celého objemu vzduchu. Druhá trubička (na obr.1 označená písmenem H) stejného průměru je v blízkosti vstupní části koncové trysky a slouží k zobrazování osy proudu. Z její kouřové stopy je dobře patrná míra turbulence vystupujícího proudu. Při rychlosti proudění, kterému odpovídá (svislá) levitace ping-pongového míčku do výše cca 3 cm, je kouřová stopa relativně ostrá v délce kolem 10 cm.

Pokud je kouřová stopa příliš rozbitá, přidáme do vstupní části uklidňovací komory další sítko (s malým vzájemným odstupem).

Pozn. Vzduch z generátoru může mít značnou axiální rotaci. Axiální rotaci může získat také průchodem spirálně stočenou přírodní trubicí.

## ***Popis experimentů***

### **Pokus č. 1.**

#### **Proudění vzduchu tryskou do atmosféry.**

Na výsledcích pozorování volně tryskajícího proudu lze postavit komentář k podmínkám platnosti Bernoulliho rovnice. Při porovnávání tlakových poměrů v různých místech prostoru je třeba brát v úvahu, že ta část vzduchu, která prošla generátorem, získala energii navíc. Obecně také neplatí, že konstanta v Bernoulliho rovnici je stejná pro všechny proudnice [1] str. 372.

Tlakové poměry je možné ozřejmit zobrazením rozhraní proudu vzduchu. Lze tak dobře dokumentovat, že tlak uvnitř proudícího vzduchu je přibližně stejný jako tlak okolí. Rozhraní mezi proudem a okolím tvoří vlastně membránu barometru, která by se při rozdílu tlaku musela deformovat. Podtlak v proudu by způsoboval jeho fokusaci. (Citlivost lze odhadnout z rychlosti proudění a velikosti zrychlení odpovídající předpokládanému gradientu tlaku.)

Pozn. Z pozorování je patrné kuželovité rozšiřování proudu vzduchu turbulentním přimícháváním okolní atmosféry.

**Pokus č. 2****Bernoulliiovská přísavka a levitace míčku v proudu vzduchu.**

Popis pokusu: Generátor vhání do spodní části trychtýře (z vršku PET láhve) vzduch tryskou o průměru 12 mm. Viz popis experimentální komory. Polystyrénový míček o průměru 8 cm a hmotnosti 6.8 g levituje nad trychtýřem (vlivem aerodynamického odporu), nebo je do trychtýře (bernoulliiovsky) vtahován. Poloha, ve které se mění levitace v přísávání souvisí se změnou rychlostního pole. Tvar rychlostního pole se mění v závislosti na konfiguraci okolí. Změna tvaru proudění je pozorovatelná pomocí kouřové značky.

Pozn. Proudění v trychtýři popsaným způsobem zobrazit nelze, kouřová stopa je přezářena rozptylem světla na stěnách trychtýře.

**Pokus č. 3****Kvalitativní interpretace hydrodynamického paradoxu.**

Na sací stranu vysavače s regulací výkonu nasadíme vhodný nátrubek. Do nátrubku zasuneme koaxiálně trubku (o průměru kolem 30 mm) s vnějším lemem na sací straně (zaoblení hrany o poloměru větším než cca 1mm). Trubka se musí pohybovat volně. Lze použít např. hliníkovou tubu od celaskonu s uříznutým dnem a nátrubek navinout z papíru. Po zapnutí generátoru je trubka vymrštna z nátrubku. Pro pozorovatele může být překvapující fakt, že se trubička pohybuje proti směru nasávaného vzduchu.

Kvalitativní výklad je založen na pozorování tvaru proudnic v okolí otvoru. Experiment uspořádáme obvyklým způsobem. Malé množství salmiakového dýmu dávkujeme pomocí tenké trubičky do různých míst v blízkosti sacího otvoru. Z pozorování je zřejmé, že vzduch je do otvoru nasáván ze všech směrů, proudnice jsou tedy zakřivené kolem sacího okraje. Změna směru pohybu částic vzduchu kolem lemu nátrubku může mít příčinu jen v tlakovém poli s minimem na povrchu lemu. S tím souvisí tlaková síla působící na lem nátrubku s nenulovou složkou ve směru jeho osy.

Pozn. Dbáme na chemickou neutralitu dýmu a dávkujeme jen malá množství. Po experimentování raději vyměníme ve vysavači všechny filtry.

**Pokus č. 4****Zobrazení vírových prstenců a studium některých jejich vlastností.**

Použitá pomůcka pro metání větších vírových prstenců má tvar bubnu o průměru kolem 40 cm a hloubce 25 cm. Zadní část je uzavřena gumovou membránou (k dostání v řemeslných potřebách, síla membrány 1 mm) s poutkem ve střední části. Otvor v přední části má průměr 13 cm. Buben lze slepit s plastových džezů, posloužit můžou různé kýble a pod., zařízení lze vyrobit také z kartonu a různých krabic. Metat vírové prstence lze z (harmonikového) lampiónu i PET láhve. Známé jsou také tzv. kuřácké kroužky. Popsané provedení s poutkem umožňuje lépe ovládat pohyb membrány a tím ovlivňovat rychlost a v jistých mezích měnit i rozměry prstenců. Podmínkou je dostatečně tuhá komora.

Nejvyššího kontrastu zobrazení dosáhneme vstřícným uspořádáním zdroje světla a pohybu víru. Prstence metáme horizontálně na pozadí černého sametu proti světelnému kuželu zpětného projektoru. Jako značkovací dým lze v tomto případě použít téměř cokoliv, co nezpůsobuje konvekci vzduchu. Na to jsou citlivé zvláště pomalé víry. Pokusy nevychází v prostředí s neklidnou atmosférou.

Experimenty jsou popsány a interpretovány například v [1] str. 382-383, [2] str. 299,305-310

K následnému pokusu s letadélkem mají vztah tyto pokusy s vírovými prstenci.

1. Vírový prstenec o poloměru  $R$  a průměru jádra  $\xi$  pohybující se v tekutině o hustotě  $\rho$  má hybnost (shodí krabičku sirek) o velikosti  $p$  [2] str. 308

$$p = \pi \rho \Gamma R^2$$

2. Vírový prstenec nelze rozdělit. Vírové čáry musí být uzavřeny, nebo ukončeny na rozhraní (stěnou). [1] str. 380-381. K (negativnímu) pokusu o dělení vírového prstence použijeme velmi tenké plexisklové desky umístěné tak, aby protínaly letící prstenec.

Pozn. Tento pokus se ve vzduchu uskutečňuje obtížně.

### Pokus č. 5.

#### Zviditelnění víru na koncích křídel létajícího modelu.

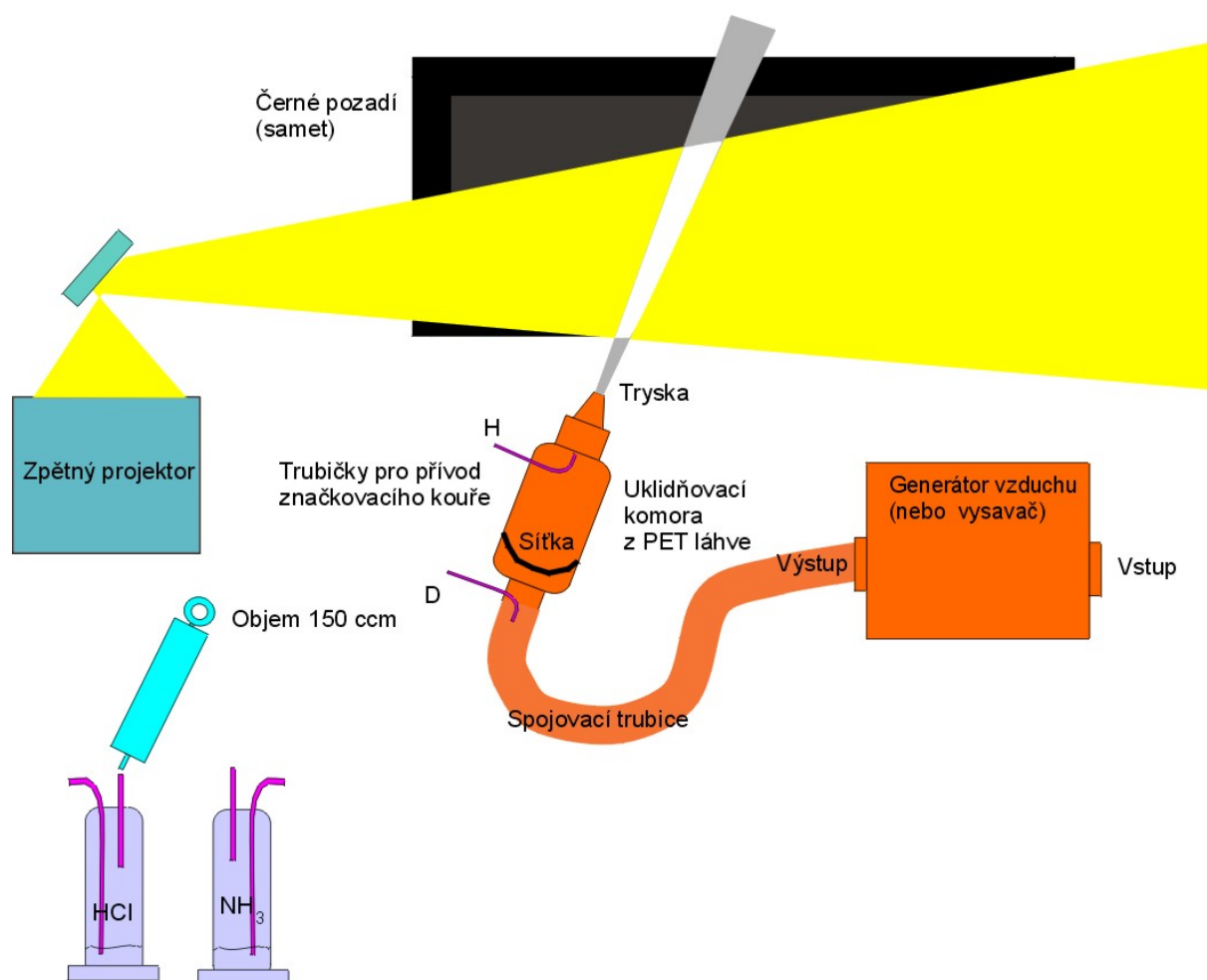
Vztlak na křídle má původ v rozdílu tlaků u horního a spodního povrchu křídla. Tento rozdíl tlaků způsobuje na koncích křídel vznik vírů, vzduchu se přelévá z oblasti vyššího tlaku (oblast pod křídlem) do oblasti nižšího tlaku (oblast nad křídlem). Koncové víry jsou dobře viditelné v pokusu s uspořádáním podle obr. 2. Zdroj světla a temné pozadí orientujeme vůči pozorovateli obvyklým způsobem, zvláštní pozornost věnujeme umístění kouřových značek. Podmínkou úspěchu je klidná atmosféra, proto je zapotřebí alespoň 1m dlouhý nástavce na zdroj dýmu (injekční stříkačku), aby se pohyb těla a rukou neprojevil rušivě.

Do osvětlené a kouřovou značkou označené oblasti vypustíme ustáleným klouzavým letem model letadélka. Zde použitý modýlek (viz. obr 2.) je slepen pomocí samolepící pásky z dílů vyříznutých z polystyrénové desky o síle 3 mm (materiál k výrobě tácků pro balení masa). Křídlo má profil téměř rovné desky, náběžné hrany jsou nesymetricky zaobleny. Trup je z balzové špejle, přední část trupu z pěnové gumy. Z komerčně prodávaných házedel je třeba volit co nejlehčí modely.

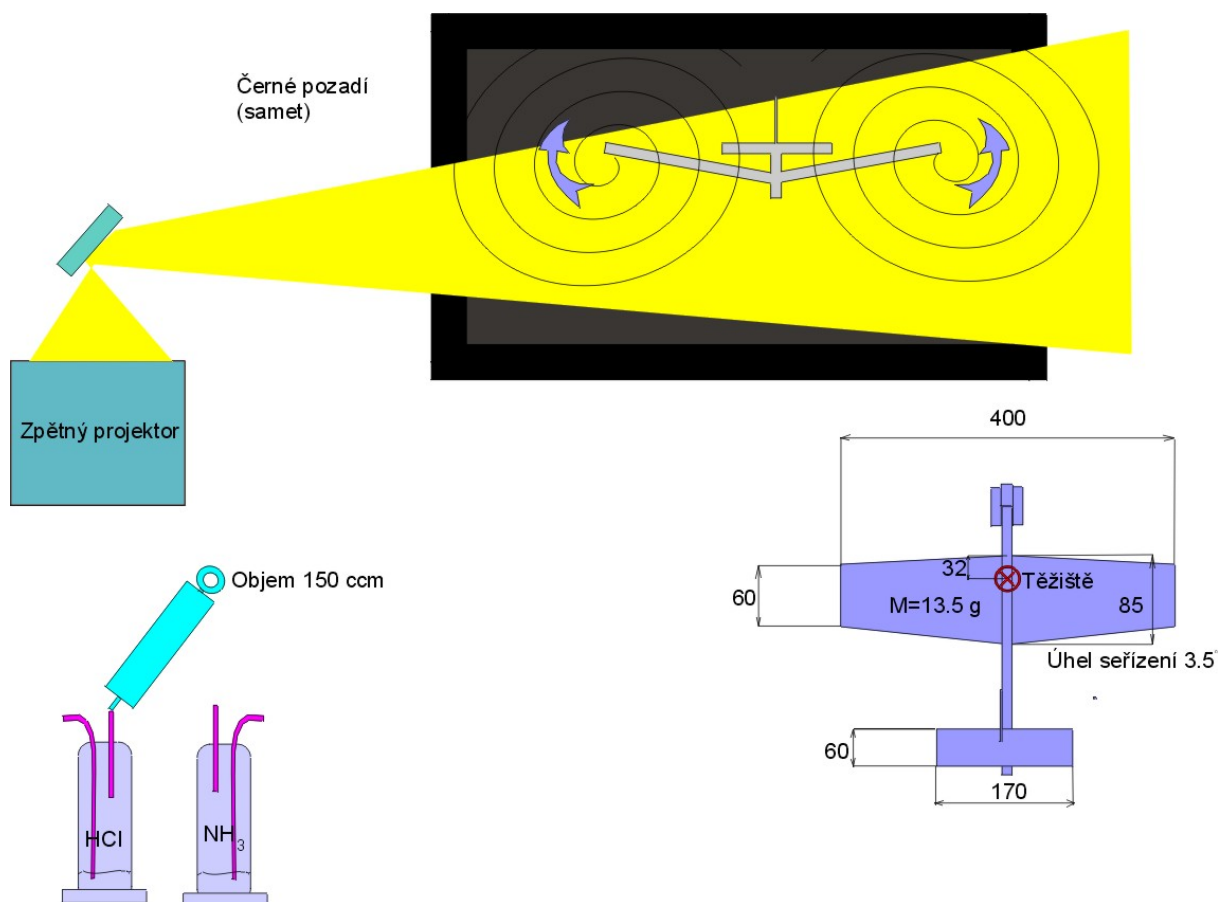
Parametry použitého modelu jsou v následující tabulce

profil křídla	rovná deska
rozpětí [mm]	400
hloubka křídla u kořene [mm]	85
hloubka křídla u kraje [mm]	60
plocha křídla [dm <sup>2</sup> ]	2,9
úhel seřízení °	3,5
délka trupu [mm]	400
hmotnost [g]	13,5
rychlost ustáleného letu [m s <sup>-1</sup> ] (přibližně)	5
Reynoldsovo číslo	27000

Snad by bylo možné i pro základní kurz interpretovat pozorovanou skutečnost v termínech teorie vztlaku Kutta-Žukovského a uvést některé souvislosti podle Prandlovy prvotní ideje z roku 1911. [3] str. 283. kdy pro modelové výpočty nahradil křídlo konečných rozměrů jedním vírem v délce jeho rozpětí (jednou vírovou čarou), který od obou konců pokračuje dále vzad po směru letu jako vír volný.



Obr 1. Schéma experimentálního uspořádání k zobrazení proudění vzduchu



Obr 2. Schéma experimentálního uspořádání k zobrazení koncových vírů

### Literatura:

- [1] Feynman R.P.: Feynmanove přednášky z fyziky. - Alfa, Bratislava 1989, díl 4
- [2] Guyon E., Hulin J., Petit L., Mitescu C.D.: Physical Hydrodynamics. - Oxford University Press 2001
- [3] Anderson, J.D.: A History of Aerodynamics. - Cambridge University Press 1997
- [4] Hoření B., Lněnička J.: Letecké modelářství a aerodynamika. - Naše vojsko, Praha 1977

## Fyzikálna hra pre základné školy „Potápač“

Viera Biznárová, Oddelenie neformálneho vzdelávania, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského, Bratislava, biznarova@fmph.uniba.sk

### Východiská

V záujme sprístupniť skúsenosti Projektu SCHOLA LUDUS čo najširšej skupine učiteľov a detí a využiť ich pri inovácii školského vyučovania, vznikol program „SCHOLA LUDUS do škôl“. Jedným z jeho cieľov je výskum a rozvoj alternatívnych neformálnych vzdelávacích postupov pre školskú prax. Spoločnými charakteristikami vyvíjaných postupov sú [1]:

- komplexný prístup,
- uplatňovanie paralelnej metódy pre učenie, vyučovanie a hodnotenie a
- autentické učenie postavené na hre.

Ukážkou uplatnenia neformálneho prístupu SCHOLA LUDUS k fyzikálnemu poznávaniu je napríklad fyzikálna hra „Potápač“, ktorú si účastníci Veletrhu nápadů učitelů fyziky v Českých Budějoviciach mali možnosť sami zahrať. (zadanie úloh je uvedené v prílohe). Pri príprave hry sme vychádzali z nasledujúcich základných požiadaviek:

- hra má byť svojim námetom, konkrétnym obsahom a postavenými problémami blízka osobným skúsenostiam žiakov, má byť pre nich výzvou;
- hra má učiteľovi umožniť zisťovanie aktuálneho stavu poznatkov žiakov;
- v prípade predstáv, ktoré nie sú v súlade s fyzikálnymi koncepciami, má žiaka upozorniť na rozpory a umožniť mu kognitívny posun.

### Fyzikálna hra „Potápač“

Prezentovaná hra obsahovo spadá do vyučovania mechanických vlastností kvapalín v siedmom ročníku základnej školy. Je zameraná na zisťovanie aktuálneho stavu predstáv žiakov o pojmoch tlak a tlaková sila, o závislosti hydrostatického tlaku od hĺbky pod voľnou hladinou, od hustoty kvapaliny a nezávislosti veľkosti tlakovej sily od smeru pôsobenia v konštantnej hĺbke.

Kontext hry - potápač v rôznych situáciách - bol zvolený s ohľadom na atraktivnosť témy a možnosť využiť bežné skúsenosti žiakov s pobytom vo vode a potápaním pri riešení postavených problémov.

Štruktúra hry je inšpirovaná známou hrou Labyrint – vo vymedzenom priestore je rozmiestnených v našom prípade 13 stanovišť. Na každom stanovišti je daná otázka a ponúknuté alternatívne odpovede. Jednotlivé možnosti odpovedí boli vybrané tak, aby zodpovedali fyzikálnej predstave a najčastejším žiackym alternatívnym predstavám o prezentovanom jave. Podľa toho, ktorú z alternatív si hráč vyberie, je nasmerovaný na ďalšie stanovište. Pri voľbe správnej odpovede hráč postupuje priamo k cieľu. V ostatných prípadoch hráč postupuje na stanovište, kde má možnosť realizovať jednoduchý pokus a odhaliť nesúlad medzi svojou predpoveďou a skutočným vývojom javu.

### Konkrétna realizácia hry

Hra je určená do terénu, na školský dvor, ale v prípade nepriaznivého počasia ju možno zorganizovať aj v budove školy. Čas potrebný na prípravu stanovišť je približne 30 minút, pri zapojení žiakov do rozmiestnenia pomôcok sa môže skrátiť na 10 - 15 minút.

Hráči dostávajú plánik s rozmiestnením stanovišť. Úlohou hráčov je vybrať si na každom stanovišti odpoveď, o ktorej si myslia, že je správna a pokračovať podľa inštrukcií k ďalšiemu stanovištu a zapisovať si svoju cestu k cieľu.

Žiaci môžu hru absolvovať individuálne (učiteľ získava informáciu o predstavách každého žiaka) alebo v skupinách (príležitosť pre diskusiu, rozvoj komunikačných zručností, argumentácie, vzájomné učenie sa v rámci skupiny).

Pre hladký priebeh hry je vhodné, ak ju hrá súčasne do 10 skupín žiakov. Už po prvom stanovišti je rozptýl v tempe a smerovaní jednotlivých skupín dostatočný na to, aby sa pri experimentoch navzájom neobmedzovali. Pri väčšom počte skupín je vhodné, aby nezačínali všetky naraz, ale štart každej ďalšej skupiny bol časovo posunutý.

Pri rozmiestnení stanovišť na rozlohe priemerného školského dvora (keď žiaci nemusia hľadať jednotlivé stanovišťa, len riešenia položených úloh) trvá samotná hra približne 30 – 40 minút. Prvá skupina dorazí do cieľa zväčša do 15 minút od štartu. Žiakom, ktorí už našli cieľ, doporučujeme prejsť si následne aj stanovišťa, ktoré pri hre vynechali, odskúšať si všetky experimenty. Doplňujúcou úlohou pre nich môže byť odhaliť štruktúru hry.

### **Samotnou hrou to nekončí**

Bezprostredne po skončení hry by mala nasledovať spoločná diskusia všetkých zúčastnených o jednotlivých možnostiach odpovedí, o dôvodoch, ktoré viedli hráčov k výberu tej ktorej odpovede, o význame prezentovaných experimentov, o ďalších experimentoch, ktoré by mohli slúžiť na overenie jednotlivých tvrdení, o konkrétnych podmienkach a ich vplyve na priebeh sledovaných javov (napr. porovnanie vplyvu zmeny teploty na zmenu hydrostatického tlaku s vplyvom zmeny hustoty morskej vody voči „čistej“ vode).

### **Literatúra:**

- [1] Teplanová, K.: SCHOLA LUDUS do škôl – základné črty poznávacej koncepcie, In.: Zborník z 13-tej konferencie slovenských fyzikov, Smolenice, 2003 (v tlači)
- [2] Biznárová, V.: Komplexný prístup k jednoduchým fyzikálnym experimentom, dizertačná práca, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského, Bratislava, 2003

### **Príloha – zadanie fyzikálnej hry „Potápač“**

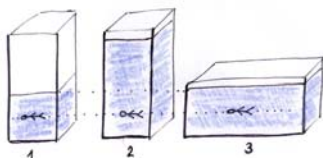
*Adept potápania Adam Opatrný sa rozhodol, že skôr, než sa ponorí do tajomných hĺbok, chce sa na tento vážny krok dobre pripraviť. Chce vedieť, čo ho pod hladinou vody čaká.*

*Na školskom dvore je rozmiestnených 13 stanovišť, na každom Ťa čaká jedna otázka. Vyber si odpoveď, ktorá je podľa Teba pravdivá a choď na stanovište uvedené pri vybranej odpovedi. Zapisuj si svoju cestu.*

#### **K**

*Tu je prvá zo situácií, ktoré si Adam predstavil:*

*V bazénoch označených číslami 1, 2 a 3 sú potápači.*



*Ktorá z Adamových hypotéz je podľa Teba správna?*

- a) potápači 1, 2 a 3 sa cítia by rovnako stláčaní (choď na B)*
- b) potápači 1 a 3 sa cítia byť stláčaní rovnako, ale inak ako potápač 2 (choď na I)*
- c) potápači 2 a 3 sa cítia byť stláčaní rovnako, ale inak ako potápač 1 (choď na V)*

#### **B**

*Experiment: Postav fľaše na plošinku. Pozoruj vytekajúcu kvapalinu.*

*(Ak ste viacerí, postavte na plošinku všetky fľaše naraz, ak si sám, môžeš skúmať postupne dve a dve fľaše)*

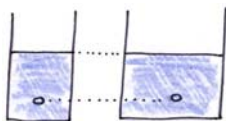




*Závisí vytekání kvapaliny od toho, ako vysoko je otvor nad dnom?*

*(pozn. v zásobníku vody sú 1,5 l fľaše upravené tak, aby umožňovali zistiť odpoveď na otázku zo stanovišta V)*

Otázka: Predstav si situáciu zachytenú na obrázku:



*Vyteká na začiatku z oboch fliaš rovnako silný prúd vody?*

*áno (chod' na I)*

*nie (chod' na V)*

**V**

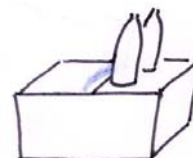
Experiment: Postav fľaše na plošinku. Pozoruj vytekajúcu kvapalinu.

*(Ak ste viacerí, postavte na plošinku všetky fľaše naraz, ak si sám, môžeš skúmať postupne dve a dve fľaše)*

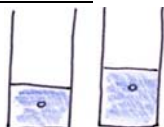
*Vyteká na začiatku zo širšej nádoby silnejší prúd vody?*

*(pozn. v zásobníku vody sú fľaše 0,5 l; 1 l a 1,5 l s otvormi v rovnakej*

*výške od dna (aj od hladiny vody), umožňujú overiť si odpoveď na otázku zo stanovišta B)*



Otázka: Predstav si situáciu zachytenú na obrázku.



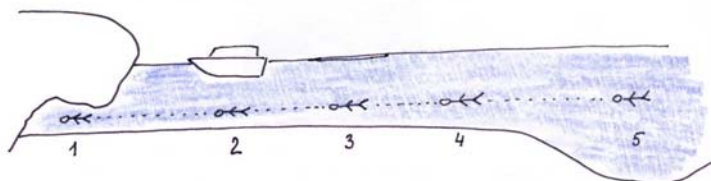
*Vyteká na začiatku z oboch fliaš rovnako silný prúd vody?*

*áno (chod' na I)*

*nie (chod' na B)*

**I**

*Adam by chcel vedieť, čo môže očakávať, keď sa na svojej ceste podmorským svetom dostane pod skalný výčnelok, pod loď, pod ropnú škrvnu, ...*



*Ktorá z Adamových hypotéz je podľa Teba správna?*

a) *V polohách 1, 2, 3 a 4 sa cíti byť potápač stláčaný rovnako, v polohe 5 sa cíti byť väčšmi stlačený (chod' na K)*

b) *v polohe 1 sa potápač cíti byť stlačený najviac, v polohách 4 a 5 najmenej (chod' na U)*

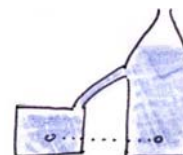
c) *v polohách 4 a 5 sa cíti byť potápač stlačený najviac, v polohe 1 najmenej (chod' na S)*

d) *vo všetkých polohách sa potápač cíti byť rovnako stláčaný (chod' na Z)*

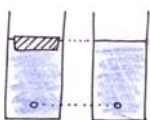
**S**

Experiment: Postav sústavu fliaš na plošinu. Pozoruj vytekajúcu kvapalinu.

*Vyteká z menšej nádoby slabší prúd vody? (kým je spojovacia hadička plná vody)*



Otázka: Predstav si situáciu zachytenú na obrázku.



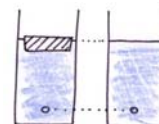
*Vyteká na začiatku z oboch fliaš rovnako silný prúd vody?*

*áno (chod' na Z)*

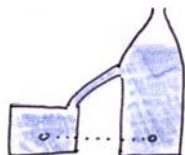
*nie (chod' na U)*

## U

Experiment: Postav fľaše na plošinku. Pozoruj vytekajúcu kvapalinu. Vyteká na začiatku z oboch nádob rovnako silný prúd vody?



Otázka: Predstav si situáciu zachytenú na obrázku.



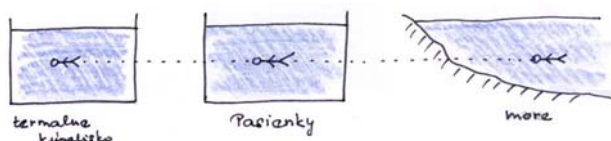
Vyteká na začiatku z oboch fliaš rovnako silný prúd vody?

áno (chod' na Z)

nie (chod' na S)

## Z

Adam by chcel vedieť, čo môže očakávať, keď sa bude potápať na termálnom kúpalisku, v bazéne so studenou vodou (v Bratislave napr. plaváreň Pasienčky) a v Egejskom mori.

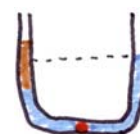


Ktorá z Adamových hypotéz je podľa Teba správna?

- potápač žiadnu zmenu okrem výhľadu nezaregistruje (chod' na D)
- potápač v 1. a 2. bazéne sa bude cítiť stláčaný rovnako, ale menej ako v mori (chod' na P)
- potápač v 1. bazéne sa bude cítiť stláčaný menej a potápač sa bude cítiť stláčaný viac ako potápač v bazéne 2 (chod' na Y)

## D

Všimni si: V U-trubici je voda a olej (olej má menšiu hustotu ako voda). Aby na korálik zvýrazňujúci rozhranie vody a oleja v najnižšom bode U-trubice pôsobila z oboch strán rovnaká tlaková sila musí byť hladina oleja vyššie ako hladina vody.



Otázka: Predstav si, že by sme U-trubicu pre delili tenkou pružnou blanou (balónikom), do jedného ramena by sme naliali horúcu a do druhého studenú vodu do rovnakej výšky.

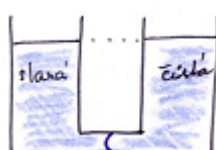
Na ktorú stranu by bol balón vypuklý?

- smerom do studenej vody (chod' na P)
- smerom do horúcej vody (chod' na Y)

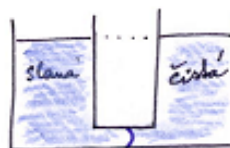
## P

Experiment: Porovnaj hmotnosť rovnakého objemu horúcej a studenej vody. (pozn. na stanovišti sú rovnoramenné váhy, plastové poháre, teplá a studená voda; namiesto horúcej a studenej vody doporučujeme použiť vodu s izbovou teplotou a vodu s ľadom)

Otázka: Predstav si, situáciu na obrázku - dve nádoby (jedna so slanou a druhá s čistou vodou) sú oddelené balónikovou blanou. Výška hladín je v oboch nádobách rovnaká. Ktorý obrázok vystihuje tvar balónikovej blany?



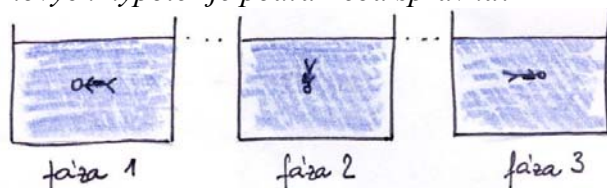
chod' na Y



chod' na D

# Y

Adam by chcel vedieť, čo by cítil potápač, keby robil kotrmelec. Ktorá z Adamových hypotéz je podľa Teba správna?



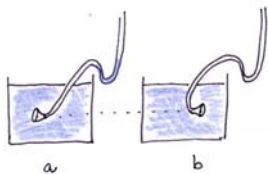
- a) vo fáze 2 sa potápač cíti byť stláčaný najviac (chod' na A)
- b) vo fáze 2 sa potápač necíti byť stláčaný (chod' na T)
- c) potápač sa cíti byť stláčaný stále rovnako (chod' na F)

# A

Experiment: Pritiahni pomocou nitky kruh tak, aby tvoril dno fľaše. Skús ponoriť celú sústavu do vody bez toho, aby si nitku uvoľnil. Čo sa stane, keď nitku teraz pustiš?



Otázka: Predstav si situáciu zachytenú na obrázku - užší koniec lievika pokračuje hadičkou, v ktorej je voda. Širší koniec lievika je uzavretý balónikom.

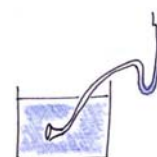


Zmení sa výška hladiny vody v hadičke, ak balónik otočíme z polohy na obrázku a) do polohy ako na obrázku b) ?

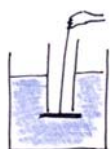
- áno (chod' na T)
- nie (chod' na F)

# T

Experiment: Ponor lievik uzavretý balónikom do vody. Pozoruj výšku vodného stĺpca v hadičke. Mení sa pri otáčaní lievika, ak pritom nemeníš hĺbku, v akej sa stred balóna nachádza?



Otázka: Predstav si situáciu zachytenú na obrázku. Kovový kruh je pridržený pomocou nitky tak, aby tvoril dno valca.



Čo sa stane, ak nitku pustíme?

- kruh padne na dno (chod' na A)
- kruh sa ani nepohne (chod' na F)

# F

Gratulujeme! Zvládol si úskalia našej dnešnej hry.

Možno si mal šťastie, možno zvíťazila Tvoja vytrvalosť.

Ak je toto počnúc štartom piate stanovište, na ktoré si sa dostal ( **K I Z Y F** ), máš predpoklady ponoriť sa do tajomných hĺbín fyziky.

Prajeme Ti veľa šťastia na ceste za objavmi.

## TEREZA - sdružení pro ekologickou výchovu

patří mezi nevládní, neziskové organizace s celostátní působností. Posláním TEREZY je ukazovat cesty a nabízet možnosti, jak rozvíjet ekologické vnímání světa kolem nás. Prostřednictvím celé řady projektů a programů TEREZA probouzí v dětech i dospělých pocit spoluzodpovědnosti za současný i budoucí stav planety Země. Tereza se snaží upozornit na vědomí možnosti, ale i práva, ovlivňovat stav životního prostředí. TEREZA organizuje osm celostátních školních ekologických projektů, nabízí výukové programy a kroužky pro pražské školáky, pravidelně pořádá řadu akcí včetně dvou velkých festivalů v přírodě. Sídlo TEREZY je v Praze, v domě nazvaném Labyrint světa a ráj srdce a má i Terénní základnu v Prokopském údolí za Prahou, kde pořádá pobyty, programy, semináře a akce v přírodě.

### Akreditace

Sdružení TEREZA má Osvědčení MŠMT č. 15 186/2003-25-47 o způsobilosti vzdělávacího zařízení pro další vzdělávání pedagogických pracovníků.

### Projekt Energie – Posviťme si na úspory

Děti zkoumají možnosti úspor doma i ve škole, zapojují i své rodiče a mohou pro svou školu získat hodnotné ceny. Řada škol v minulých letech docílila díky projektu Energie významných úspor energie ve své budově. Projekt probíhá ve spolupráci se Střediskem pro efektivní využívání energie SEVEN, o.p.s., které je dlouholetým partnerem Terezy.

### NÁPLŇ PROJEKTU:

#### Práce s pracovními listy

Děti zpracují úkoly z pracovních listů o osvětlení „Posviťme si na úspory” a „Kdo šetří, má za tři” o úsporách energie doma i ve škole. Obrázkové listy obsahují řadu úkolů, pokusů a námětů k zajímavým činnostem nejen do fyziky. **Nově mohou pracovat i s několika listy o úsporných spotřebičích.**

**Soutěž:** Třídy i celé školy se mohou zapojit do soutěže, jejíž přesná pravidla budou vyhlášena na začátku října 2003. Vybrané školy s nejlepšími zprávami o projektu získají **kompaktní zářivky, několik kusů plážových tenisů a drobné ceny.** Drobné ceny, věnované firmou Osram, obdrží všichni účastníci soutěže.

Děti mohou pracovat s **internetem**, prostřednictvím webové stránky [www.uspornespotrebice.cz](http://www.uspornespotrebice.cz) a [www.uspornazarivka.cz](http://www.uspornazarivka.cz), kde mohou najít nejrůznější informace včetně odborných. Děti si tu mohou rovnou spočítat, kolik by ušetřily výměnou žárovky za zářivku.

Kontakt:

Korespondence: p.p.77, Praha 1, 110 01

Sídlo: Haštalská 17, Praha 1, 110 01

URL: [www.tezerango.cz](http://www.tezerango.cz)

(od listopadu 2003 [www.terezanet.cz](http://www.terezanet.cz))

e-mail: [tereza@tezerango.cz](mailto:tereza@tezerango.cz)

(od listopadu 2003 [tereza@terezanet.cz](mailto:tereza@terezanet.cz))

Telefon: 224 816 868

Fax: 224 819 161

Koordinátor projektu Energie:

Tomáš Ondrák

[tomas.ondrak@tezerango.cz](mailto:tomas.ondrak@tezerango.cz)

(od listopadu 2003 [tomas.ondrak@terezanet.cz](mailto:tomas.ondrak@terezanet.cz))





## Gyrotwister – princip a užití

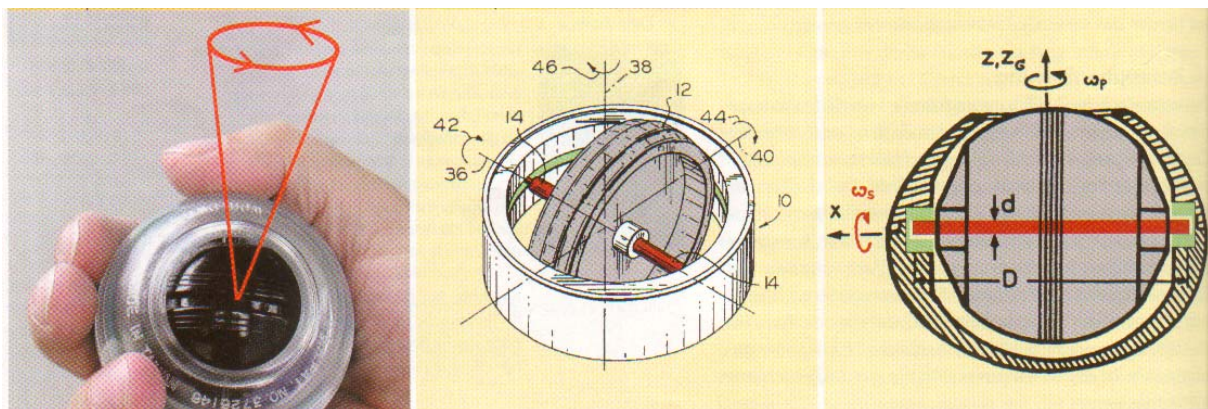
Václav Havel,  
katedra obecné fyziky ZČU v Plzni

Před několika lety se na západě začaly v prodejnách sportovních potřeb objevovat zvláštní posilovače rukou. Jsou v prodeji pod názvem „Gyrotwister“, „Dynabee“, „Power ball“ apod. Malý přístroj, připomínající hračku, je založen na dynamické reakci roztočeného setrvačnicku.

Vhodným krouživým pohybem ruky se může počet otáček setrvačnicku zvýšit až na 12 000 ot/min.

Princip tohoto přístroje vychází z amerického patentu, který si podal v roce 1973 Archie L. Mishler. O několik let později našlo toto zařízení cestu do obchodů. Později došlo ke zdokonalení tohoto zařízení. Jedním z nejvýznamnějších doplňků byl malý elektrický generátor, který napájí několik svítivých diod.

Pohled na přístroj a obrázek z patentního spisu vidíme na obr.1.(převzato z [1] )



a

b

c

Obr.1

Na obr.1a vidíme celkový pohled na přístroj. Obr.1b ukazuje princip přístroje podle amerického patentu. Vidíme, že setrvačnick je nasazen na delší ose, která se může volně pohybovat v drážce pouzdra. Přístroj v řezu je znázorněn na obr.1c. Vlastní úhlová rychlost setrvačnicku je označena  $\vec{\omega}_s$ . Vynucená precese vyvolávaná pohybem ruky má úhlovou frekvenci  $\vec{\Omega}_p$ . Drážka má poněkud větší výšku než je průměr  $d$  osy setrvačnicku, jak je dobře vidět z obrázku 1c.

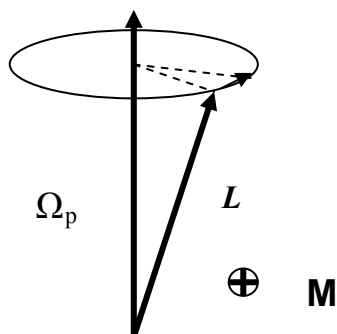
Vysvětlení na základě dynamiky setrvačnicku vychází ze základní pohybové rovnice pro rotaci tuhého tělesa. Podle ní je časová změna momentu hybnosti  $\vec{L}$  rovna působícímu výslednému momentu sil [2]:

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M} \quad (1)$$

Není-li moment síly příliš velký, spočívá odezva setrvačnicku v jeho precesním pohybu, jak je patrné z obrázku 2. Zde  $\vec{L} = J\vec{\omega}_s$ . ( $J$  je moment setrvačnosti vzhledem k ose setrvačnicku). Jestliže se výrazně nemění poloha okamžité osy v tělese (což je v našem případě

splněno), reaguje setrvačnick na působení vnějšího momentu precesním pohybem, jehož úhlová frekvence  $\vec{\Omega}_p$  vyhovuje vztahu

$$\vec{M} = \vec{\Omega}_p \times \vec{L} \quad (2)$$



Obr.2

Vztah (2) můžeme ovšem chápat také tak, že vynucená rotace s úhlovou rychlostí  $\vec{\Omega}_p$  vyvolá moment  $\vec{M}$ . To je vlastně tvrzení Foucaultovy věty, podle níž [3] roztočený setrvačnick s momentem hybnosti  $\vec{L}$ , který je nucen vykonávat další rotaci  $\vec{\Omega}$  ( $\vec{\Omega}$  není rovnoběžné s  $\vec{L}$ ), je podroben momentu, jenž působí tak, aby obě osy rotace byly souhlasně rovnoběžné. Vzniklý moment  $\vec{M}$  přitiskne osu setrvačnicku ke stěně drážky, jak je zakresleno na obr.3. Pouzdro se otáčí úhlovou rychlostí  $\vec{\Omega}_p$ . Tření mezi osou setrvačnicku a drážkou způsobí, že setrvačnick získá dodatečnou úhlovou rychlost

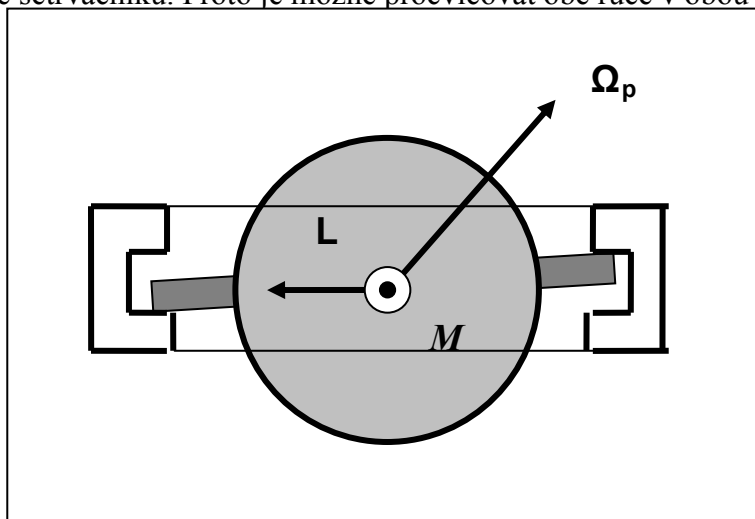
$$\Delta\omega = \frac{D}{d} \Omega_p, \quad (3)$$

kde  $D$  je střední průměr drážky (obr 1c) a  $d$  je průměr osy. Jestliže  $\Delta\omega > \omega_s$  nastává urychlování rotace setrvačnicku. V opačném případě by byl setrvačnick přibržděn. Vztah (3) můžeme přepsat i pro počty otáček za minutu ve tvaru

$$\Delta N = \frac{D}{d} n_p.$$

Změna směru vynuceného otáčení nemění výsledné působení na zvyšování otáček vlastní rotace setrvačnicku. Proto je možné procvičovat obě ruce v obou směrech otáčení.

Obr.3



Uvažujme, že  $D \approx 50$  mm,  $d \approx 2$  mm. Jestliže přístroji udělíme rukou 5 otáček za sekundu, tj.  $n_p = 300$  ot/min, bude  $\Delta N = 7500$  ot/min. Potřebný moment síly je značný a výrobci uvádějí, že síla nutná na udržení vynucené rotace přístroje dosahuje až 180 N. Uvádí se, že přístroj může být užit i k terapeutickým účelům.

Počáteční rotace se setrvačníku uděluje zpravidla pomocí šňůrky, která se navine do drážky na obvodu setrvačníku. Je nezbytné, aby počáteční hodnota  $\omega_s$  byla větší než určitá kritická hodnota. Jen za této podmínky je moment hybnosti a tím i vznikající moment  $M$  dosti velký, aby mezi osou setrvačníku a drážkou pouzdra působilo tření potřebné velikosti. Je též zajímavé, že dosažení vysokého počtu otáček vyžaduje jistou synchronizaci pohybu ruky. Ne každému se podaří roztočit Gyrotwister napoprvé. Také pokus nahradit pohyb ruky otáčením pouzdra na odstředivém stroji nevedl ke kladnému výsledku.

Cena Gyrotwisteru, zakoupeného v SRN se pohybuje v rozmezí 500-600 Kč. Jde o zařízení, které vtipným způsobem využívá vlastností setrvačníku a může ve školské fyzice posloužit při motivaci žáků.

### **Literatura.**

- [1] Ucke, Ch., Schlichting, H.J.: Faszinierendes Dynabee, Physik in unserer Zeit, 5/2000, s.230-231
  - [2] Klimeš, B. a kol. : Základy fyziky I, NČSAV, Praha 1962
  - [3] Záviška, F.: Mechanika, JČMF, Praha 1933
- [www.dynabee.de](http://www.dynabee.de)  
[www.powerball-germany.de](http://www.powerball-germany.de)

## FyzWeb v roce 2003

Jitka Houfková  
KDF MFF UK



O účelu, obsahu a vývoji FyzWebu, <http://fyzweb.cuni.cz>, na Veletrhu nápadů pravidelně informujeme již od jeho vzniku v roce 2000. FyzWeb je komplexní webový server pro podporu výuky fyziky a popularizaci fyziky, na jehož utváření měli vliv i účastníci Veletrhů. Podrobnější informace viz samotný FyzWeb, <http://fyzweb.cuni.cz>, nebo sborníky z Veletrhů 2000, 2001 a 2002.

V tomto příspěvku se soustředíme na novinky, které na FyzWebu připravujeme na začátek školního roku 2003/2004 a přinášíme aktuální informace o jeho návštěvnosti. Učitelé, kteří by měli zájem s redakcí FyzWebu spolupracovat, najdou v závěru příspěvku potřebné informace a kontakty.

### Novinky na FyzWebu

#### Obsah

Od školního roku 2003/2004 plánujeme zavedení *přidávání nových příspěvků v předem definovaných intervalech*, aby naši návštěvníci věděli, že pravidelně mohou na našich stránkách najít něco nového. Současná představa je taková, že se budou pravidelně střídát Novinky z fyziky, návody na pokusy a odborné články. Odpovědi v Odpověďně, komentované odkazy, informace v Kalendáři fyzikálních akcí a další aktuality budou samozřejmě přibývat průběžně.

Z větších obsahových celků, které jsou již rozpracované, na FyzWeb v nejbližší době přibudou: • *materiály z Kroužků fyziky pro středoškoláky*, které probíhají celý školní rok pod vedením studentů a doktorandů MFF UK, • *aplety s pracovními listy* a plány vyučovacích hodin z kanadského projektu Modular Approach to Physics přeložené do češtiny, • *pokusy pro střední školy*, jak je předvádějí zaměstnanci KDF MFF UK s komentáři, fotografiemi a videozáznamy, • *články vybraných odborných fyziků z MFF UK* o jejich fyzikálních oborech.

#### Služby

Rádi bychom FyzWeb přiblížili jeho návštěvníkům a zvýšili jeho interaktivitu. Za tímto účelem: • pracujeme na spuštění *sekce FyzForum*, • s přechodem k dynamickým stránkám chystáme možnost *zasílání informací o nových věcech na FyzWebu prostřednictvím e-mailu*, kromě toho, že informace o nově přidaných či změnných materiálech budou automaticky umisťovány na stránce Nové, • v obsahu FyzWebu bude možné *fulltextové vyhledávání* a vyhledávání podle klíčových slov, • uživatelé a návštěvníci FyzWebu se budou moci k jeho obsahu a funkci kdykoliv vyjádřit prostřednictvím *Ankety o FyzWebu*.

### Nová sekce FyzWebu - FyzForum

Na konec letních prázdnin tohoto roku je připravováno spuštění sedmé sekce FyzWebu nazvané *FyzForum*. Během podzimu by pak měly být odladěny případné problémy a obtíže a sekce FyzForum by se měla rozeběhnout naplno.



Obsah této sekce nebude tvořit redakce FyzWebu, ale měli by ho tvořit samotní návštěvníci FyzWebu prostřednictvím www formulářů na jejích stránkách. Redakce FyzWebu nenese za obsah této sekce zodpovědnost, nicméně si vyhrazuje právo mazat případné nerelevantní či nevhodné příspěvky. Výhodou takto koncipované sekce je, že uživatelé tak mohou dát své informace ostatním k dispozici okamžitě, bez recenzního řízení FyzWebu, a díky diskuzím se k nim ostatní mohou ihned vyjadřovat. Zajímavé příspěvky budou podrobeny recenznímu řízení FyzWebu a budou přidány do odkazů v odpovídajících sekcích FyzWebu, samozřejmě s uvedením autora. Tato sekce by měla mít velký význam pro vytvoření virtuální komunity učitelů fyziky a zájemců o fyziku, protože jim umožní vzájemně komunikovat velice snadným způsobem. Naším přáním je, aby zde návštěvníci FyzWebu začali „reálně“ spolupracovat ve „virtuálních komunitách“ a vznikl tak „celoroční Veletrh nápadů“ i další pracovní skupiny, které by přispívaly ke zlepšení výuky fyziky a k vnímání fyziky veřejností vůbec.

Pro začátek jsou navrženy čtyři základní složky obsahu této sekce. První dvě složky jsou elektronické konference, jedná se o konferenci *FyzForum*, otevřenou všem zájemcům o fyziku a její výuku, a o konferenci *Učitelé učitelům* aneb tipy, triky a rady pro výuku, výrobu pomůcek, provádění pokusů a užití internetu ve výuce. Další dvě složky jsou otevřené databáze (tj. databáze, do které mohou libovolní návštěvníci FyzWebu přidávat nové položky), jedná se o databázi *Odkazy*, do které budou mít návštěvníci FyzWebu možnost přidávat zajímavé fyzikální odkazy na internet a o databázi *Návody na pokusy*, určenou pro návody na fyzikálních pokusy. V databázích bude možné vyhledávat fulltextově, pomocí klíčových slov, podle oborů fyziky, v databázi návodů na pokusy pak i podle používaných pomůcek či podle typu pokusu a doby potřebné na jeho provedení a přípravu.

Z rozhovorů s učiteli fyziky víme, že o podobnou interaktivní službu specializovanou na fyziku mají zájem, ale teprve po jejím spuštění uvidíme, zda ji budou opravdu využívat.

### Novinky e-mailem

Jako novou službu FyzWebu bychom chtěli svým příznivcům nabídnout možnost zasílání informací o novinkách na FyzWebu prostřednictvím e-mailu.

Zájemce se prostřednictvím webového formuláře na stránkách FyzWebu zaregistruje (zvolí jméno, heslo) a navolí, jak a jaké e-maily mu mají být posílány. Díky vlastnímu jménu a heslu může nastavení kdykoliv změnit, může posílání zrušit, pozastavit či obnovit a může změnit e-mailovou adresu a další své údaje.

Při registraci si bude uživatel moci vybírat sestavování e-mailů z následujících možností:

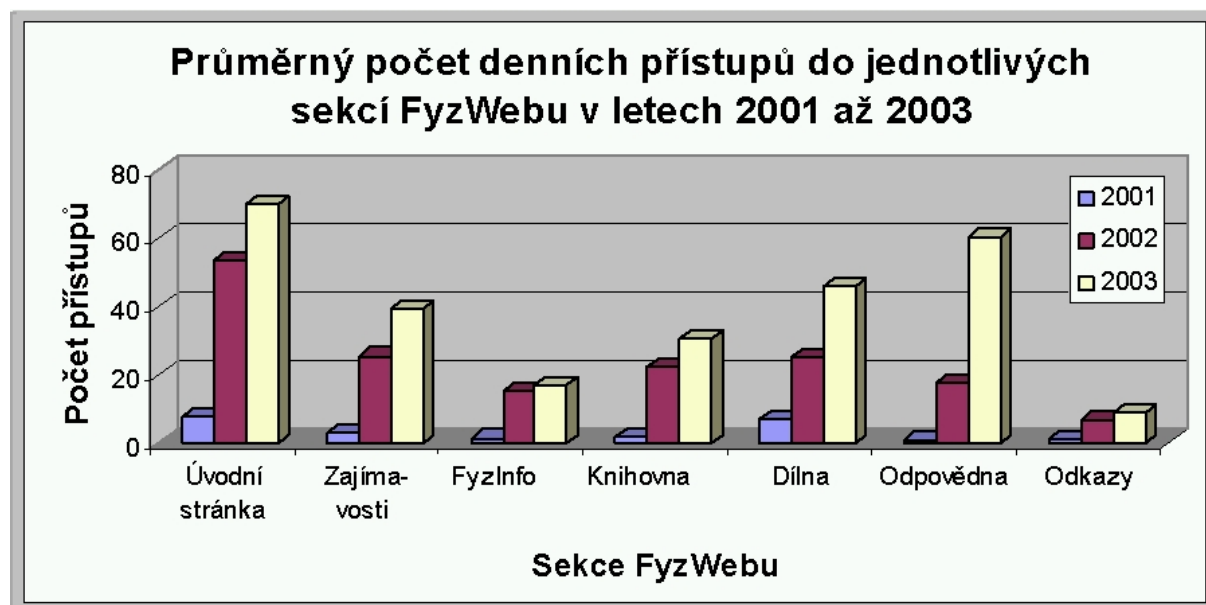
- a) *kdy odesílané*:
  1. *pravidelně*: jednou za měsíc (později častěji, možnost volby intervalu)
  2. *aktuálně*: vždy, když bude na FyzWeb přidáno něco nového do zvolené kategorie
- b) *obsahující*:
  1. jen *abstrakty* s přímými linky
  2. *celé texty* bez obrázků s přímými linky
- c) *sestavené z* (libovolné kombinace z následujících možností, případně vše):
  1. aktuální informace o dění kolem fyziky a její výuky
  2. Kalendář
  3. Novinky z fyziky
  4. Ostatní rubriky se sekce Zajímavosti
  5. FyzInfo
  6. Knihovna
  7. Dílna
  8. Odpovědna
  9. WWW odkazy

Registrace bude mít dvě části, povinnou a nepovinnou. Povinná část registrace by měla obsahovat: • jméno a příjmení, • e-mail, • volbu, co a jak posílat (nezvolí-li uživatel co a jak se mu má posílat, budou automaticky posílány pravidelně abstrakty všeho, tj. volby a) 1. + b) 1. + c) vše). Nepovinná část nám umožní získat nové informace o návštěvnicích FyzWebu a tím lépe určit další zaměření jeho vývoje.

### Návštěvnost FyzWebu

V posledním čtvrtletí (duben až červen 2003) bylo na FyzWeb učiněno v průměru více než 200 přístupů denně.

V grafu 1 je zachyceno porovnání průměrných počtů denních přístupů na server FyzWeb od počátku roku 2001 do poloviny roku 2003. Je patrné, že návštěvnost FyzWebu stále stoupá a oblíbenost jednotlivých sekcí má setrvalý charakter.



Graf 1: Průměrný počet denních přístupů do jednotlivých sekcí FyzWebu

Při sledování měsíčních průměrů se ukázal vliv letních prázdnin na návštěvnost FyzWebu. Během července a srpna 2002 návštěvnost oproti jiným měsícům tohoto roku poklesla o polovinu. Nejvíce se pokles projevil v sekci Knihovna, jejíž návštěvnost poklesla o téměř 60%, nejméně v sekci Odpovědná, kde poklesla pouze o 24%. Podle počtů dotazů, které byly během prvních dní letních prázdnin roku 2003 zaslány do Odpovědný lze soudit, že dramatický pokles návštěvnosti nehrozí Odpovědně ani o těchto prázdninách.

Na FyzWeb je přístupováno neustále. Ráno ožívá kolem šesté, nevíce přístupů je v době vyučování. Během dne je nejméně přístupů po sedmnácté a osmnácté hodině, od hodiny devatenácté se opět počet přístupů zvyšuje, po dvacáté třetí hodině klesá, ale nechybí ani noční přístupy.

Z porovnání průměrného počtu přístupů v jednotlivých dnech v týdnu je vidět výrazný pokles návštěvnosti o sobotách a nedělích.

Zvýšené počty přístupů v době vyučování ve všední dny i domény a adresy počítačů, ze kterých je přístupováno, svědčí o tom, že ač je na náš server přístupováno neustále, nejvíce přístupů je ze škol.

### **Kontakty na FyzWeb**

FyzWeb je přístupný na adrese <http://fyzweb.cuni.cz>.

Chcete-li kontaktovat jeho reakci, nejjednodušší je to prostřednictvím e-mailu na adresu [fyzweb@mff.cuni.cz](mailto:fyzweb@mff.cuni.cz), či přímo na e-maily jednotlivých redaktorů či autorů, které jsou uváděny buď u jednotlivých příspěvků nebo je možné je najít na stránce *Lidé kolem FyzWebu*.

Pro poštovní spojení využijte adresu: *FyzWeb*  
*KDF MFF UK*  
*Ke Karlovu 3*  
*121 16 Praha 2.*

K obsahu a funkci FyzWebu je kdykoliv možné se vyjádřit prostřednictvím webových formulářů v *Anketě o FyzWebu*.

### **Spolupráce s FyzWebem**

Přes to, že s redakcí FyzWebu spolupracuje řada odborníků, uvítáme nové, i jen příležitostné, spolupracovníky, především z řad učitelů základních a středních škol. *Provádíte ve škole nějaký zajímavý experiment, probíráte některé téma neobvyklým způsobem? Podělte se s ostatními! Na FyzWebu máte možnost zpřístupnit své nápady a zkušenosti pomocí internetu velkému množství lidí!*

RNDr. Jitka Houfková  
KDF MFF UK  
Ke Karlovu 3  
121 16 Praha 2  
<http://fyzweb.cuni.cz>  
[jitka.houfkova@mff.cuni.cz](mailto:jitka.houfkova@mff.cuni.cz), [fyzweb@mff.cuni.cz](mailto:fyzweb@mff.cuni.cz)

## Fyzikální experimenty nejen z letního tábora

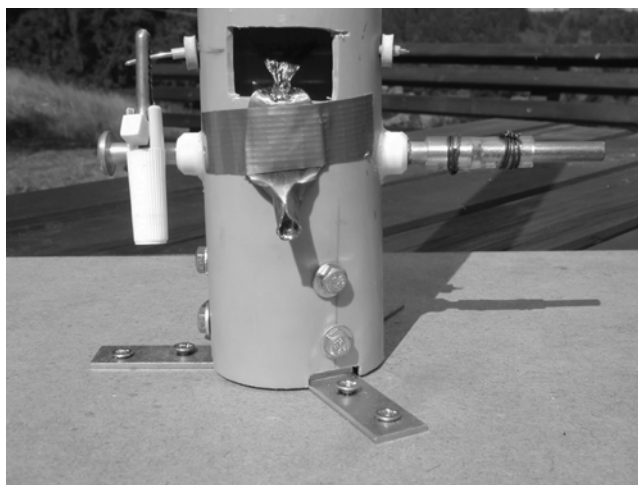
*Peter Žilavý, Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy, Praha  
Daniel Tekverk, Gymnázium Elišky Krásnohorské, Praha 4*

Příspěvek popisuje jednoduché konstrukce Van de Graaffova generátoru a modelu elektroměru z běžně dostupných materiálů a součástek. Tyto konstrukce byly vytvořeny v průběhu odborného programu fyzikálního soustředění pro středoškoláky, které již tradičně v čase letních prázdnin pořádá Katedra didaktiky fyziky MFF UK Praha.

Úspěšná konstrukce (fyzikální projekt) musí splňovat několik kritérií. Musí být dostatečně jednoduchá (možnost dokončení ve vyhrazeném čase), dostatečně fyzikální (pozorované jevy musí být vysvětlitelné na středoškolské úrovni, možnost provádění fyzikálních měření) a také dostatečně atraktivní. Je dobré, pokud konstrukce nabízí možnosti dalšího zlepšování či doplňování a pokud umožňuje uplatnění vlastních nápadů studentů. Příklady dvou takových fyzikálních projektů jsou popsány v následujících odstavcích.

### **Van de Graaffův generátor**

*Mechanická konstrukce:* K podkladové desce je pomocí třech úhelníků upevněna novodurová trubka o průměru 50 mm. Uvnitř této trubky je umístěn polyetylénový pás (ustřižen z polyetyléno- vého pytle). Ve spodní části trubky se pás otáčí kolem pevné kladky, v horní části kolem kladky



*Obr.1: Spodní část generátoru.*

pružně zavěšené pomocí dvou gumiček. Toto uspořádání zajišťuje dostatečné napínání pásu. Kladky jsou vyrobeny z plastových dílů k okenním šroubům. Uložení osičky (průměr 6mm) spodní (hnací) pevné kladky v novodurové trubce je provedeno také pomocí těchto plastových dílů (viz obr.1). Osíčkou lze otáčet ručně nebo pomocí elektrické vrtačky, která se k ní připojuje pomocí pružné spojky a hřídelky (viz obr.1). Kartáče přivádějící a odvádějící náboj k pásu jsou vyrobeny z rozpleteného ohebného vodiče připájeného ke kusu měděného plechu. Detail provedení kartáčů ukazují obr.1 a obr.2. Z druhé strany pásu jsou naproti kartáčům umístěny elektrody z izolovaného pevného vodiče (zasunuty do děr vyvrtaných v novodurové trubce). Klíčovou částí Van de Graaffova generátoru je konduktor (koule). V našem případě byla použita velká sklenice od okurek (objem přibližně 3l) z vnitřní i vnější strany hladce

polepená alobalem (pomocí oboustranné lepicí pásky). Vnitřní polep je vodivě spojen s vnějším polepem pásy z alobalu. Lze také použít velkou plechovku od barvy.



Obr. 2: Detail elektrod a celkový pohled na Van de Graaffův generátor bez konduktoru.

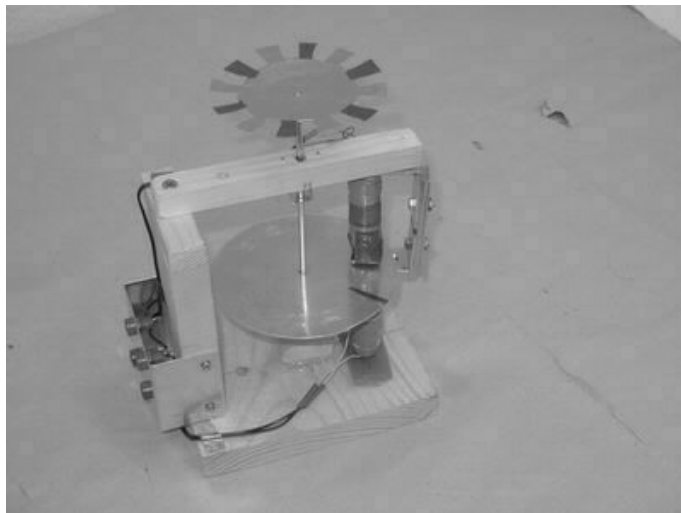
*Princip činnosti:* Mezi kartáč a elektrodu ve spodní části generátoru je přiloženo napětí přibližně 2,5 kV ze školního zdroje vysokého napětí (případně z nabitě Leydenské láhve). Silné elektrické pole u hrotů kartáče způsobuje přenos náboje na povrch pásu. Tento náboj je poté pásem unášen nahoru do dutiny kovového konduktoru (koule), kde je pomocí hrotů (kartáče) odsáván a odváděn na vnitřní povrch konduktoru, odkud přechází na jeho vnější povrch. Odvádění náboje z pásu na konduktor bylo výrazně vylepšeno použitím dvojice kartáčů, přičemž kartáč na vzestupné straně pásu byl propojen s elektrodou naproti kartáči na sestupné straně pásu (viz obr.2). Vodič připojený ke kartáči na sestupné straně pásu se zevnitř dotýká konduktoru. Dosažený potenciál konduktoru byl odhadnut na základě silových účinků na přibližně 25 kV.

Popsaná konstrukce nabízí možnosti experimentování například s tvarem a hustotou kartáčů a elektrod, případně i s jiným způsobem nabíjení pásu (tření). Lze také vyzkoušet jiný materiál pásu (hedvábí, guma a pod.)

### **Model elektroměru**

*Základem mechanické konstrukce modelu elektroměru (obr.3) je dřevěný stojan, ve kterém je svisle umístěna osička o průměru 4 mm (svařovací tyč nebo osička ze stavebnice Merkur). Otáčivý pohyb osičky s minimálním třením je zajištěn pomocí jehlového ložiska - ve spodním konci osičky je vrtákem o průměru 3 mm vytvořena prohlubeň, do které se opírá hrot jehly. Tato jehla je pomocí kousku dřeva (možno použít také korkovou zátku) připevněna (přilepena) k podstavě stojanu. Horní ložisko je tvořeno ohnutým plechem s vyvrtanou dírou (případně přímo dílem stavebnice Merkur) připevněným ke stojanu pomocí dvou vrutů. Na osičku je nasunut kruh vystřižený z hliníkového plechu. Kruh je podepřen kolečkem ze stavebnice Merkur (případně korkovou zátkou) a přilepen k osičce kapkou syntetické barvy (viz obr.4). „Napěťová“ a „proudová“ cívka modelu elektroměru je tvořena přibližně 200 závitů izolovaného vodiče (nejlépe smaltovaného drátu) navinutého na železné jádro o průměru 8 mm (uříznuto z hřebíku délky 20 cm). Cívky jsou umístěny kolmo na hliníkový kotouč z obou jeho stran tak, aby jejich osy byly vzájemně posunuty (ve směru otáčení kotouče) přibližně o 7 až 10 mm. Horní cívka je navíc opatřena jednoduchým magnetickým*

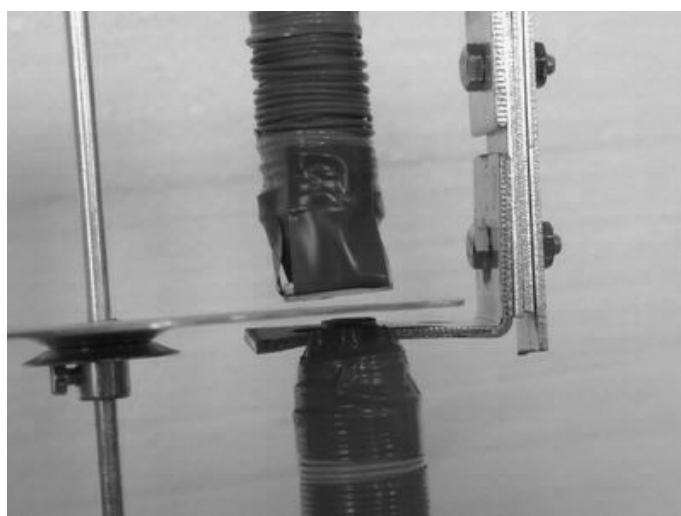
obvodem sestaveným ze železných úhelníků. K této cívce je také přilepen lepící páskou „pólový nástavec“ tvořený čtverečkem železného plechu. V úhelníku, který zasahuje pod kotouč, je pilníkem vytvořena díra pro jádro spodní cívky (viz obr.4). Přívody k cívkám jsou vyvedeny na izolované zdíčky pro snadné připojení napájecích zdrojů.



*Obr.3: Celkové uspořádání modelu elektroměru.*

*Princip činnosti:* Po připojení obou cívek ke zdroji střídavého napětí (2 až 3V) vytváří střídavé magnetické pole spodní cívky v hliníkovém kotouči vířivé proudy. Díky posunutým osám cívek magnetické pole ve vzduchové mezeře magnetického obvodu horní cívky „zasahuje“ tyto proudy pouze v jednom směru. Výsledkem je pak nenulová celková magnetická síla a tedy i nenulový moment roztáčející hliníkový kotouč. Tento moment má stejný směr při obou půlvlnách napětí zdroje.

Uvedená konstrukce umožňuje zkoumat vliv změny směru proudu v jedné nebo v obou cívkách na směr otáčení hliníkového kotouče. Lze také pozorovat brždění kotouče po přiblížení permanentního magnetu.



*Obr.4: Detail umístění cívek a hliníkového kotouče.*

## Vzdálené řízení experimentů po internetu, po GSM a po 230V síti

František Lustig,  
MFF-UK Praha

### Úvod

Příspěvek přiblíží další média, kromě internetu, která by mohla přispět do technologie vzdálených laboratoří. Ukážeme možnosti řízení a měření s mobilní technologií GSM a možnosti měření a řízení po 230V síti. Jsou to média, která se více prosazují v běžném životě, v domácnosti. Jsou to média, která jsou stále bližší než internet a počítač.

### Vzdálené laboratoře na internetu, co nového a jak dál

#### a) Technologie ISES WEB Control

Velkým "hitem" roku 2002 byla návštěva vzdálené laboratoře na <http://kdt-14.karlov.mff.cuni.cz>. Řízení hladiny po internetu si vyzkoušelo 2400 návštěvníků (převážně domácích, ale i zahraničních). Tento přístup ke vzdáleným laboratořím je založen na modulárním systému programů "**ISES WEB Control**", který umožňuje sestavit řízení téměř libovolných experimentů i jejich sledování WEB kamerou.

"ISES WEB Control" sestává z modulů: *Measure server*, *Image server*, *GraphMaker server* a z nějakého *WEB serveru* pro Windows (např. volně dostupný PinkNet Web server aj.). Za zmínku stojí *Measure server*, který umožňuje zkonfigurovat experiment s hardware ISES základní, resp. ISES Professional. Modul *Image server* je téměř nezbytností pro podporu WEB kamer, neboť standardní "streamingovou" metodu přenosu videosignálu nelze uplatnit pro "velké" zpoždění signálu; pro on-line experimenty potřebujeme rychlý on-line přenos obrazu.

Z této softwareové "stavebnice" lze jednoduše sestavit interaktivní řízení experimentu s podporou WEB kamery, či sledování až 4 veličin a jejich grafickou prezentaci včetně možnosti odeslání naměřených dat, podívejte se na <http://kdt-16.karlov.mff.cuni.cz>, kde máte možnost sledovat teplotu za oknem naší laboratoře, teplotu uvnitř u serverů, svit slunce, svit žárovky. Komplexně vyřešenou vzdálenou komunikaci s experimentem představuje pokus elmg. indukce s rotujícím magnetem na <http://kdt-20.karlov.mff.cuni.cz>, kde lze experiment řídit, sledovat kamerou, vykreslovat grafy a posléze si naměřené hodnoty přenést do svého počítače a dále je zpracovávat např. v Excelu aj.

Výhodou těchto modulů ze softwareové stavebnice "**ISES WEB Control**" je, že nevyžadují instalaci nějakého Run Time modulu, tak, jak tomu bylo u varianty Remote Panel s Lab VIEW. V případě technologie ISES WEB Control je třeba mít pouze WEB prohlížeč (např. IE). Zde bych chtěl upozornit, že váš počítač musí mít nainstalovanou Javu, která je běžnou součástí operačních systémů (např. WIN98 aj.), ale není již automatickou součástí nových Windows XP(!), lze ji však doinstalovat.

#### b) Technologie Remote Panel z Lab VIEW.

V [2] jsou přehledně rozebrány možnosti vzdálených přístupů k laboratořím, zde připomeneme možnost, kterou přináší Lab VIEW 6.1. - Remote Panel. Jde o uživatelsky pohodlný způsob, jak své experimenty "vyvěsit" na WEBu (je to ale asi i nejdražší řešení). Lab VIEW v nové verzi přichází s novinkou ve formě tzv. vzdáleného panelu (Remote Panel). O co se vlastně jedná? Uživatelská podoba virtuálního přístroje má podobu Front Panelu. A právě tento Front Panel lze snadno umístit na Webové stránky. Webový server je součástí programu Lab VIEW 6.1. Konstrukce WWW stránek je v samotném Lab VIEW velmi omezená, ale přesto je tento způsob zpřístupnění virtuálních přístrojů zajímavou novinkou.

Uživatel musí mít kromě standardního prohlížeče (např. IE) nainstalován ještě volně dostupný LabVIEW Run-Time Engine (lze stáhnout z [www.ni.com](http://www.ni.com)).

Nainstalujte si LabVIEW Run-Time Engine a vyzkoušejte si experimenty Kmity na pružině, Ovládání žárovky a Voltampérová charakteristika diody na <http://kdt-17.karlov.mff.cuni.cz>.

### ***Vzdálené experimenty na GSM síti, aneb ovládáme experimenty přes mobil***

Velmi rozšířeným komunikátorem se stal **mobil**. Z našeho pohledu je to jenom trochu jiný modem, který dovede spolupracovat s počítačem, ale i bez něho. A právě autonomní komunikace zkusíme využít k řízení experimentů.

Využili jsme komerční zařízení, které umí tzv. dálkový GSM dohled, který je určen pro "vysoce účinné zabezpečení automobilů a nemovitostí" A ještě několik citací z úvodního manuálu. "Zařízení lze dobře využít i pro přenos technologických informací jako například stavu hladin vodojemů, překročení teplot a podobně", atd.

A nyní již rychle k podstatě zařízení. Mobilní telefon se doplní zařízením, které disponuje 8 signály, které mohou být vstupní, resp. výstupní. Tyto vstupy/výstupy lze ovládat pomocí známých SMS zpráv. Dovedeme tedy ovládat 8 binárních výstupů (podoba SMS zprávy má formát "XX1234OUT1\_1, resp. XX1234OUT1\_0, kde 1234 je libovolný kód-heslo a 0 nebo 1 nastavujeme příslušný signál). Čtení vstupů je buď po jednotlivých signálech, resp. se čte celé stavové slovo (podoba SMS zprávy má formát "XX1234LIST a vrátí se mi SMS ve tvaru n-tice nul a jedniček 0011111).

GSM vzdálený dohled umožňuje i monitorování aparatury. Umí odeslat "alarmové" zprávy na mobil (XX1234SMSTXT1\_"alarm1"), resp. na e-mail (pro Eurotel EML adresa\_příjemce (předmět\_zprávy) text\_zprávy). Umí samozřejmě i standardní akustický odposlech prostoru aj.

Ti, co mají v podvědomí trochu elektroniky si hned uvědomí, že nemusíme pracovat jenom s binárními kanály, ale máme šanci převést binární signály na analogové. No a máme vystaráno. Je k dispozici GSM měřicí ústředna pro dálkové ovládání binárních i analogových signálů. Komfort GSM měřicí ústředny není tak dokonalý jako měřicí ústředna na internetu, ale zato ji má kdekdo v kapse.

V současné době tuto GSM měřicí ústřednu využíváme ke vzdálenému dohledu počítačů. (jistě znáte situaci, kdy je potřeba server vypnout a zapnout, resp. restartovat a nikdo z kolegů není k dispozici, potom je GSM ovládání výborné řešení).

### ***Vzdálené experimenty řízené po 230V síti***

Jednou z nejrozsáhlejších sítí je elektrorozvodná síť 230V. To si již uvědomilo mnoho lidí. Ale pro přenos informací se zatím používá jenom zkušebně. Všichni jsme na "jednom drátu". I elektrorozvodné soustavy mimo republiku jsou dokonce nafázované. Zdá se, že síť sítí je hotova. Pro přenos informace namodulované na 230V napětí nic nestojí v cestě. A přeci, velkým problémem jsou transformace napětí (řeší se to optickým přenosem, který posune napěťovou hladinu, a jsou zde asi i další problémy).

Přesto se již v domácnostech využívá komunikace po 230V síti. A zase to byla zabezpečovací technika, která chtěla přenášet informace, aniž by musela vytvářet nové vodiče. Modulace na 230V hladinu není velký technický problém.

Trochu se musel vymyslet a dohodnout bezchybný komunikační protokol. Tak jako má počítačová sériová komunikace svůj protokol, své start a stop bity, paritu aj., tak jako má LAN síť svůj TCP-IP protokol, tak má i 230V síť svůj "X-10" protokol. Vlastní digitální signál X-10 je tvořen krátkými balíčky, které jsou "posazeny" na 50Hz signál 230V AC. Přenos dat je synchronizován s průchodem střídavého proudu sítě jeho nulovou hodnotou. Digitální data jsou přenášena v rámci datového bloku, který je uvozen návěstím Start Code,



následuje adresa a vlastní data. S ohledem na zabezpečení přenosu dat, jsou tyto bloky přenášeny v identickém páru, který je porovnáván. Každý adresový či datový bit je navíc přenášen v přímé a komplementární formě.

Adresa každého modulu pro protokol X-10 sestává z písmene (A-P) a čísla (1-16). Maximální počet adres je 256. Čímž je dána HW velikost jednoho "uzlu".

Systém je domyšlen až tak, že nerušíme souseda a soused nás - před domovní jistič se umístí filtr, který nás odcloňuje. Dále je zajištěno i spřažení fází, aby signál pronikal i do druhých fázových vodičů.

**Moduly**, které jsou k dispozici - zapínání a vypínání žárovky (max 300W), stmívač žárovky, zapínání a vypínání spotřebiče s větším odběrem (16A), detektor pohybu se světlem, detektor pohybu s kamerou, a další moduly např. přímo zabudované do rozvaděčů a standardních vypínačů aj. Kamery systému X-10 mají přenos signálů na frekvenci 2,4 GHz, kamera může být vzdálena cca 30m od přijímače.

**Povelování** ovládacích modulů systému X-10 je možno provádět z kontrolérů přes počítačový interface (na COM) nebo z ručního ovladače s *radiovým přenosem*.

Využitelnost protokolu X-10 pro řízení experimentů je prozatím malá. Systém převážně komunikuje příkazy ON / OFF. Dovede však přenášek i datové hodnoty - umí např. stmívat žárovky aj., ale ke skutečnému přenosu informace např. teploty aj. tato zařízení neinklinují.

## Závěr

Příspěvek ukázal technické možnosti a principy vzdálených laboratoří. Mezi remote technologie jsme zařadili **internet** i dosud méně známé **GSM control** a **X-10** pro 230V. Nejdokonalejší je samozřejmě internetová LAN síť, která asi jako jediná zůstane v laboratořích.

Ale nejenom v laboratoři žije člověk, ale i doma např. v kuchyni si někteří rádi zaexperimentují a proto jsem do vzdálených komunikací zařadil i vzdálené ovládání domácnosti systémem X-10.

Rovněž tak vzdálený GSM dohled umožňuje řízení velmi dostupným komunikátorem - mobilem. Rovněž tato komunikace zřejmě nepřinese vysokorychlostní řízení dat, ale jistě nalezne četná uplatnění v běžném životě.

## Literatura:

[1] Lustig, F.: „Distanční fyzikální laboratoře“, in sborník ICTE 2002, Rožnov pod Radhoštěm, 27-34.

[2] Lustig, F.: „Vzdálené reálné školní laboratoře na internetu“, in sborník POŠKOLE 2002, Lázně Sedmihorky 2002, 33-38.

[3].Lustig, F., Koupil, J.: Závěrečná zpráva projektu "Školní experimenty v prostředí LabVIEW" (FRVŠ 2002, tematický okruh G4)

## Autor:

RNDr. František Lustig, CSc.

Katedra didaktiky fyziky, MFF UK Praha

Ke Karlovu 3, 121 16 Praha 2, ČR

telefon: +420 - 2 2191 1286, +420 - 602 858 056

e-mail: [Frantisek.Lustig@mff.cuni.cz](mailto:Frantisek.Lustig@mff.cuni.cz), www: <http://www.ises.info>

## Nové zábavné muzeum

*Valášek J.*

NADACE ŠKOLA HROU byla založena za účelem hledání alternativního využití volného času dětí, dospívající mládeže a seniorů, osvěty a tvorby nových forem zábavného vzdělávání. Hlavním cílem nadace je vybudování zábavně-naučného muzea v Liberci. Nadace úzce spolupracuje s libereckým CENTREM BABYLON, prvním krytým společenským komplexem v České republice s celoročním provozem, orientovaným na zábavu a relaxaci. CENTRUM BABYLON ročně navštíví třičtvrtě milionu osob, z toho tematický aquapark tři sta tisíc. V Liberci jsou další významná turistická místa, z nichž nejnavštěvovanější je zoologická zahrada s obdobnou návštěvností. Lanovka na televizní vysílač Ještěd ročně přepraví kolem čtvrt milionu cestujících.

Liberec je významným kulturním a společenským městem na severu Čech. Jeho předností je úzká spjatost s blízkými horami a snadná dosažitelnost po dálnici z Prahy. To vše jsou důvody, proč muzeum umístit do Liberce a navíc v těsné blízkosti CENTRA BABYLON. Velké kryté parkoviště, dvě desítky restauračních provozů a řada dalších služeb pod jednou střechou jsou předpokladem úspěchu muzea LABYRINT.

Myšlenka na vybudování prvního českého zábavně-naučného muzea je rozvíjena již několik let nadšenými jedinci a vedením NADACE ŠKOLA HROU. Byla navštívena řada obdobných zahraničních muzeí, zahájeny přípravné koncepční práce, hledány vhodné objekty, vytipovávány budoucí exponáty a jejich výrobci. Nedílnou součástí vzniku muzea je i získání potřebných finančních zdrojů, neboť nejde o běžnou podnikatelskou potřebu. Hlavním investorem je NADACE ŠKOLA HROU a několik dalších soukromých subjektů, z nichž nejvýznamnější je CENTRUM BABYLON, poskytující vhodný objekt. V současné době je zajištěno více než 50 % potřebných finančních zdrojů. Zbývající část prostředků je nutné získat v rámci konkrétních programů z jiných zdrojů včetně státních.

### ***Zábavně-naučná muzea ve světě a u nás***

V zahraničí je dostatek specializovaných muzeí, která mohou být vzorem nebo inspirací pro tvorbu exponátů a koncepce prvního českého zábavně-naučného muzea s pracovním názvem LABYRINT. Dle svého charakteru je lze zjednodušeně rozdělit do tří druhů - na muzea technická, futurologická a hravá. Každé z nich jinak působí na návštěvníky a jiným způsobem zprostředkovává poskytované informace.

**Technická muzea** jsou základní formou naučných muzeí, popisující život našich předků, užívané nástroje a zařízení té doby, lokální zvláštnosti, specifické vynálezy a podobně. Velká muzea mají tendenci obsáhnout široké spektrum oborů a mají i exponáty velkých rozměrů. Interaktivita v nich bývá potlačena na vysvětlování principů některých jevů. Jako příklad obrovských muzeí lze jmenovat Science museum v Londýně nebo Deutsches museum v Mnichově. V těchto obrovských muzeích najdete lokomotivy, letadla, rakety, poznatky lékařské vědy, jednotlivé výrobní technologie a nespočetně mnoho dalších námětů. Nosným prvkem je historický přehled technického rozvoje, doplněný o pasivní vysvětlení funkce a účelu použití. Oživení expozic je většinou prováděno tak, že po zmáčknutí tlačítka se v prosklené vitrině uvede model nebo zařízení do pohybu. Jde o názornou demonstraci, avšak návštěvník není nikterak zatažen do děje. Elektromechanická zařízení bývají často porouchána, což snižuje zájem a odrazuje návštěvníky od vyzkoušení dalších mechanismů.

Mnohem většímu zájmu se těší cokoli, co nutí k fyzické činnosti. Tím může být roztočení mechanismu klikou, možnost osahání si jakéhokoli zařízení, hravá aplikace na modelu nebo speciální oddělení zaměřené pro školní mládež. Návštěva rozsáhlého technického muzea zabere celý den a pro méně technicky nadané lidi bývá nudná. V České

republiky se popsaným velkým zahraničním muzeím blíží technická muzea v Praze a v Brně. Tematické technické sbírky lze nalézt v mnoha dalších menších muzeích. Popsaný klasický přístup není směrem, kterým by se muzeum LABYRINT mělo ubírat. Přesto jsou některá zahraniční muzea zdrojem námětů a inspirace pro dílčí prvky expozic.

**Futurologická muzea** nabízejí poznatky vědy, techniky a jejich využití v současnosti i budoucnosti. Návštěvníkovi je předkládána aplikace různých vynálezů a jsou mu představeny technické vymoženosti, se kterými se v běžném životě prakticky ani nemůže setkat. Ve většině případů jde o velmi náročné investice do zařízení a technologií, které bývají zasazeny do architektonicky ztvárněného prostředí, blížícího se až zábavnímu parku. Typickým představitelem tohoto směru je park EPCOT v americkém Orlando nebo nově zbudovaný park vedle kalifornského Disneylandu.

Ve spojených státech a v Kanadě je mnoho muzeí vědeckého a naučného typu, která jsou podporována státem, městy a významnými institucemi.

Evropským příkladem může být muzeum Explore v anglickém Bristolu, některé expozice v londýnském Science muzeu nebo v pařížském La Villette. Někdy jde více o kombinaci vědy, techniky a moderního výtvarného pojetí, než o hravou interaktivní nabídku. Mnoho exponátů působí dojmem všesvětové výstavy (jakéhosi "malého Hannoveru"), instalované za účelem ohromit návštěvníka. Nevýhodou takovéto expozice je její relativně rychlé morální stárnutí, neboť to, co se dnes jeví jako novinka, může být za několik let okoukanou minulostí. Cenu takovýchto exponátů navyšuje potřebné softwarové vybavení, které bývá zpravidla vyvinuto pouze pro daný účel. Moderně pojaté futurologické muzeum opět není náš směr, neboť vyžaduje nejen obrovské finance na jeho vznik, ale i velké volné prostory pro novou moderní budovu. V České republice takovéto muzeum zatím neexistuje.

**Hravá muzea** - tak by šla nazvat specializovaná zařízení, která byla vybudována za účelem hry, zábavy a poučení. Jsou založena na interaktivitě, vtipném řešení nebo netradičním podání obecně známého jevu. Návštěvníci se sem opakovaně chodí pobavit, vyzkoušet si svoji šikovnost a znalosti, zapřemýšlet a aktivně trávit svůj volný čas. Muzea jsou vybavena jednoduchými, ale účelovými exponáty, vyrobenými speciálně pro potřeby návštěvníků.

Může jít o dětskou hru, zručnost, hlavolamy, iluze působící na naše smysly, matematické hříčky, fyzikální jevy, optické klamy nebo zcela volnou formu kuriozit až po bláznivé zábavné nápady. Příkladem té zcela volné formy jsou sítě muzeí "Believe it or not" a muzea Guinnessových rekordů, jež naleznete zejména na americkém kontinentu. Rovněž by šlo k této části zařadit vznik muzeí miniaturních staveb nebo voskových figurín. Zde však jde víceméně o pasivní prohlídky s velmi omezeným interaktivním působením (Italia in Miniatura v Rimini, Madurodam v Den Haagu, Mini-Europe v Bruselu a další). V Čechách se uvedenými směry vydalo pelhřimovské Muzeum kuriozit a miniatury u Mariánských Lázní. Muzea voskových figurín již naleznete i u nás (Praha, Karlštejn, Český Krumlov).

Naproti tomu hravá a poučná muzea jsou mnohem přitažlivější a pestřejší obsahově. Zpravidla si nekladou za cíl postihnout beze zbytku daný tematický okruh, ale jen nabídnout část z nastíněné problematiky. Typické dětské hravé zaměření najdete v berlínském Labyrintu nebo jako součást velkých muzeí. Některá z nich jsou vybavena jakýmsi interaktivními dětskými koutky, kam dospělého nepustí "bez doprovodu dětí". Jde nejen o oživení expozic jinak "seriózních kamenných muzeí", ale i o velmi promyšlené vzbuzení zájmu dětí o vědu. V těchto muzeích si najdou své i dospělí. Příkladem může být matematický kabinet v mnichovském Deutsches museum. Naopak český pokus "muzea hry" v Brně je "školometská" a nezáživná cesta. Světový trend hravých muzeí směřuje ke zcela novému pojetí. Každé muzeum je však originální, i když v některých naleznete identická zařízení, pocházející z jednoho výrobního zdroje. Příkladem interaktivních muzeí je NEMO v Amsterdamu, Technopolis v belgickém Mechelenu, Techniquet v anglickém Cardiffu, oddělení fyzikálních

přístrojů v Italia in Miniatura v Rimini nebo relativně malé Deutsches hygiene museum v Drážďanech. Některá muzea mají až dvě stovky vyrobených exponátů a jejich návštěva pak zabere i celý den. Prakticky nelze během několikahodinového pobytu odzkoušet vše a návštěvníci se do nich opakovaně vrací. Muzea mívají i celoroční roční vstupné, pořádají se v nich různé společenské akce či semináře. Mnoho takto zaměřených muzeí se mezinárodně sdružuje, pořádá konference, hledá nové cesty rozvoje. U nás se tomuto pojetí přiblížila putovní výstava interaktivních exponátů, vyrobených na bratislavské univerzitě J. A. Komenského. Popsaný směr je shodný se záměry budovaného muzea v Liberci.

### **Zrod muzea stojí na nadšených lidech**

Inspiraci lze čerpat ve stovkách zahraničních muzeí, v zábavních parcích či střediscích. Každé zařízení je originální vzniklo za určitých historických a ekonomických podmínek, sleduje určitý záměr, a chce oslovit určitý segment návštěvníků. Není možné chtít vše, tak jako vše nenaleznete v žádném z nich. Poznatky ukazují, že čím jednodušší a volnější cestou se zpočátku vydáme, tím lépe se budou později formulovat konkrétnější cíle. Vznik zábavně-naučného muzea vyžaduje velké úsilí a týmovou spolupráci. Musí se dát dohromady vizionáři, pedagogové, technici, výtvarníci, hobbyisté i lobbyisté, aby společně v budoucnu dosáhli vytčeného cíle. Vybudovat takovéto muzeum je nikdy nekončící prací, vyžadující hlavně nadšení, tvořivost a dobrou koordinaci.

Ze zahraničních návštěv různých typů muzeí bylo pořízeno velké množství fotodokumentace. Tu je potřeba utřídit a vybrat z ní základní inspirativní směry. Vytipovaná zařízení je potřeba promyslet, rozkreslit a vyrobit. Prakticky mimo fotografií a ústního popisu funkce nebo osobní návštěvy muzea jiné podklady neexistují. Nelze získat žádnou výkresovou dokumentaci. Každé z muzeí si exponáty vyrábí samo a logicky své know-how střeží. Proto se tvůrčí tým neobejde bez technicky nadaných praktiků a do hloubky přemýšlivých osob. Zadávat takovouto práci komerčně orientovaným subjektům by bylo finančně velmi náročné a nesplnilo by očekávaný výsledek. Výrobci exponátů by proto měli být nadšenci pro danou věc a neměli by mít přehnané finanční požadavky. Vedení pověřené jejich manažerováním by mělo toto nadšení umět vytvářet. Proto na začátku celého projektu stojí velmi obtížný úkol, kterým je vyhledávání osob vhodných ke spolupráci. Ty nelze hledat jinak, než získáváním doporučení, osobními pohovory nebo i náhodným procesem. Musí jít o jakousi řetězovou reakci připomínající dnes nostalgický western "Sedm statečných".

V principu bude nutné vyhledat tři typy osob:

- 1) **Lobbyisty**, vizionáře, nadšené šířitele myšlenky a vlivné lidi. Tito lidé napomáhají realizaci projektu na té nejvyšší úrovni, hledají kontakty, finanční zdroje, sponzory, materiální a technické vybavení, náměty...
- 2) **Realizátory** koncepce muzea, tvůrčí osobnosti, organizátory, vedoucí projektů, konstruktéry. Tento tým zpracovává obsahovou část a zadává výrobu jednotlivých exponátů.
- 3) **Výrobce** exponátů, kutily, zručné řemeslníky, výtvarníky, zpracovatele dílčích úkolů. Tato nejpočetnější skupina vyrábí konkrétní exponáty a realizuje dohodnuté cíle.

### **Postup realizace**

Muzeum vzniká pod patronací NADACE ŠKOLA HROU, která byla za tímto účelem založena. Již několik let jsou sbírány informace o různých obdobných muzeích a hledán vhodný obsah prvního českého muzea tohoto zaměření. Obdobně byl hledán i vhodný objekt pro umístění exponátů. Jako nejvhodnější se jeví objekt bezprostředně sousedící s komplexem CENTRUM BABYLON. Výhodou tohoto umístění je předpokládaná vysoká návštěvnost a využití veškerého zázemí komplexu. Jde zejména o kryté parkoviště a restaurační provozy. Oba objekty lze propojit přes nákupní městečko. Rekonstrukce budoucího objektu potrvá

přibližně dva roky. Během této doby je potřeba vytvořit obsahovou koncepci muzea a zahájit výrobu exponátů, přičemž předpokládaný počet přesáhne dvě stě interaktivních zařízení s rozličnou tematikou. Budou vznikat od těch nejjednodušších a mobilních až po složité, pevně v muzeu instalované. Vyrobené exponáty budou v první fázi výstavby muzea umísťovány v dočasně uvolněných obchůdcích nákupního městečka, případně v lunaparku či aquaparku a budou volně přístupné návštěvníkům. Tato skutečnost hraje nejdůležitější roli při jejich výběru a zpracování. Dozor personálu zde není plánován a byl by nerentabilní. Volně přístupné exponáty budou zároveň jakýmsi průzkumem zájmu a testováním správné cesty pro výrobu dalších. Zároveň plní funkci propagace budoucího celku.

Vyrábět exponáty "na sklad" není motivující a chyběla by zpětná vazba o jejich funkčnosti a kvalitě. Výroba bude koordinována realizačním týmem, v jehož čele stojí člen správní rady NADACE ŠKOLA HROU Jiří Valášek, který je i místopředsedou akciové společnosti CENTRUM BABYLON. Jako vedoucí projektu je zodpovědný za obsahovou a finanční stránku, týkající se výroby exponátů. Za výstavbu objektu muzea je zodpovědný Ing. Miloš Vajner, předseda představenstva CENTRA BABYLON. Tato provázanost funkcí zajišťuje bezproblémové vztahy mezi danými subjekty. Instalace prvních exponátů je plánována v prostorách nákupního městečka v průběhu měsíce září 2003. Dle složitosti výroby exponátů a počtu jejich výrobců lze očekávat měsíční produkci přibližně deseti jednoduchých exponátů. Výroba složitějších exponátů pro stálé umístění bude mnohem komplikovanější. Z vybraných exponátů lze rovněž uspořádat putovní výstavku po České republice, která by plnila i akviziční činnost.

Pro usnadnění představ veřejnosti je používán termín muzeum, i když zdaleka nevystihuje tvořivou, hravou a interaktivní podstatu projektu. Rozvinutím názvu o "zábavně-naučné" dochází k lepšímu objasnění jeho obsahu. Slovo muzeum pak dodává pocit serióznosti. Naším cílem je vytvořit příjemné prostředí, do kterého by se návštěvníci rádi vraceli.

Otevřenou otázkou je i vhodný název, který by navozoval asociace spojené s obsahem a prostředím "muzea". Labyrint je bludištěm v říši poznávání a hledání cest v neznámém prostředí. Tento název však budí vážnost a hloubavost, kdežto naše muzeum má být plné radosti, nenásilného poznávání, experimentování a alternativního využívání volného času.

Hledáme partnery, aktivní lidi, výrobce i dárce exponátů a nové kontakty pro připravované zábavně-naučné muzeum!

## Tajemná fyzika

František Špulák,

Jihočeská univerzita, PF, České Budějovice

Motto: Proč nosí beduíni černé pláště?

Přenos tepla mezi systémem a okolím je možný třemi mechanismy: vedením, prouděním a zářením. U vedení a proudění je potřeba k přenosu hmotného prostředí. U třetího způsobu přenosu tepla mezi předmětem a jeho okolím je přenos tepla zářením, někdy též sáláním, prostřednictvím elektromagnetických vln. Stojíme-li na poledním slunci, zahříváme se tím, že pohlcujeme tepelné záření od Slunce. Pro přenos tepla zářením není potřeba žádné hmotné prostředí.



Výkon  $P_r$  vyzařujícího předmětu závisí na velikosti jeho povrchu  $S$  a na teplotě  $T$  (musí být zadána v kelvinech) a je dán Stefanovým - Boltzmannovým zákonem

$$P_r = \sigma \cdot \varepsilon \cdot S \cdot T^4 \quad (1)$$

kde  $\sigma$  je Stefan-Boltzmannova konstanta ( $\sigma = 5,6703 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$ ),  $\varepsilon$  je emisivita povrchu předmětu a nabývá hodnot mezi 0 a 1 podle složení a provedení povrchu tělesa. Předmět s největší emisivitou rovnou 1 se nazývá černé těleso (černý zářič) – to je teoretický model. Všimněme si, že každý předmět s teplotou vyšší než 0 K tepelně vyzařuje (včetně lidí).

Výkon  $P_a$  s jakým předmět absorbuje energii formou tepelného záření z jiného zdroje (o teplotě  $T_0$  v kelvinech) je

$$P_a = \sigma \cdot \varepsilon \cdot S \cdot T_0^4 \quad (2)$$

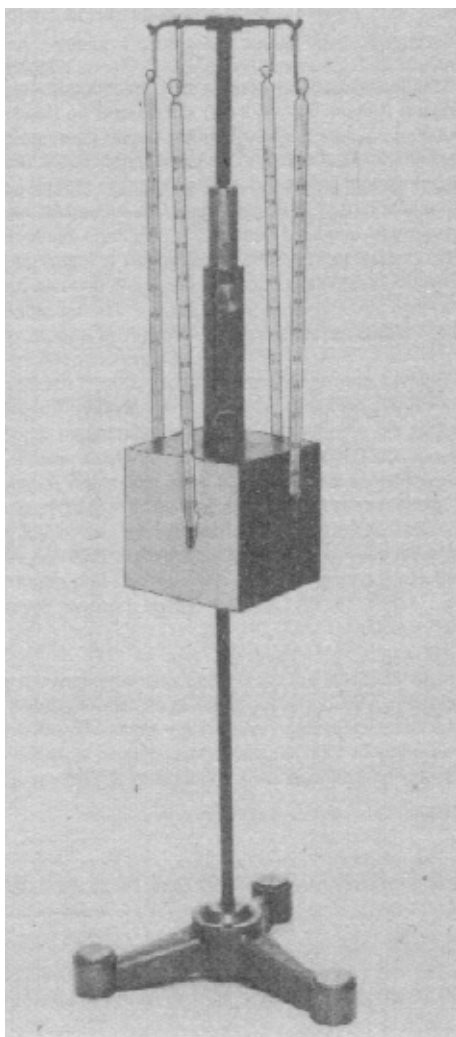
Předmět teploty  $T$  vyzařuje energii do svého okolí a současně energii z okolí přijímá. Neuvažujeme-li přínos záření odraženého je úhrnný výkon  $P_\Sigma$  dodaný tepelným zářením roven

$$P_\Sigma = \sigma \cdot \varepsilon \cdot S \cdot (T^4 - T_0^4) \quad (3)$$

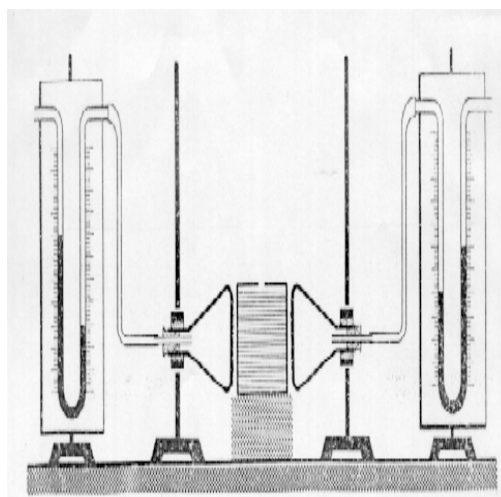
K demonstraci závislosti vyzařování energie na povrchu tělesa používáme např. Leslieovu kostku (plechová nádoba tvaru krychle, jejíž boční stěny mají různý povrch – viz. obr.1. Otvorem ve vrchní stěně se naleje voda zahřátá k bodu varu. Porovnáváme teplotu na teploměrech na bocích a porovnáme s jakostí povrchu příslušné boční stěny krychle.

- Závěr:
- 1) Tělesa, která mají tmavý povrch vyzařují energii více než tělesa s povrchem světlým.
  - 2) Tělesa, která mají drsný povrch, vyzařují energii více než tělesa s povrchem lesklým.

*Poznámka:* Demonstraci závislosti pohlcování energie na povrchu tělesa můžeme provést např. podle obr. 2, Kde vyzařovanou absorbují dvě skleněné baňky (jedna s čirým dnem, druhá z černým dnem) napojené na kapalinové manometry.



Obr. 1



Obr. 2

Tak proč beduíni nosí černé pláště?

Emisivita černého oblečení je větší než bílého, proto podle vztahu (3) bude černý oblek pohlcovat více energie než bílý, takže bude mít i vyšší teplotu. Podle měření může být v rozpálené poušti černý plášť beduínů až o 6 K teplejší než stejný v bílé barvě. Tak proč nedojde u beduínů v černých pláštích k přehřátí organismu?



Odpověď spočívá v tom, že černý plášť který je sám teplejší než stejný plášť bílé barvy, opravdu zahřívá vzduch pod sebou více. Tento teplejší vzduch stoupá rychleji a odchází ven porézní látkou, zatímco vnější vzduch je zezdola vtahován pod plášť (obr.3). Černá látka tedy podporuje proudění vzduchu pod pláštěm (komínový efekt) a brání beduínům v přehřátí více než bílé pláště a navíc stálý vánek proudícího vzduchu pod pláštěm podél celého je zřejmě beduínovi příjemnější.

### **Literatura:**

- [1] Žouželka, J. – Fuka, J.: Pokusy z fyziky na středních školách, SPN Praha, 1971
- [2] Baník, I.: *Experimentálna fyzika na domácej pôde*, Zborník konf. MEDACTA 99 - Učiteľ pre tretie tisícročie, Nitra 9-11 júna 1999, s 260- 253
- [3] Baník, I.: Niekoľko nových možností v technike školských pokusov na strednej škole, In: Zborník PF Bystrici, .SPN Bratislava, 1964, s. 181-200
- [4] Baník,R., Baník, I.: Rozvoj fyzikálneho myslenia žiakov pomocou zaujímavých a poučných experimentálnych úloh , Obzory MFI 3 2002 (31), s. 37-43
- [5] Baník, I., Baník, R.: *Kaleidoskop učiteľa fyziky* 1 - 10, 1. vyd., Bratislava: MC, 1992-2000, spolu 1410 s.
- [6] Svoboda, E. a kol., *Fyzika pro II. ročník gymnázia*, 1. vyd., Praha: SPN, 1985, 368 s.



## Fyzikální experiment jako motivační prvek ve výuce fyziky na ZŠ

*František Špulák,*

*Jihočeská univerzita, PF, České Budějovice*

*Hana Poppová*

Příspěvek má seznámit se souborem jednoduchých fyzikálních pokusů na CD, které by motivovaly žáky základních škol k pozitivnímu přístupu k fyzice jako vědě a k fyzikálnímu vysvětlení dějů v běžném životě. Jednotlivé fyzikální pokusy jsou voleny tak, aby byly úměrné znalostem, manuálním schopnostem a celkovému vnímání žáků základních škol.

Konkrétní řešení pokusů pak využívá takové materiály, které jsou v převážné míře běžně dostupné v každé domácnosti. Celková nenáročnost většiny pokusů pak umožňuje, aby žáci prováděli tyto pokusy samostatně např. doma. U některých pokusů je pak také uvedena analogie obdobného fyzikálního jevu v přírodě nebo jeho praktické využití v běžném životě [2, 3, 4].

Popsané pokusy rozvíjejí nejen motorické schopnosti žáků, ale také schopnosti kognitivní. Vlastní práce žáků je aktivizující a rozvíjí kladný přístup k fyzice jako školskému předmětu.

Soubor pokusů na CD je zde zpracován interaktivní formou, je nabídnut výběr pokusů podle jednotlivých témat nebo výběr podle galerie fotografií, která je rozdělena na šest částí. Každou fotografii je možné si prohlédnout v libovolné velikosti po „poklepání“ na příslušný náhled. Pokud fotografie zaujme a žák by se chtěl o pokusu dovědět více, stačí ukázat na nadpis pokusu a následně se zobrazí provedení pokusu včetně videoklipu z reálného provedení pokusu.

V druhé části jsou pokusy rozděleny podle tématických. Každý pokus zařazený v této struktuře obsahuje popis postupu, obrázek, sadu fotografií a videoklip.

Veškerý potřebný software je uveden na CD, méně známý software je pak možno nainstalovat přímo po „zmáčknutí“ příslušné ikony [1]. Další informace o CD „Jednoduché fyzikální pokusy“ lze získat na adrese: [spul@pf.jcu.cz](mailto:spul@pf.jcu.cz)

### **Literatura:**

- [1] Poppová, H.: Fyzikální experiment jako motivační prvek ve výuce fyziky na ZŠ, PF JU Č. Budějovice, DP, 2002
- [2] Baník, I.: Obrazové zadávanie fyzikálnych úloh vo fyzike, Zborník: Šoltésove dni 97, 11.-12. decembra 1997 v Bratislave
- [3] Baník, I., Baník, R.: Motivačné fyzikálne experimenty, In.: Zborník konfencie „Šoltésove dni 95, december 1995, MC Bratislava 1996, str. 63 - 85
- [4] Baník, I., Baník, R., Baník, Ig., Zámečník, J.: Fyzika netradične 1 - Mechanika, 2. preprac. vyd., Bratislava: Vydavateľstvo STU, 1997, 469 s.

## „Gravitační“ katapult

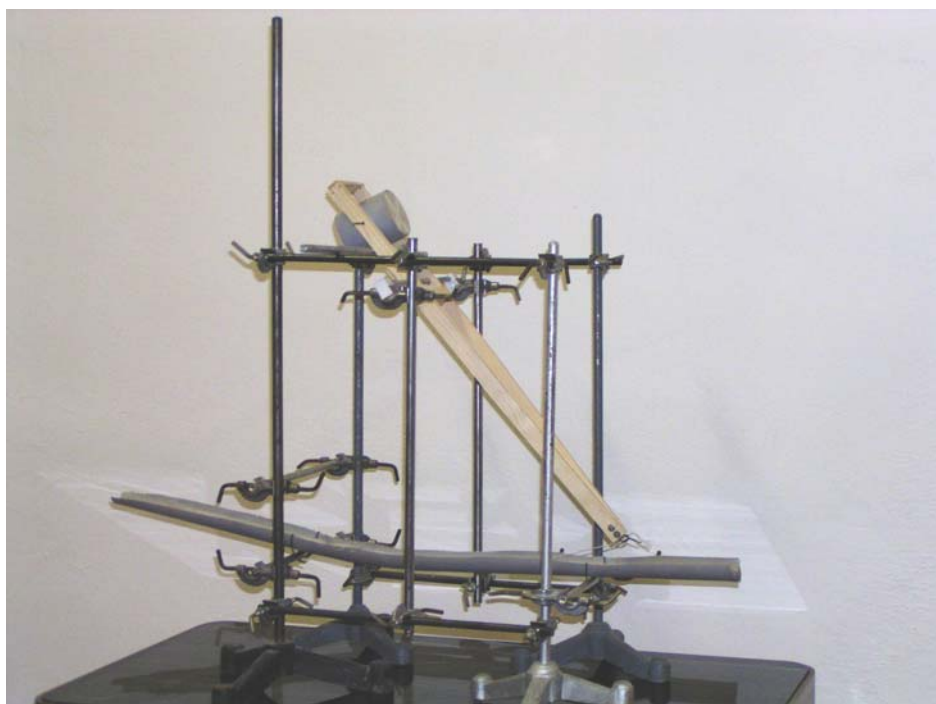
Jiří Bartoš ([bartos@physics.muni.cz](mailto:bartos@physics.muni.cz)), Pavel Konečný  
Ústav teoretické fyziky a astrofyziky, Katedra obecné fyziky  
Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity v Brně.

Katapulty různé konstrukce jsou známy již od starověku. Doba jejich největší slávy byla zdánlivě v době existence Římské říše, a to hlavně díky historickému filmu. Zdá se, že Římané nepoužívali nejefektivnější druhy katapultů, jejich stroje byly obvykle založeny na principu přeměny potenciální energie pružnosti na energii kinetickou katapultovaného tělesa. Je ovšem pravda, že tyto katapulty byly jak z hlediska konstrukce, tak z hlediska odladění na optimální výkon podstatně jednodušší.

V tomto příspěvku budeme hovořit o konstrukci mírně složitější, ale o to efektivnější. Zvláštností tohoto katapultu je, že byl užíván k dobývání opevněných měst zdánlivě méně vyspělým národem, a to Mongolskými kmeny při obsazování středního východu v 12-13. století. Přibližně v téže době se objevil jako bojový prostředek i v Evropě, zvláště ve Francii. Ovšem ani jednomu ze jmenovaných národů nepatří prvenství v užití tohoto stroje. TREBUCHET, jak se tomuto katapultu ve světě říká, je vynálezem čínským z doby přibližně 300 let př.n.l.

Náš katapult je principiálně založen na přeměně potenciální tíhové energie „těžkého“ tělesa na kinetickou energii tělesa lehčího, velmi přesvědčivě tak dokumentuje zákon zachování mechanické energie. Poměr hmotností těles  $\frac{\text{těžké}}{\text{lehké}} = \frac{M}{m}$  se pohybuje v rozmezí 20 až 100.

Pro náš experiment jsme sestavili katapult laboratorních rozměrů, který je možné použít i v místnosti, z materiálu, který je přístupný v každém fyzikálním a chemickém kabinetě (viz. obr.1 a rozměry katapultu), kde  $M=1$  kg a  $m=0,01$  kg.



obr.1

Pro zjednodušení výpočtů přijmeme tyto předpoklady:

$O$  ... pevná osa

$M$  ... těžké závaží (olověné broky) spolu s nehmotnou tuhou tyčí

$m$  ... katapultované těleso (pytlíček s pískem) na vlákně (nepružném, nehmotném, ohebném)

$g$  ... tíhové zrychlení

$\alpha, \varphi$  ... zobecněné souřadnice

$T$  ... tahová síla ve vlákně

$mg$  .. tíhová síla působící na katapultované těleso

$Mg$  ... tíhová síla působící na těžké těleso

$R$  ... reakční síla působící na osu

$R_P$ ...reakční síla působící na katapultované těleso od podložky

*Rozměry katapultu:*

$a=0,093$  m

$b=0,407$  m

$l=0,301$  m

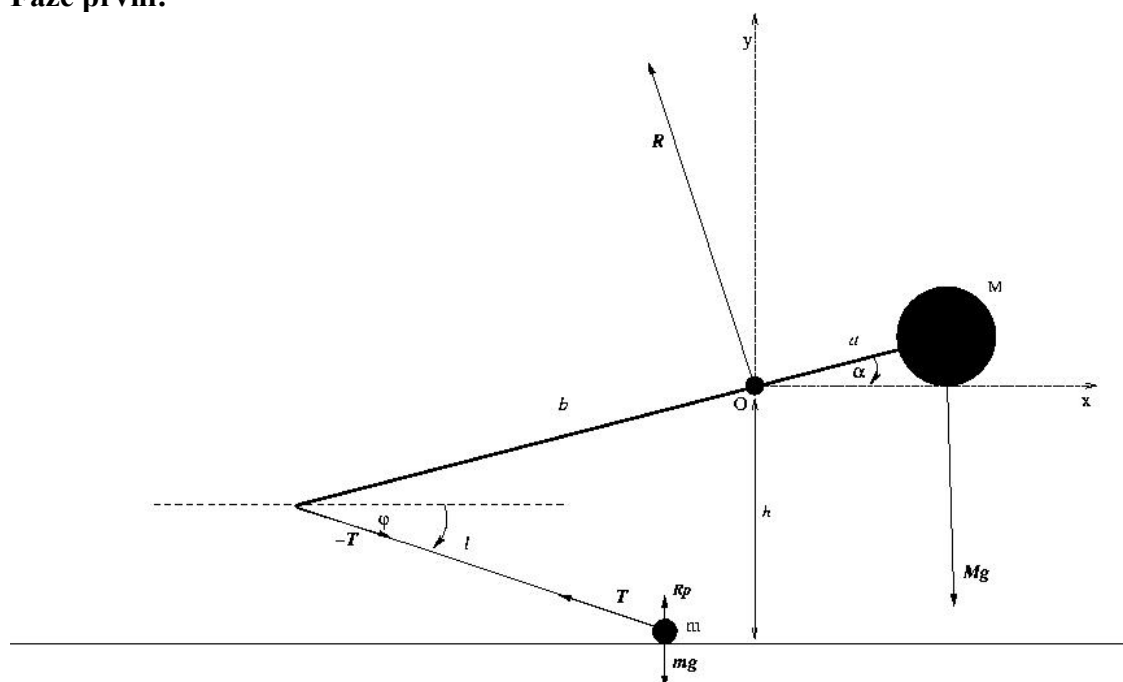
$h=0,350$  m

Souřadnice těžkého tělesa budeme označovat  $X, Y$ ; katapultovaného tělesa  $x, y$ .

Ještě než začneme s matematickým popisem pohybu katapultu, popíšeme kvalitativně pohyb obou těles.

Těžiště „těžkého“ tělesa opisuje část kružnice se středem v bodě  $O$ . Pohyb katapultovaného tělesa rozdělíme do tří fází. V první se pohybuje po podložce směrem vzad vzhledem ke směru „výstřelu“, tj. pouze ve směru osy  $x$ . V druhé fázi se oddělí od podložky a pevně spojené pomocí vlákna s koncem ramene vykonává pohyb po trajektorii, jejímž numerickým popisem se budeme později zabývat, a v jistém okamžiku se odpojí i s vláknem od ramene katapultu. Třetí fáze je pouze otázkou vnější balistiky, v našem případě šikmého vrhu.

**Fáze první:**



obr.2

$$\begin{aligned} X &= a \cos \alpha \\ Y &= -a \sin \alpha \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} x &= -b \cos \alpha + l \cos \varphi \\ y &= b \sin \alpha - l \sin \varphi \end{aligned} \quad (2)$$

Zároveň platí podmínka pro pohyb katapultovaného tělesa pouze v ose  $x$ , tj.  $b \sin \alpha - l \sin \varphi = -h$  a úhel  $\alpha$  nabývá v situaci, kdy je „těžké“ těleso nad osou  $x$ , záporných hodnot.

Pohybové rovnice:

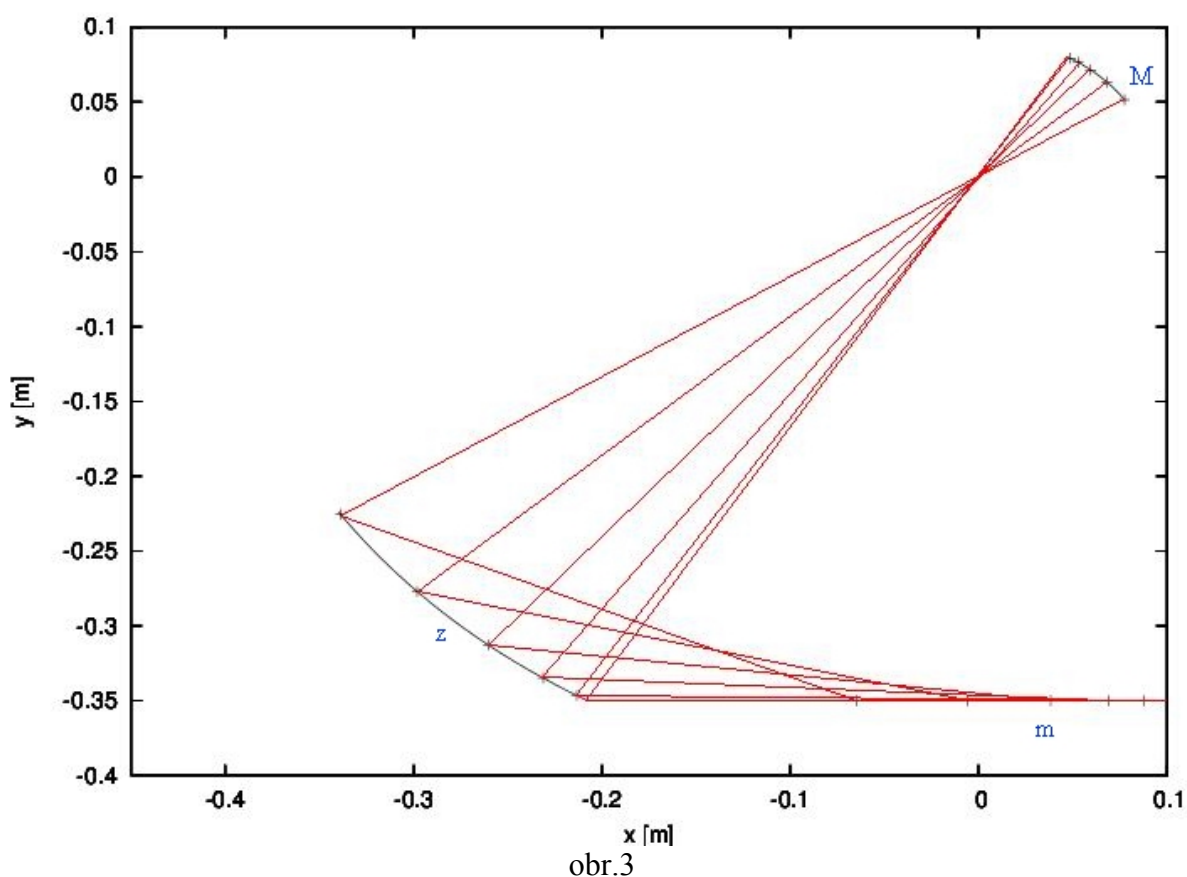
Pro katapultované těleso  $m$ :

$$\begin{aligned} m\ddot{x} &= -T \cos \varphi \\ m\ddot{y} &= -mg + T \sin \varphi + R_p \quad ; \quad \ddot{y} = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Pro „těžké“ těleso  $M$  (II. impulzová věta vzhledem k bodu  $O$ ):

$$Ma^2\ddot{\alpha} = Mga \cos \alpha - Tb \sin(\varphi - \alpha) \quad (4)$$

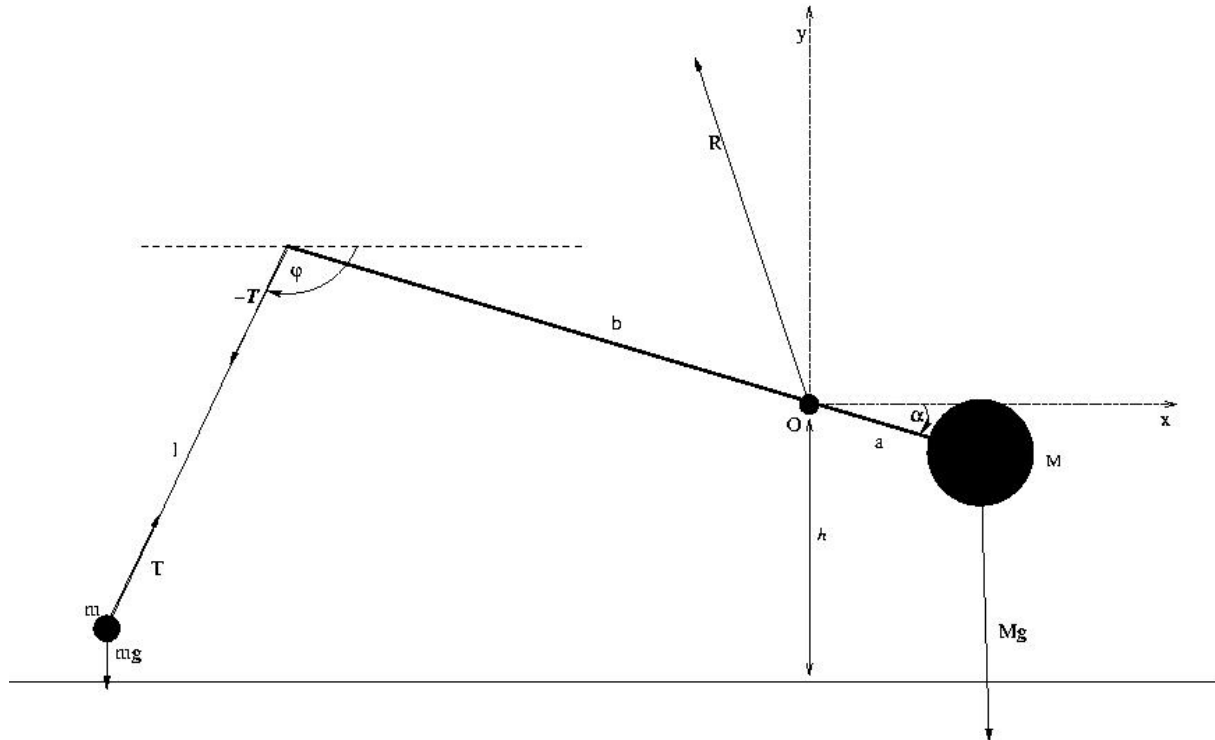
Numerické řešení rovnic (3) a (4) využijeme pro získání počátečních podmínek  $\alpha_{II}(0), \varphi_{II}(0), \dot{\alpha}_{II}(0), \dot{\varphi}_{II}(0)$  pro druhou fázi pohybu katapultovaného tělesa, tj. pro okamžik oddělení katapultovaného tělesa od podložky, který je dán podmínkou  $T \sin \varphi = mg$  ( $R_p = 0$ ), vyplývající z pohybových rovnic (3).



obr.3

Na obr.3 vidíme tři křivky, představující trajektorie „těžkého“ tělesa (M), konce ramene (z), na němž je uchyceno vlákno spojující rameno s katapultovaným tělesem, a katapultovaného tělesa (m). Spojnice mezi křivkami představující polohy ramena a vlákna rozdělují pohyb katapultu na pět stejných časových intervalů.

#### Fáze druhá:



obr.4

Ve druhé fázi pohybu zůstávají v platnosti vztahy (1) a (2). V této fázi se již katapultované těleso pohybuje po trajektorii získané řešením rovnic (5) až (7).

Pohybové rovnice:

Pro katapultované těleso m:

$$\begin{aligned} m\ddot{x} &= -T \cos \varphi \\ m\ddot{y} &= -mg + T \sin \varphi \end{aligned} \quad (5)$$

Pro „těžké“ těleso M:

I. impulzová věta:

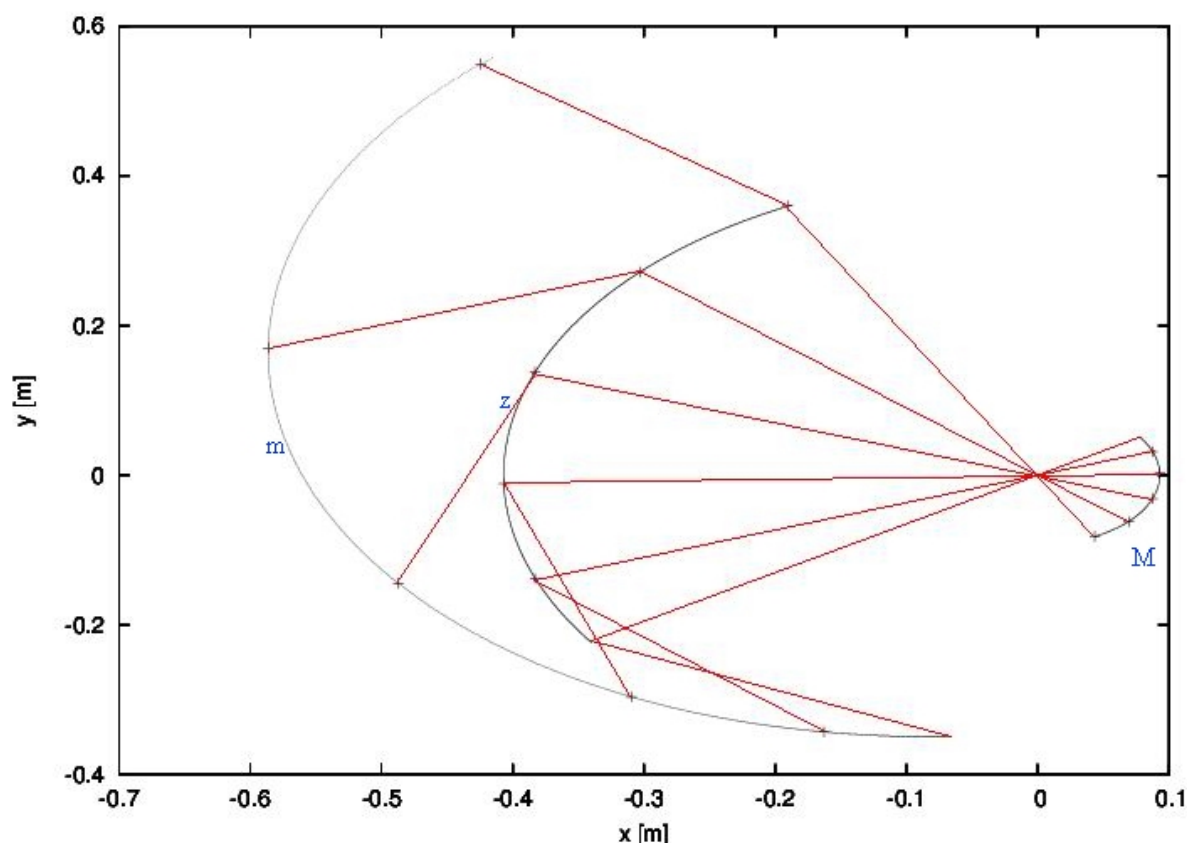
$$\begin{aligned} M\ddot{X} &= R_x + T \cos \varphi \\ M\ddot{Y} &= R_y - T \sin \varphi - Mg \end{aligned} \quad (6)$$

II. impulzová věta (vzhledem k bodu O):

$$Ma^2\ddot{\alpha} = Mga \cos \alpha - Tb \sin(\varphi - \alpha) \quad (7)$$

Numerickým řešením rovnic (5) až (7) získáme veškeré informace o systému, tedy tvar trajektorie, rychlosti jednotlivých součástí katapultu, atd.

Modelovaný katapult je svými rozměry optimalizován tak, aby katapultované těleso vstupovalo do třetí fáze pohybu (šikmého vrhu) s ideálním elevačním úhlem, tj.  $\frac{\pi}{4}$ . Je však nutné vhodně nastavit sklon háčku na němž je zavěšeno vlákno s katapultovaným tělesem.



obr.5

Na obr.5 vidíme opět trajektorie „těžkého“ tělesa (M), konce ramene (z) a katapultovaného tělesa (m). Spojnice mezi křivkami znovu reprezentují polohy katapultu a rozdělují jeho pohyb na pět stejných časových intervalů.

### Třetí fáze:

Zde snad již nemá význam psát známé pohybové rovnice a je možné zmínit se o vztahu pro dolet katapultovaného tělesa, tj.  $d = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\theta$ , kde  $\theta$  je elevační úhel a  $v_0$  je počáteční rychlost.

V našem případě činí  $v_0 = 14 \text{ ms}^{-1}$  a dolet  $d = 20 \text{ m}$ . Tyto hodnoty jsou vypočtené za všech výše uvedených předpokladů. Důležitým parametrem je ještě výškový dostup, který činí  $q = 5,5 \text{ m}$ . Vypočtená účinnost katapultu je  $\eta = 71 \%$ . Reálné hodnoty se ovšem od vypočtených výrazně liší, to je způsobeno ztrátami v mechanismu ( $v_0 = 10 \text{ ms}^{-1}$  ;  $d = 10 \text{ m}$  ;  $q = 4 \text{ m}$  ;  $\eta = 35 \%$ ) , tj. s katapultem těchto rozměrů je skutečně možné střílet v běžné přednáškové místnosti.

**Literatura:**

- [1] <http://home.att.net/~wjahsman-mta/RetroMechanics.pdf>
- [2] [www.algobeautytreb.com/trebmath35.pdf](http://www.algobeautytreb.com/trebmath35.pdf)
- [3] <http://www.trebucket.com/>

## Fyzika jako zážitek

Miroslav Jílek

KDF MFF UK, Praha

V příspěvku popisují několik pokusů, které mohou sloužit k oživení hodin fyziky především na střední škole i k prohloubení pohledu na daný problém například v rámci různých fyzikálních seminářů, nebo kroužků. Pokusy jsem připravoval v rámci výuky fyziky na Gymnáziu Přípotoční v Praze a při vedení kroužků fyziky pro středoškolské studenty na MFF UK v Praze.

### Odstředivá síla

Obdobu známého pokusu s kýblem a vodou, demonstrujícího účinky odstředivé síly, můžeme snadno provést s malým umělohmotným kelímkem a pevným provázkem.

Do horního okraje umělohmotného kelímku propíchneme symetricky tři otvory, pomocí kterých přivážeme kelímkem k asi 0,5 m dlouhému provázku, viz obr. 1.

Kelímkem naplníme téměř celou vodou, uchopíme konec provázku a roztočíme kelímkem s vodou před sebou. Pokud si nacvičíme správné roztočení a zastavení kelímku, voda se po celou dobu nevylije. Pokus je samozřejmě zábavnější, pokud jej provádí někdo ze studentů.

Necháme studenty, aby se pokusily vysvětlit, proč voda z kelímku nevyteče ani v horní poloze, a můžeme hledat situace z běžného života, ve kterých se projevuje stejný jev – například pouťové atrakce, nejruznější odstředivé stroje apod.

Pomocí pokusu můžeme také názorně vysvětlit rozdíl mezi inerciálními a neinerciálními systémy. V inerciálním systému třídy musíme působit na kelímkem s vodou dostředivou silou, abychom ho přiměli pohybovat se po kruhové trajektorii, v opačném případě by se kelímkem i voda pohybovaly přímočaře (neuvažujeme-li zakřivení vlivem gravitačního pole). Tuto sílu cítíme v ruce při točení kelímkem.

Z hlediska neinerciálního systému kelímku působí na vodu setrvačná odstředivá síla, která drží vodu v kelímkem i v poloze dnem vzhůru (propíchneme-li do dna kelímku otvor, voda bude stříkat ven). Tato setrvačná síla působí pouze v rámci neinerciálního systému kelímku, v inerciálním systému ji nepozorujeme.

Na rozdíl od provádění tohoto pokusu s kýblem plným vody, nezpůsobí případné vylití vody z kelímku téměř žádné škody. Navíc se stává, že při provádění pokusu s kýblem se vlivem odstředivé síly utrhne ucho a odlétající kýbl může někoho zranit. Proto je lépe takovou variantu provádět někde venku, v dostatečné vzdálenosti od přihlížejících.

### Střelba do špalíků

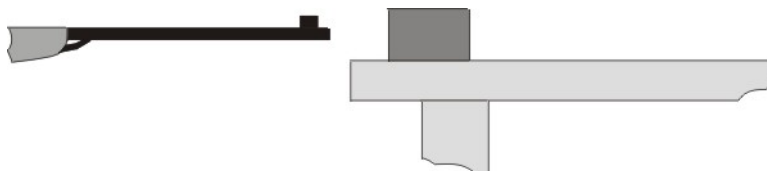
Klasickým příkladem na zákon zachování hybnosti a energie je určování rychlosti střely pomocí tzv. balistického kyvadla. Jinou možností, jak určit rychlost například diabolky, vystřelené ze vzduchovky, je změřit dráhu, kterou urazí po vodorovné podložce dřevěný špalík, do nějž jsme střelili.

Dřevěný špalík o hmotnosti  $M$  položíme na dřevěnou desku ležící na stole a zblízka do něj střelíme ze vzduchovky tak, aby se diabolka o hmotnosti  $m$  pohybovala pokud možno vodorovně. Dřevěný špalík se přitom posune o vzdálenost  $s$ .



obr. 1





obr. 2

Ze zákona zachování hybnosti vyplývá, že

$$mv = (m + M)\omega,$$

kde  $v$  je hledaná rychlost diabolky,  $\omega$  je počáteční rychlost špalíku po zásahu. Tuto rychlost špalíku pak spočítáme ze zákona zachování energie – kinetická energie špalíku se „zavrtanou“ diabolkou po zásahu bude rovna práci třecích sil potřebných k zastavení špalíku.

$$\frac{1}{2}(m + M)\omega^2 = (m + M)gfs$$

$g$  je tíhové zrychlení,  $f$  je součinitel smykového tření mezi špalíkem a podložkou.

Pro hledanou rychlost diabolky pak dostáváme z předchozích výrazů vztah:

$$v = \frac{m + M}{m} \sqrt{2gfs}$$

Součinitel smykového tření  $f$  můžeme změřit některou z obvyklých metod, například měřením úhlu sklonu podložky, při kterém špalík sjíždí rovnoměrně po podložce dolů, viz [1]. Ostatní veličiny jednoduše zvážíme a změříme.

Pokus lze provádět demonstračně, i jako laboratorní cvičení pro jednotlivé skupiny studentů. Samozřejmě je potřeba dbát maximální bezpečnosti při manipulaci se vzduchovkou, a studenty s ní nechat manipulovat pouze pod dohledem vyučujícího. Teoretický vztah pro rychlost střely se mohou studenti pokusit odvodit sami. Při odvozování je podobně jako v případě balistického kyvadla vhodné zdůraznit potřebu použití zákona zachování hybnosti, nemůžeme použít pouze zachování energie, protože nedokážeme určit množství energie spotřebované na „zavrtání“ diabolky do špalíku.

Hmotnost dřevěného špalíku by měla činit asi 100 – 250 g. Lehčí špalíky se pohybují příliš rychle – „poskakují po podložce“, takže práce třecích sil se neprojeví na celé dráze pohybu špalíku a výsledek je zkreslený. Při hmotnosti špalíku 200 g a hmotnosti diabolky 0,47 g se špalík posune po dřevěné podložce zhruba o 5 cm.

**Pozn.** Pokus jsem podrobněji zkoušel na semináři pro budoucí učitele fyziky na Malé Hrašticí, viz [2].

### **Brownův pohyb**

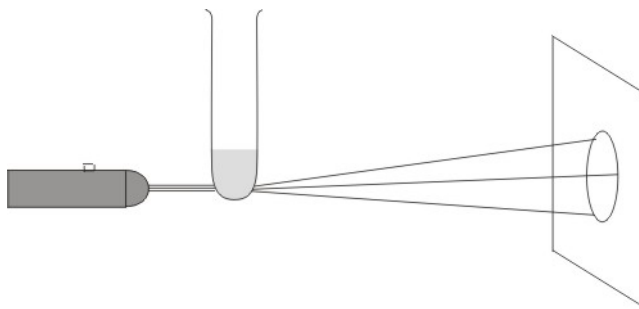
Jednoduchý pokus na kvalitativní pozorování Brownova pohybu lze provést s laserovým ukazovátkem a zkumavkou.

Do zkumavky nalijeme trochu vody s několika kapkami smetany do kávy, případně s trochou latexu pro vytvoření roztoku s Brownovými částicemi. Zkumavku upneme do jednoho chemického stojanu, laserové ukazovátko do druhého stojanu tak, aby laserový paprsek procházel skrz zakulacené dno zkumavky a dopadal na asi 2 – 3 m vzdálené bílé stínítko, viz obr. 3.

Laserový paprsek je rozšířen zkumavkou s roztokem jako spojnou čočkou, takže na stínítku vytvoří zvětšený obraz světelné stopy o průměru kolem 30 cm. Světlo laseru se přitom ohýbá na chaoticky se pohybujících částicích roztoku a na stínítku tak můžeme pozorovat zvětšený proměnný ohybový obrazec dokazující pohyb částic.

Vzhledem k nízké intenzitě laserového paprsku je vhodné pokus provádět při zatemnění. Zpočátku pokusu můžeme na stínítku pozorovat převládající jednosměrný pohyb,

jak se smetana promíchává s vodou. Po uklidnění těchto proudů je vidět chaotický pohyb bez převládajícího směru.



obr. 3

Výhoda pokusu oproti sledování mikroskopem je možnost společného sledování jevu bez nákladných technických pomůcek.

**Pozn.** Námet na pokus jsem převzal z časopisu Physics Education, viz [3].

### **Rovnovážný stav**

Další pokus je spíše zábavným přiblížením chování plynu z molekulárního hlediska.

K jeho přípravě potřebujeme dostatečné množství novinového papíru, ze kterého spolu se studenty „zmuchláme“ přibližně 50 – 100 papírových koulí. Třidu, její část, nebo například menší chodbu rozdělíme stolkou, nebo židlemi na dvě stejné poloviny. Do obou polovin se postaví stejný počet studentů (počet volíme podle velikosti místnosti), alespoň jeden člověk musí zůstat mimo.

Všechny papírové koule na začátku umístíme do jedné poloviny. Jeden student, nebo učitel, stojící mimo obě poloviny, má stopky a odměřuje stejné časové intervaly například 5 s dlouhé. Jakmile výkřikem ohlásí začátek intervalu, studenti začnou vzájemně přehazovat papírové koule z jedné poloviny do druhé a naopak.

V okamžiku, kdy člověk se stopkami ohlásí například výkřikem „stop“ konec intervalu, musí všichni přestat házet. Potom studenti spočítají koule v každé polovině a výsledek někdo zapíše pro obě poloviny na tabuli.

Následuje další interval, ve kterém se studenti opět snaží přeházet co nejvíce koulí ze své poloviny do druhé. Je vhodné se například domluvit, že jeden člověk může najednou přehazovat vždy jen jednu kouli, a že se koule nesmějí srážet do druhé poloviny ze vzduchu. Výsledný počet koulí v obou polovinách po druhém intervalu se opět zapíše a „hra“ se opakuje, dokud není počet koulí v obou polovinách přibližně vyrovnaný v několika, po sobě jdoucích, intervalech.

Nakonec uklidíme všechny koule a pokusíme se vysvětlit analogii mezi tímto pokusem a chováním plynu. Papírové koule představují molekuly plynu, které jsou na začátku shromážděny v jedné polovině nádoby, oddělené přepážkou od druhé. Uvolníme-li přepážku, molekuly se začnou vlivem svého chaotického pohybu a vzájemných srážek dostávat i do druhé poloviny (přehazování) a my můžeme v pravidelných intervalech sledovat jejich počet v obou částech systému. Pokud jsou podmínky v obou částech stejné (stejně zdatné skupiny „přehazovačů“, kteří nepodvádí a symetrické poloviny místnosti včetně možných překážek), počet molekul (koulí) se po nějaké době v obou částech zhruba vyrovná – dojde k termodynamické rovnováze systému.

Je zajímavé sledovat také průběh počtu koulí v jednotlivých částech v závislosti na čase a nakreslit graf této závislosti. Graf by měl mít zhruba exponenciální charakter, vzhledem k malému počtu koulí, velkému časovému intervalu a ne zcela symetrickým podmínkám může tato závislost vykazovat větší odchylky.

**Pozn.** Analogii pokusu s chováním plynu lze studentům samozřejmě vyložit před začátkem „hry“ při vysvětlování pravidel.

Pokud je jedna skupina v přehazování výrazně výkonnější než druhá, můžeme nechat studenty hledat analogickou situaci v reálném systému (například vyšší teplota plynu v jedné části bude znamenat jeho menší hustotu).

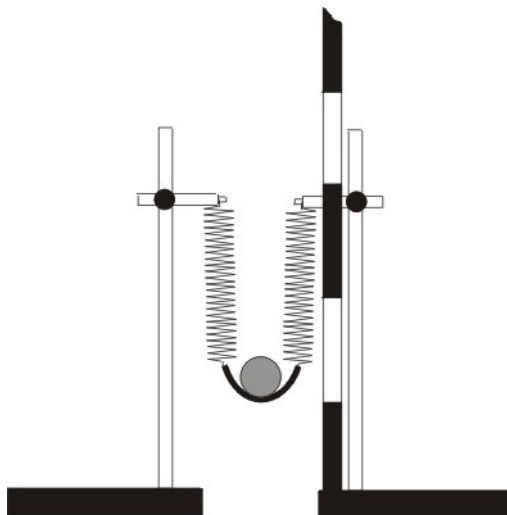
Diskusi odchylek naměřených hodnot od teorie v závislosti na celkovém počtu koulí (molekul) a další rozbory tohoto pokusu lze najít v [4].

### **Energie pružiny**

Pokus je vhodný pro jednoduché přiblížení kvadratické závislosti energie pružiny na jejím prodloužení.

K provedení pokusu potřebujeme dvě stejné pružiny (například ze školních souprav pro studium kmitů), dva chemické stojany, asi 50 – 100 g těžkou kovovou kuličku, nebo podobný předmět, délkové měřítko (metr, dvoumetr...) a kousek tvrdého papíru, eventuálně kůže.

Jedny konce pružin spojíme páskem tvrdého papíru, nebo kůže a druhé konce připevníme k vedle sebe stojícím chemickým stojanům tak, že vytvoříme jednoduchý prak, kterým je možno vystřelovat kuličku kolmo vzhůru, viz obr. 4. Pružiny by měly být pokud možno rovnoběžné.



obr. 4

Vedle pružin připevníme, nebo přidržíme délkové měřítko a poznamenejme si výšku dolního okraje pružin. Potom vložíme kuličku do praku, natáhneme pružiny o několik centimetrů a necháme kuličku vystřelit vzhůru. Sledujeme přitom do jaké výšky od své spodní polohy vyletěla a zaznamenejme si tuto hodnotu. Výšku můžeme sledovat na přistaveném měřítku, nebo si například zaznamenat výšku výstupu na blízké zdi a poté ji odměřit od spodní polohy kuličky při výstřelu.

Energie pružin, závisící kvadraticky na jejich prodloužení, se spotřebuje na změnu potenciální energie kuličky, závisící lineárně na výšce výstupu. Vzhledem k tomu by měla kulička při dvojnásobném prodloužení pružin vylétnout do čtyřnásobné výšky.

Pokus lze také provádět jako laboratorní cvičení na ověření vztahu pro energii pružiny, eventuálně jako doplňkový úkol při měření tuhosti pružin některou z obvyklých metod. Uvažujeme přitom samozřejmě, že tuhosti dvou pružin, tvořících prak, a tedy i jejich energie se při výstřelu sčítají.

**Pozn.** Je potřeba, aby hmotnost vystřelované kuličky byla dostatečně velká vzhledem k tuhosti použitých pružin. Při malé hmotnosti kuličky a velké tuhosti pružin se všechna energie pružin nepředá kuličce (pružiny po výstřelu příliš kmitají) a výsledek je zkreslen.

Pokus je možné provádět také s gumičkami (klasický prak), které však nemají ve větším rozsahu tak lineární elastickou charakteristiku jako pružiny.

Mírou předávání energie praku projektilu se zabýval J. Kekule v zajímavém příspěvku na Veletrhu nápadů učitelů fyziky v minulém roce, viz [5].

### **Faradayova klec**

Jednoduchou variantu efektního pokusu dokazujícího účinky Faradayovy klece lze provést s Ruhmkorffovým transformátorem.

K pokusu potřebujeme kromě transformátoru kousek hadříku, líh, kleště s izolovanými rukojetěmi, nádobu s vodou a kousek hustého drátěného pletiva, nebo například drátěnou podložku pod varné chemické sklo.

Obdélníkový kousek drátěného pletiva ohneme do tvaru písmene „U“, případně vytvoříme z pletiva malou na jedné straně otevřenou klec. Kousek hadříku namočíme v lihu, vložíme ho do vytvořené klece a tu podržíme v kleštích mezi elektrodami jiskřiště transformátoru.

Po zapnutí transformátoru pozorujeme výboj mezi elektrodami, který směřuje skrz klec s hadříkem. Hadřík uvnitř přitom zůstane nezapálen, protože výboj probíhá po vnější stěně vodivé klece.

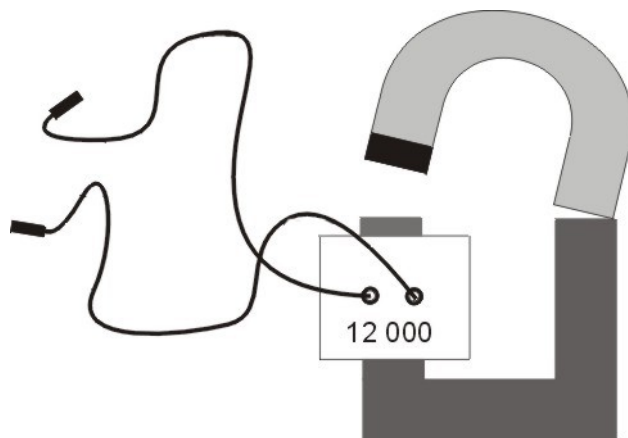
V druhé fázi pokusu uchopíme hadřík namočený v lihu do kleští a podržíme ho mezi elektrodami transformátoru bez klece. Po zapnutí transformátoru hadřík okamžitě vzplane – uhasíme ho v připravené nádobě s vodou.

Po pokusu můžeme se studenty diskutovat ochranu před bouřkou uvnitř automobilu, či jiných kovových konstrukcí i ochranu různých elektronických zařízení před silným elektrickým polem uvnitř kovové schránky.

### **Elektromagnetická indukce**

Pomocí posledního pokusu lze snadno demonstrovat účinky elektromagnetické indukce, které můžeme cítit na vlastní kůži.

K pokusu potřebujeme cívku o 12 000 závitů s „U“ jádrem a velký podkovovitý magnet, dosedající na jádro – vše ze školní soupravy rozkladného transformátoru a dále dva vodiče.



obr. 5

Cívku navlékneme na jádro a připojíme k jejím vývodům dva vodiče. Druhé dva konce vodičů necháme někoho podržet v rukou a magnet přiklopíme k jádru tak, abychom vytvořili uzavřený magnetický obvod. Rychlé vytvoření magnetického pole v jádře při přiklopení magnetu indukuje v cívkě s mnoha závity vysoké napětí, které pocítí osoba držící konce vodičů jako brnění.

Intenzita vjemu napětí závisí do značné míry na vlhkosti pokožky osoby, která drží vodiče, proto magnet přiklapujeme napoprvé pomalu, když je brnění příliš slabé, můžeme magnet přiklapnout silněji. Pokus si je vhodné dopředu vyzkoušet na sobě.

Studentům je také možné zadat problémovou úlohu, zda je při pokusu výhodnější mít suché ruce, nebo si je namočit do vody a jak tomu bude v případě, kdy se budou dva lidé držet za ruku a druhou volnou rukou budou držet konce vodičů.

V prvním případě, kdy drží vodiče jeden člověk je zřejmě výhodnější mít suché ruce, které znamenají velký přechodový odpor mezi vodičem a lidskou tkání a tedy i nižší proud tekoucí při daném indukovaném napětí obvodem s cívkou a „zapojeným člověkem“.

V druhém případě „sériového spojení dvou lidí“ proteče oběma účastníky pokusu stejný proud, úbytek napětí bude přitom větší na osobě s větším elektrickým odporem, tedy na osobě se suchýma rukama. Protože elektrická energie, způsobující podráždění nervů, uvolněná za konstantní čas je dána součinem napětí a proudu, ucítí v tomto případě silnější brnění osoba se suchýma rukama.

Podobně můžeme zkoumat také „paralelní zapojení dvou lidí“.

### **Literatura**

- [1]...Bednařík, M., Šíroká, M.: Fyzika pro gymnázia – Mechanika. Prometheus, Praha 2000, Laboratorní cvičení 5.
- [2]...Jarní soustředění pro posluchače učitelství fyziky MFF UK a "spřízněné duše" <http://kdf.mff.cuni.cz/Hrastice/Hr2003/Hr03.htm>
- [3]...Krulak, H.: Brownian motion with a laser. In: Physics Education, Volume 30, March 1999.
- [4]...Carson, S., R.: An interactive pupil demonstration of the approach to dynamic equilibrium. In: Physics Education, Volume 34, January 1999.
- [5]...Kekule, J.: Měření kinetické energie střely z praku. In: Sborník z konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 7, Praha 2002. Ed. Svoboda, E., Dvořák, L., str. 168 – 171.
- [6]...Svoboda, E.: Pokusy z fyziky s jednoduchými pomůckami, Prometheus, Praha 1995.

## Nefyzikální aktivity z fyzikálních soustředění

*Zdeňka Broklová*

*Matematicko-fyzikální fakulta UK Praha*

O fyzikálních táborech pro středoškoláky či vysokoškoláky se mluvilo již na nejednom Veletrhu nápadů. Bylo popsáno mnoho z vyrobených přístrojů či provedených měření. Některé příspěvky se také krátce zmínily i o jiných, neodborných, aktivitách. Tímto příspěvkem se snažím tento nepoměr trošku napravit, protože se domnívám, že mimoodborný program je stejně nedílnou, a možná v jistém smyslu i důležitější součástí těchto akcí. Můj příspěvek se opírá hlavně o zkušenosti z přípravy a realizace mimoodborného programu na odborných fyzikálních soustředění pro středoškoláky a jarních soustředění pro studenty učitelství fyziky na Malé Hraštici (obě akce organizuje KDF MFF UK). Přípravovala jsem ale i program pro žáky druhého stupně ZŠ (pro školní výlet, školu v přírodě, apod.) a další akce a mohu říci, že vše zde uvedené platí i v těchto případech.

Velmi zhruba lze říci, že program většiny těchto akcí lze rozdělit na dvě, více či méně propojené části. Dopoledne a část odpoledne jsou většinou věnována fyzice. Ale ne v takové podobě, jakou známe ze školních lavic. Fyzikální bádání probíhá hlavně formou projektů s více či méně striktním vedením konzultantem projektu. Na závěr je uspořádána velká „konference“, kde každý prezentuje ostatním svůj výrobek nebo získané výsledky. Obvykle je celý odborný program doplněn ještě několika teoretickými přednáškami.

Odpoledne je věnováno typicky jedné, časově náročnější hře. Tyto hry obvykle propojují společná „legenda“ (příběh, motiv, prostředí...). Na večery jsou připraveny hry spíše diskuzního charakteru nebo tvořivé dílny. Samozřejmě nesmí chybět nějaká aktivita noční, případně za brzkého rána.

Toto nastíněné schéma je ale spíše jakýmsi rámcem, do kterého zasazujeme celý program. Odchylky od něho jsou spíše pravidlem a program každého tábora či soustředění je sestavován vždy zcela znova tak, aby zamýšlené aktivity na sebe přirozeně navazovaly a program měl příslušnou gradaci.

### **Proč dělat neodborný program?**

První odpověď na výše položenou otázku, která se přímo nabízí, zní, že fyzika se nedá dělat celý den a že každý si od přemýšlení potřebuje také odpočinout. Pokud by šlo ale pouze o to, umožnit účastníkům odpočinek, nebylo by nutné dělat, na přípravu často velmi náročný, mimoodborný program, který často není vůbec žádným lenošením. To znamená, že při jeho plánování a realizaci jsou sledovány ještě dalšími cíle.

Jednou ze základních myšlenek, které provázejí celou přípravu, je snaha poskytnout všem účastníkům zážitky a zkušenosti v něčem nové a neobvyklé, umožnit jim vyzkoušet si na vlastní kůži věci, které by normálně nedělali. Rozhodně ale ne o nich pouze mluvit či přemýšlet, jak se to často dělá ve škole. Díky tomuto se tento program stává pro účastníky velmi atraktivním.

Snaha o zajímavost a novost jednotlivých částí programu vede k tomu, že se je obvykle realizováno mnoho různorodých aktivit. Některé hry bývají i velmi fyzicky nebo psychicky náročné. Díky tomu ale poskytnou účastníkům velmi silné zážitky, podněty k zamyšlení či jim třeba poodhalí hranice jejich možností. Na druhou stranu, pokud si má účastník opravdu něco pro sebe z akce odnést, nesmí být novými zážitky zahlcen. Musí mít možnost si rozumně odpočinout, najíst se, mít volný čas na sebe i popovídání s ostatními. Program by tedy měl být vyvážený i po této stránce.

Společné řešení předkládaných úkolů, ale i nestandardní situace, kterými všichni společně procházejí, možnost diskuse a další součásti programu pomáhají k velmi rychlému

seznámení všech účastníků navzájem a vytvoření příjemné přátelské atmosféry. To je přínosné pro další práci hlavně na akcích, kterých se účastní celá třída (školní výlet, škola v přírodě). Velmi pozitivní dopad má ale tento aspekt i pro soustředění na Malé Hrašticí. Zde se vytvoří parta složená nejenom ze spolužáků, ale z lidí z různých ročníků. To umožňuje předávání zkušeností i následnou lepší spolupráci na dlouhodobějších projektech v průběhu celého roku. Nehledě na to, že v posluchárně či třídě plné kamarádů se lépe studuje a pracuje než mezi pouhými náhodnými známými. Mohlo by se zdát, že tento důvod zcela odpadá v případě letních táborů. Ale i zde vytvoření příjemné atmosféry hraje velkou roli. Ke správnému fyzikálnímu bádání patří diskuze a omyly. Každý mnohem lépe snese a vezme si lepší ponaučení, pokud ho na chybu v úvaze, nepřesnou konstrukci nebo špatný výpočet upozorní kamarád, u kterého si je jist, že se mu snaží pomoci dobrat se k správnému výsledku, a ne ho zesměšnit či ponížit.

Protože mezi účastníky typicky nejsou pouze studenti, je možné zde navázat osobní kontakt i s vyučujícími. To se velmi pozitivně projeví např. v získání objektivnější zpětné vazby pro učitele. Studenti si naopak uvědomí, že kantor je také člověk, že se nemusí bát za ním přijít, když něčemu nerozumí, a že není jeho cílem je „trápit“. Důvěra, která se vytvoří, také velmi pomáhá při další práci.

Vytvoření příjemné přátelské atmosféry není samozřejmě jediným cílem. Spíše by se dalo říci, že se jedná o jakýsi odrazový můstek, bez kterého se k dalším cílům dojít nedá. Po vzoru některých zážitkových kurzů se i zde snažíme přispět nějakým způsobem k dalšímu rozvoji každého účastníka. Ať už tím, že část aktivit vyžaduje nebo poskytuje znalosti ze zcela jiných oborů než fyziky či matematiky, nebo tím, že je dán prostor diskuzím na vážnější témata. Naší snahou je také trénovat komunikativní dovednosti a schopnost pracovat ve skupině. Samozřejmě nezapomínáme ani na rozvoj kreativity.

Dalším podle mě neméně důležitým cílem je ukázat mladým lidem, že volný čas se dá trávit velmi různorodě a smysluplně. V případě soustředění pro budoucí učitele je také vhodné je prakticky seznámit s některými metodami zážitkové pedagogiky, které potom mohou využít ve své profesi, při školních výletech, sportovních kurzech, ale i ve vyučovacích hodinách.

Nejdůležitějším pravidlem na všech akcích je naprostá dobrovolnost. Každý má právo odmítnout účastnit se jakéhokoli programu (samozřejmě po předchozí domluvě s vedoucím). Protože účastníky těchto akcí tvoří převážně lidé, kteří si hrát a zkoušet nové věci chtějí, nezúčastní se připraveného programu většinou pouze z nějakých závažnějších důvodů než z prosté nechuti či lenosti.

Velkým kladem většiny těchto akcí je celkově velká vstřícnost a otevřenost účastníků i organizátorů. Na rozdíl od některých „dětských“ táborů zde vedoucí a účastníci mezi sebou „neválčí“. Na připravenosti a promyšlenosti jednotlivých her je často již na první pohled patrné, že do jejich přípravy bylo vloženo hodně času a úsilí, že jejich zařazení bylo pečlivě zváženo a hlavně že neslouží k tomu, aby se vedoucí pobavili na účet hráčů, ale že účast na hře přinese spoustu zážitků oběma stranám.

### ***Jak udělat takový program?***

Předchozí odstavce byly velmi obecné a snažily se zachytit pouze hlavní myšlenky, ze kterých příprava mimoodborného programu vychází. Domnívám se, že podrobný návod „*Jak na to*“ nelze tímto způsobem předat. Já sama jsem absolvovala několik podobně laděných kurzů a z každého z nich si odnesla podněty k zamyšlení pro sebe, ale i inspiraci pro přípravu dalších táborů. Jako další zdroje dobře poslouží knihy, internetové stránky organizací, které se zážitkovou pedagogikou zabývají profesionálně a další. Několik knih a internetových adres, které ráda využívám, je uvedeno na konci tohoto textu v seznamu literatury. Nejcennější jsou ale vlastní zkušenosti, které získáte tak, že se pokusíte něco podobného realizovat. Pouze tak

Ize najít přesně ten správný styl přípravy, který Vám vyhovuje a povede k nejlepším výsledkům..

Inspiraci lze získat i přímo ze soustředění pořádaných KDF MFF UK. Podrobně zpracovaný program akcí konaných za poslední dva roky lze najít na adrese: <http://kdf.mff.cuni.cz/tabor/>. Jejich základ tvoří krátký popis jednotlivých aktivit doplněný množstvím fotografií a dalším obrazovým materiálem. Tato spíše dějová linka je typicky doplněna metodickými či technickými poznámkami a zkušenostmi určenými těm, kteří by chtěli něco podobného zorganizovat. Zde je také možné najít většinu konkrétních materiálů, ale hlavně si udělat obrázek o atmosféře, která na takto připraveném táboře panuje. Pokud Vás některá z her zaujme natolik, že byste ji rádi sami někde použili, ale uvedené informace nejsou postačující, ráda Vám poskytnu další materiály, zkušenosti či nápady.

Na tomto místě ale chci ještě poznamenat, že bezmyšlenkovité přejímání her nemusí vést k úspěchu. Spíše naopak. Nevhodně zařazená aktivita či její špatné provedení může místo očekávaného pozitivního efektu dokonce ublížit na těle či duši zúčastněných nebo na celkovém klimatu ve skupině. Domnívám se, že ani sebelepší text nemůže nahradit dlouholetou zkušenost z organizace i vlastní účasti na podobných aktivitách, a že je zapotřebí mít velmi pečlivě odzkoušeno a rozmyšleno, čím si vlastně účastníci projdou a co jim to přinese.

## **Literatura**

*knihy:*

- Kolektiv autorů, Zlatý fond her, Mladá fronta, Praha 1990
- J. Hrkal, R. Hanuš: Zlatý fond her II., Portál Praha 2000
- Bakalář, E., : Psychohry, Praha 1989
- Neuman J., Dobrodužné hry a cvičení v přírodě, Portál, Praha 1998
- Chour J., Receptář her, Portál, Praha 2000
- Zapletal M., Velká encyklopedie her, Olympia, Praha 1985
- Bakalář E: I dospělí si mohou hrát, Praha 1987

*internetové odkazy:*

- <http://www.hra.cz/>
- <http://www.psl.cz/>
- <http://www.hnuti-go.cz/>



## Vrtule v laboratorních úlohách

Vladimír Vicha

Gymnázium Pardubice, Dašická

Dvoulistá vrtule nasazená na ose modelářského motorku pro stejnosměrné napětí se může stát užitečnou pomůckou pro studium řady fyzikálních jevů. Lze ji využít ve fyzice při laboratorních či frontálních pracích žáků základní školy i gymnázia, zvláště pak ve fyzikálním semináři. Zde představujeme metodické pokyny pro čtyři laboratorní úlohy s vrtulí: (1) otáčivý pohyb, (2) vrtule a monitor, (3) vrtule jako setrvačnick, (4) tahná síla vrtule.

### 1) Otáčivý pohyb (sekunda gymnázia nebo 7. třída ZŠ)

#### Úvod

Vrtule při stálém napětí motorku vykonává dosti přesně rovnoměrný otáčivý pohyb s velmi krátkou periodou. Periodu lze jednoduše měnit regulací napětí. Žáci měří periodu otáčky v závislosti na napětí na motorku. Ke sledování takto rychlého pohybu se žáci naučí využívat optický snímač – bude to optická závora systému ISES.

#### Metodické pokyny

Nejprve je třeba ukázat, jak pracuje optická závora. Při přetnutí neviditelného infračerveného paprsku prstem zaznamenaná počítač na monitoru pokles v grafu z úrovně jedna na úroveň nula a zpět. Je třeba říci, že používáme dvoulistou vrtuli, proto během jedné otáčky dojde k dvojímu zatemnění paprsku.

**Úkoly:** 1) Určete dobu jedné otáčky vrtule (periodu)  $T$  pro napětí motorku 2 V, 3 V, 4 V, ..., 9 V.

2) Nakreslete graf: *Závislost doby otáčky  $T$  na napětí  $U$*  a proložte vhodnou křivku.

3) Z grafu a tabulky odpovězte na následující otázky:

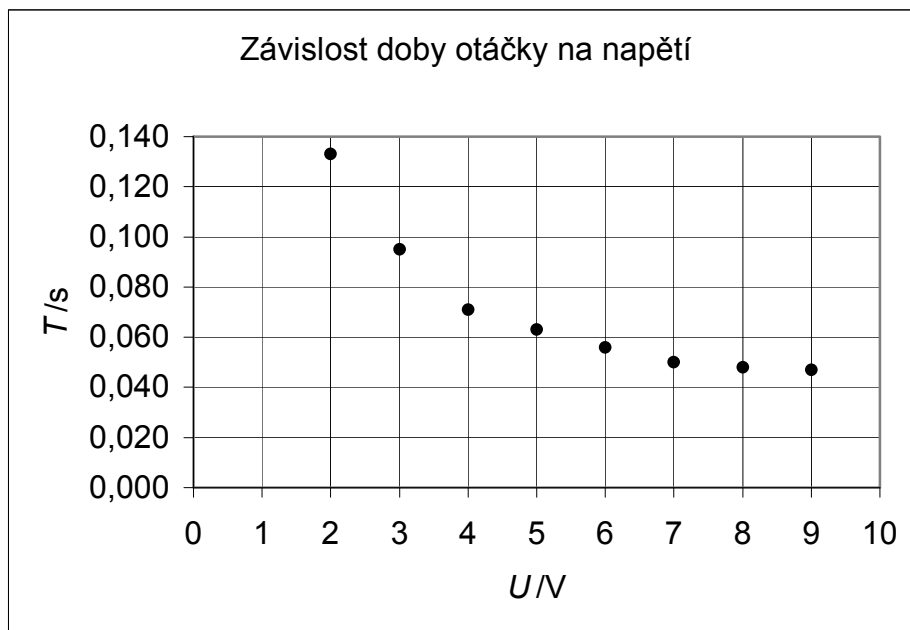
- Jak se mění doba jedné otáčky při zvýšení napětí na motorku?
- Pokuste se určit, jaká by byla doba jedné otáčky při napětí 6,5 V.
- Jaké by muselo být napětí na motorku, aby doba jedné otáčky byla 0,080 s?

**Pomůcky:** vrtule a motorek s rukojetí, regulovatelný zdroj stejnosměrného napětí do 9 V s vestavěným voltmetrem, počítač s kartou ISES, optická závora.

Nastavíme dobu měření 0,5 s, vzorkování 1000 Hz, start manuální. Po každém naměření žáci určí nástrojem odečet rozdílu (delta) periodu  $T$ . Napětí regulují v požadovaném rozsahu.

Zde jsou typické výsledky:

$U/V$	2	3	4	5	6	7	8	9
$T/s$	0,133	0,095	0,071	0,063	0,056	0,050	0,048	0,047



### **Závěr**

Žáci se naučí využívat optický snímač, sestavovat graf i s proložením křivky a musejí z něho umět vyčíst potřebné údaje. Laboratorní práce vede přirozenou cestou i k zavedení pojmu frekvence otáčivého pohybu jako počet otáček za zvolený čas. Vyšší frekvenci žáci názorně sledují na monitoru.

## **2) Vrtule a monitor** (čtyřleté gymnázium - seminář z fyziky)

### **Úvod**

Studenti pozorují monitor počítače přes otáčející se vrtuli. Při určité frekvenci se listy vrtule jakoby „zastaví“, přičemž počet stojících listů se dá měnit se změnou frekvence. Studenti mají za úkol prozkoumat souvislost počtu stojících listů vrtule s periodou otáčení. Pokusí se vysvětlit stroboskopický efekt.

### **Metodické pokyny**

Studentům je třeba ukázat, jak tento jev vzniká při nejnižších možných otáčkách. Jemnou regulací napětí vytvoříme nejprve obraz s osmi „stojícími“ listy. Vrtuli pak vsuneme do optické závory a určíme periodu  $T$ .

- Úkoly:*
- 1) Prozkoumejte závislost mezi počtem „stojících“ listů vrtule (v pořadí 8, 6, 4, 2) a periodou otáčení  $T$ .
  - 2) Změřte světlo vydávané monitorem počítače pomocí fotorezistoru.
  - 3) Jak vysvětlit „stojící“ listy?

*Pomůcky:* vrtule a motorek s rukojetí, regulovatelný zdroj stejnosměrného napětí do 9 V, fotorezistor (např. WK 65075), počítač s kartou ISES, optická závora, modul ohmmetr.

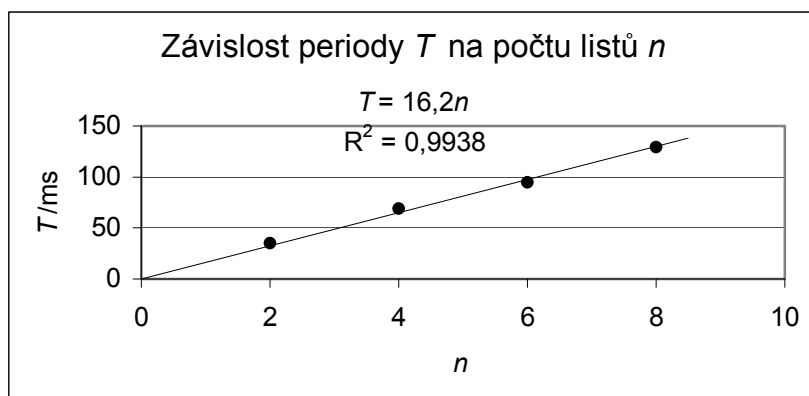
*Nastavíme dobu měření 0,5 s, vzorkování 1000 Hz, start manuální.*

- 1) Studenti pomalu zvyšují otáčky, až získají 8 listů, 6 listů, 4 listy, 2 listy. Obrazů s více listy si nevšímají. Někdy možná nepůjde dosáhnout 2 listů. Zde je typická ukázka měření.

*Závislost periody  $T$  na počtu listů  $n$* 

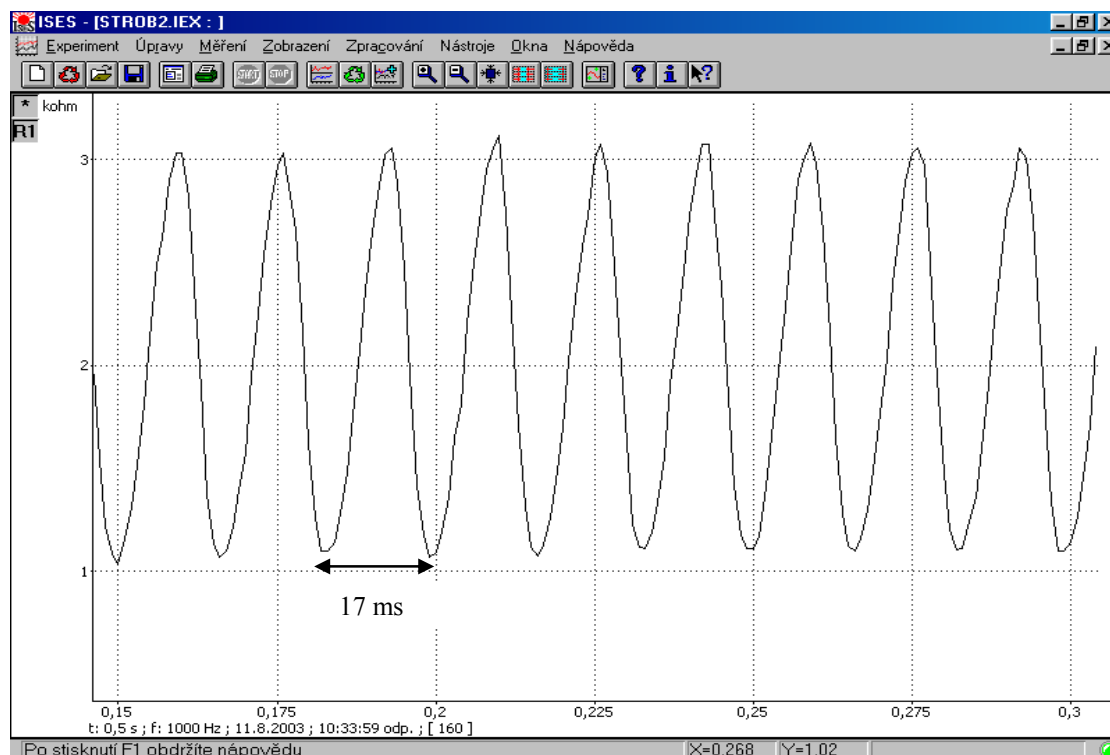
$n$	8	6	4	2
$T/\text{ms}$	129	95	69	35
$T/n/\text{ms}$	16,1	15,8	17,3	17,5

Vynesou-li graf *Závislost periody  $T$  na počtu listů  $n$* , získají dosti přesně přímou úměrnost  $T = a \cdot n$ .



Konstantu  $a$  lze určit například v excelu lineární regresí nebo pro každou dvojici v tabulce  $T/n$ . Výsledkem regrese je  $a = 16,2$  ms. Konstanta  $a$  má zřejmě význam času.

- 2) V panelu ISES se zamění optická závora za fotorezistor, který se položí citlivou stranou na monitor a provede se měření. Zde je typický naměřený průběh:



Je vidět, že jas monitoru periodicky kolísá. Z právě naměřeného grafu se určí perioda blikání

$$T_0 = 17 \text{ ms.}$$

3) Tajemství „stojících listů“ vrtule tedy spočívá v blikání monitoru. Pozorovaný efekt pak lze vysvětlit jako stroboskopický jev. Studenti si jistě sami všimli tohoto jevu v televizi, např. při pohybu kola kočáru, které se většinou otáčí nereálně pomalu, někdy i na druhou stranu.

Náš monitor měl nastavenou obnovovací frekvenci na 60 Hz (tato hodnota se dá ve windows změnit) a tomu odpovídá perioda  $T_0 = 16,7 \text{ ms}$ . To je hodnota, která se liší jen o 3 % od námi naměřeného  $a$ . Konstanta  $a$  má tedy význam periody blikání pozorovaného místa monitoru.

Pokud máme ve třídě hloubavější studenty, kteří jsou současně dobrými pozorovateli, můžeme se pustit do hlubší analýzy experimentu. V průběhu zvyšování frekvence si totiž studenti povšimnou, že počty zastavených listů jsou: 8, 6, 4, 6, 8, 2 listy. Je to pěkná problémová úloha. Zde je její řešení:

Temný obraz vrtule proti monitoru vzniká tak, že vrtule zakrývá dané místo monitoru opakovaně vždy ve chvíli, kdy jej elektronový paprsek zjasňuje. Počet zastavených listů závisí na úhlu  $\alpha$ , který urazí list vrtule za periodu blikání  $T_0$ . Pro úhel měřený v radiánech můžeme napsat

$$\alpha = \frac{2\pi}{T} \cdot T_0 \quad (1), \quad \text{kde } T \text{ je perioda otáčení vrtule.}$$

**2 listy** můžeme vidět tehdy, když  $\alpha = \pi + k\pi$ , kde  $k \in N_0$

při porovnání s rovnicí (1) vyjde 
$$T = \frac{1}{k+1} \cdot 2T_0$$

**4 listy** můžeme vidět tehdy, když  $\alpha = \frac{\pi}{2} + k\pi$

při porovnání s rovnicí (1) vyjde 
$$T = \frac{2}{2k+1} \cdot 2T_0$$

**6 listů** můžeme vidět tehdy, když  $\alpha = \frac{\pi}{3} + k\pi$   $T = \frac{3}{3k+1} \cdot 2T_0$

ale také tehdy, když  $\alpha = \frac{2\pi}{3} + k\pi$   $T = \frac{3}{3k+2} \cdot 2T_0$

**8 listů** můžeme vidět tehdy, když  $\alpha = \frac{\pi}{4} + k\pi$   $T = \frac{4}{4k+1} \cdot 2T_0$

ale také tehdy, když  $\alpha = \frac{3\pi}{4} + k\pi$   $T = \frac{4}{4k+3} \cdot 2T_0$

Při námi zvyšovaném napětí se perioda  $T$  zkracuje. Jednotlivé stojící obrazy se tedy budou objevovat v pořadí od nejdelší periody (zlomky obsahující  $k=0$ ) ke kratším.

zlomek	4,00	3,00	2,00	1,50	1,33	1,00
počet listů	8	6	4	6	8	2
$\alpha$	45°	60°	90°	120°	135°	180°

Toto pořadí nezávisí na obnovovací frekvenci monitoru.

Konkrétně pro naši frekvenci 60 Hz vyšla dobrá shoda teorie a experimentu:

počet listů	8	6	4	6	8	2
$T_{teor}/ms$	133	100	67	50	44	33
$T_{exper}/ms$	129	95	69	53	45	35

Závěrem je třeba říci, že se dá zastavit i více než 8 listů, ale to už se těžko počítá, neboť obraz je nestabilní. Při vyšších frekvencích také dochází k „ohýbání listů“, což zřejmě souvisí s řádkováním monitoru.

Kratší periody než 35 ms už nešlo s daným motorkem dosáhnout.

### Závěr

Studenti se seznámí se stroboskopickým jevem, popíší ho matematicky a naučí se ho využít k měření frekvence blikání monitoru. Obecněji se naučí měřit neznámou frekvenci pomocí frekvenčního standardu, což je častá úloha ve fyzice a metrologii.

## **3) Vrtule jako setrvačnick** (čtyřleté gymnázium - seminář z fyziky)

### Úvod

Studenti uchopí roztočenou vrtuli za rukojeť a pohybují s ní. Přitom cítí různé síly. Zkoumají tak vlastně gyroskopický jev, který ovšem neznají teoreticky a pravděpodobně ani prakticky. Jde tedy o objevování neznámého – heuristický experiment.

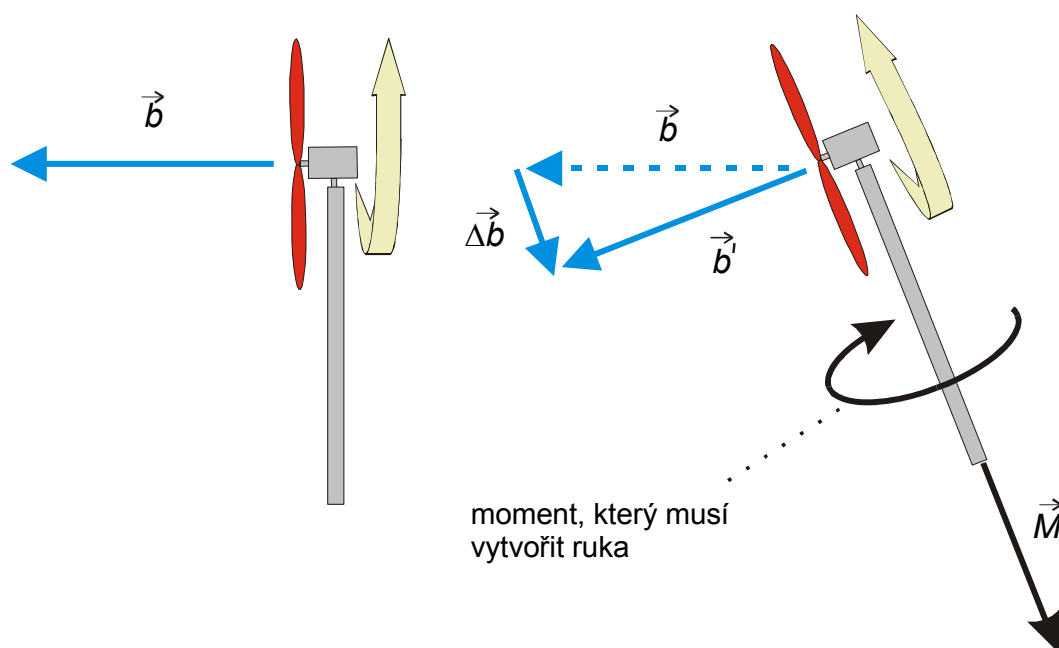
### Metodické pokyny

**Úkol:** Při naklánění vrtule cítíte různé síly. Prozkoumejte tento jev. Měňte parametry experimentu a запиšte co nejvíce výsledků pozorování (nevyžaduje se zdůvodnění).

**Pomůcky:** vrtule a motorek s rukojetí, regulovatelný zdroj stejnosměrného napětí do 9 V. Roztočenou vrtuli uchopíme za rukojeť a tu dáme do svislé polohy. Sklopíme ji a zase narovnáme.

Podle 2. věty impulzové platí  $\vec{M} = \frac{\Delta \vec{b}}{\Delta t}$ , kde  $\vec{M}$  je moment působící síly a  $\vec{b}$  je moment hybnosti.

Tento vzorec dáme do souvislosti s obrázkem:



Nejpodstatnější je, že potřebný moment síly  $\vec{M}$  musí mít stejný směr jako  $\Delta \vec{b}$  !

Prsty ruky musí tedy rukojeť držet tak, aby vytvořily krouticí moment v naznačeném směru. Pokud budeme rukojeť držet slabě, tyčka se v ruce otočí obráceně než je naznačeno.

Z rovnice je vidět, že velikost krouticího momentu závisí na změně momentu hybnosti a čase. Studenti by měli experimentováním objevit, že:

- při sklápění je zapotřebí opačný moment než při narovnávání
- při změně smyslu otáčení vrtule se situace obrátí
- při vyšších otáčkách je zapotřebí větší moment
- proběhne-li děj sklopení či narovnávání v kratším čase, je opět třeba větší moment na udržení rukojeti

Experimentování bylo prováděno ve fyzikálním semináři 3. ročníku čtyřletého gymnázia. V semináři je naprostá převaha děvčat, která si seminář vybrala kvůli přípravě k přijímacím zkouškám na medicínu. Zde je ukázka výsledků pozorování:

#### Skupina A

*Při otáčení ve směru otočky vrtule (směrem od nás) cítíme, jakoby vrtule chtěla zatočit sama v opačném směru – „brání se“.*

- Čím větší oblouk vrtulí opisujeme, tím menší je „odpor vrtule“.*
- Čím menší otáčky, tím menší „odpor“.*
- Odpor vrtule také závisí na rychlosti, jakou jí otáčíme. Čím větší rychlost otáčení, tím větší „odpor“.*

### Skupina B

*Zapojíme vrtulku, aby první otáčka směřovala doleva. Při pohybu nahoru cítíme brnění na spodní straně ruky (proti pohybu), při pohybu dolů cítíme brnění na vrchní straně ruky.*

*Zapojíme vrtulku, aby první otáčka směřovala doprava, pozorujeme opačné jevy.*

### Skupina C

1) *Vrtulka se vlastně prokrajuje vzduchem. Pokud s ní pohneme ve směru, ve kterém se jím jakoby prokrajuje, tak nám tímto směrem jakoby utíká (při pohybu vrtulky dolů se ta strana, na které se zařezává, posune níž).*

2) *Při pohybu vrtulky proti směru prokrajování klade odpor.*

3) *Ovlivňuje ji i proudění do čela vrtulky při „mávání“ – zpomaluje.*

### Skupina D

*Vypožadovaly jsme, že při pohybu s vrtulkou:*

1) *Pohyb nahoru a dolů:*

- *pociťujeme vychylování držadla do stran*
- *pohyb nahoru: zvedá se levá strana vrtulky*
- *pohyb dolů: zvedá se pravá strana vrtulky*

2) *Při opačném zapojení (vrtulka se točí na druhou stranu) – vychylování na opačné strany než 1).*

3) *S rostoucí frekvencí toto vychylování pociťujeme zřetelněji.*

Nejlépe daný jev zřejmě popisují autorky D. Je zajímavé, že obě umějí výborně řešit úlohy v písemkách (mají ze semináře jedničku) a zde ukázaly i cit pro experiment a systém.

### Závěr

Tato úloha se liší od běžných laboratorních úloh tím, že studenti zkoumají jevy, které dosud neznají teoreticky. Úloha je cenná tím, že studenti přírodní zákon sami objevují, zatímco v naprosté většině případů jej sděluje učitel. Studenti se také učí formulovat výsledky svých pozorování.

### **4) Tažná síla vrtule** (čtyřleté gymnázium - seminář z fyziky)

#### Úvod

Tažná síla vrtule roste s frekvencí otáčení. Vyšší frekvence ovšem vyžaduje větší elektrický příkon motorku. Vztahy mezi tažnou silou, frekvencí a příkonem se dají experimentálně změřit a regresní funkce najít pomocí excelu.

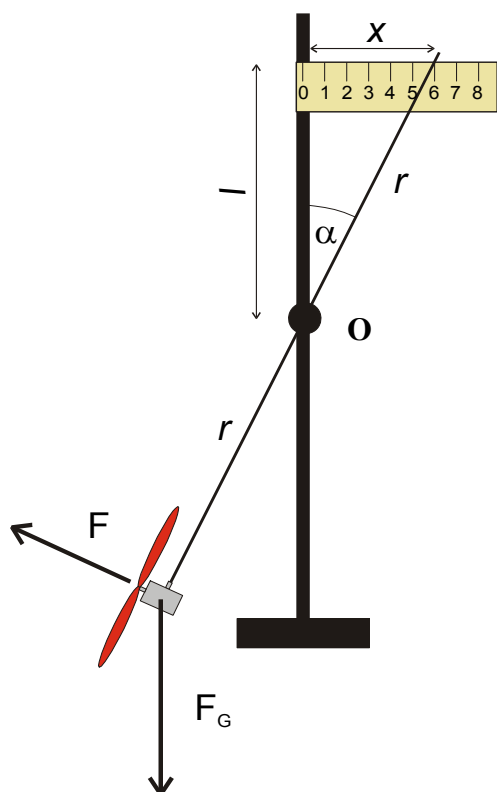
#### Metodické pokyny

Pokud studenti neznají měření frekvence optickou závorou, je třeba jim metodu ukázat.

*Úkoly:* Proměřte závislosti tažné síly vrtule na frekvenci, frekvence na příkonu a síly na příkonu. Najděte regresní funkce.

*Pomůcky:* vrtule a motorek na drátu, regulovatelný zdroj stejnosměrného napětí do 9 V, stojan s osou a měřítkem, svinovací metr, počítač s kartou ISES, optická závora, voltmetr, ampérmetr.

Studenti sestaví aparaturu podle obrázku. Regulací napětí roztáčí vrtuli tak, aby se výchylka  $x$  zvětšila vždy o 1 cm. Pokaždé určí frekvenci otáčení (optickou závorou), proud do motorku a napětí na motorku. Změří vzdálenost  $l = 32,5$  cm, motorek s vrtulí považujeme za bod o hmotnosti 29 g. Studenti by měli vymyslet, jak z úhlu  $\alpha$  určit tažnou sílu vrtule.



Odvození vzorce pro sílu:

Nedochází-li k otáčení motorku kolem osy O, jsou v rovnováze momenty:

$$F \cdot r = F_G \cdot r \cdot \sin \alpha$$

$$F = F_G \cdot \sin \alpha$$

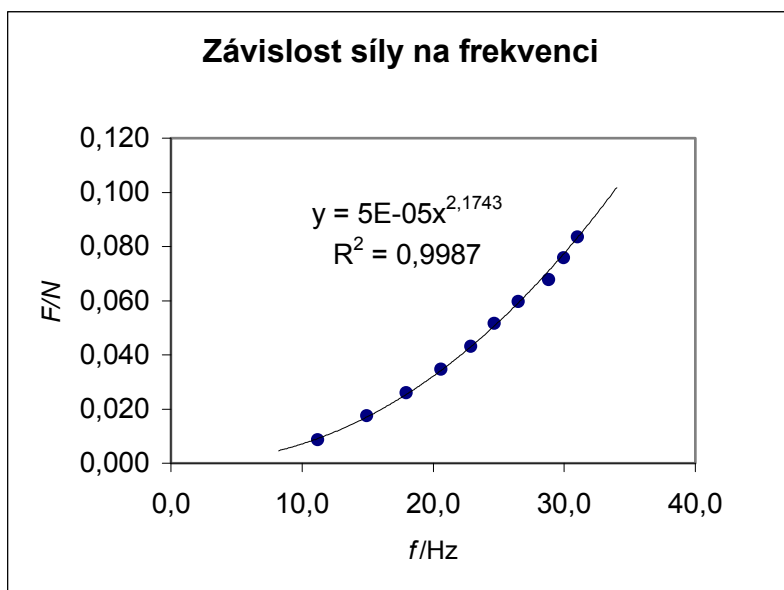
$$F = mg \cdot \frac{x}{\sqrt{x^2 + l^2}}$$

Nadcházející tabulka shrnuje všechny údaje potřebné k sestrojení grafů.

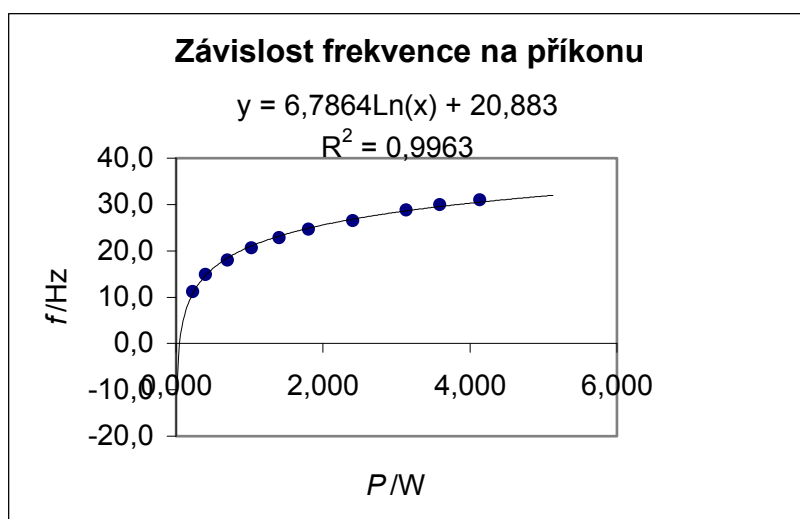
$f/\text{Hz}$	$x/\text{cm}$	$F/\text{N}$	$U/\text{V}$	$I/\text{A}$	$P/\text{W}$
11,2	1,0	0,009	2,02	0,11	0,222
15,0	2,0	0,017	2,68	0,15	0,402
18,0	3,0	0,026	3,67	0,19	0,697
20,6	4,0	0,035	4,46	0,23	1,026
22,9	5,0	0,043	5,19	0,27	1,401
24,7	6,0	0,052	6,01	0,30	1,803
26,5	7,0	0,060	6,87	0,35	2,405
28,8	8,0	0,068	7,82	0,40	3,128
30,0	9,0	0,076	8,55	0,42	3,591
31,0	10,0	0,084	9,39	0,44	4,132

Grafy lze výhodně vytvořit pomocí excelu.

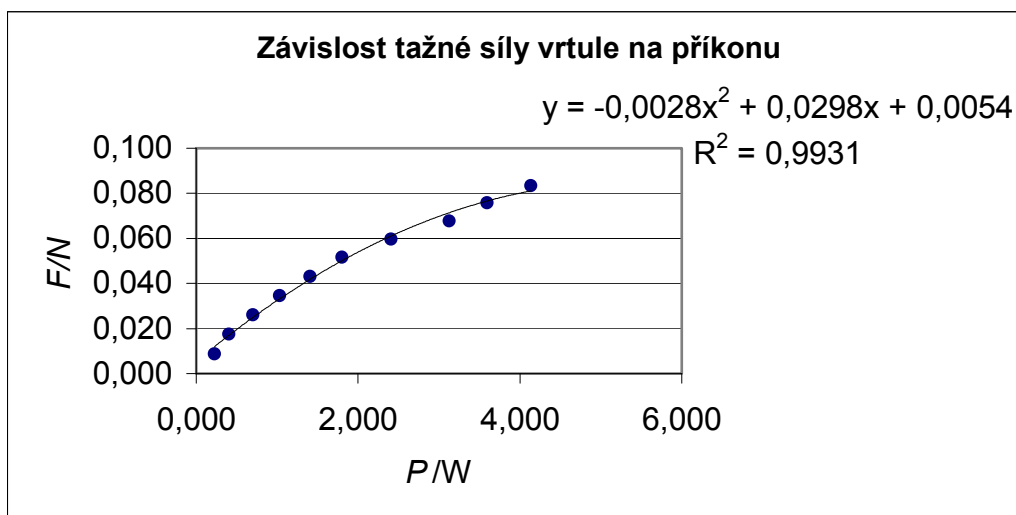




Síla roste přibližně s druhou mocninou frekvence.



Zpočátku frekvence se zvyšováním příkonu rychle roste. Tento růst se při vyšším příkonu již zpomaluje. Pro matematický popis nejlépe vyhovuje logaritmická funkce.



V naměřeném rozsahu vystihuje konkávní graf polynom druhého stupně.

### **Závěr**

Studenti měří komplexní laboratorní úlohu - jde o kombinaci mechaniky a elektřiny. Naměřené výsledky jsou opět heuristické, neboť uvedené závislosti se ve fyzice gymnázia nevyučují. Studenti hledají matematický popis naměřených výsledků.

## Fyzikální kvízy

*Zdeněk Drozd, Jitka Brockmeyerová*

Důležitou součástí hodiny fyziky je pokus. Jednoduchý experiment může výrazně usnadnit pochopení probíraného fyzikálního jevu, může žáky podnítit k domácímu experimentování apod. Aby bylo možné vytěžit z provedení pokusu co nejvíce nových poznatků, je důležité, aby byl do vyučovací hodiny vhodně zakomponován. V opačném případě by se očekávaný efekt nemusel dostavit. Žáky sice experimentování v hodinách zaujme pravděpodobně pokaždé, snadno se ale může stát, že se pokus stane jenom chvilkovým zpestřením hodiny.

Jednou z možností, jak dosáhnout toho, aby žáci nad prováděným experimentem aktivně přemýšleli, může být uspořádání soutěže nebo kvízu. Můžeme vyjít např. z nějaké oblíbené televizní soutěže. Žáci vybraní podle určitého kritéria se stanou soutěžícími, učitel může sehrát úlohu moderátora a zbytek třídy se stane publikem, které by mělo být do soutěže také aktivně zapojeno. Možných scénářů je mnoho a učitelé si s realizací podobné hodiny, nebo její části jistě sami poradí. Cílem našeho příspěvku je ukázat několik pokusů, které mohou být vhodnou náplní takové fyzikální soutěže neboli kvízu. Jde o pokusy, které jsou jednoduché na provedení a jsou známé v mnoha různých obměnách. Naším cílem není vymýšlet nové, doposud neznámé pokusy, to je prakticky nemožné. Dříve či později se ukáže, že pokus, který někdo vymyslí a považuje jej za originální, je uveden např. v knize, která vyšla před 50 lety. Důležité je, aby se k učitelům dostalo co nejvíce námětů na vhodné pokusy. Není podstatné, jestli je již někdo zná, nebo jsou téměř neznámé. Hlavní je to, aby sloužily našemu společnému cíli, kterým je kvalitní výuka fyziky, z níž mají radost žáci i učitelé.

Dále se nebudeme zabývat podrobnostmi okolo uspořádání zmíněných kvízů, ale zaměříme se na samotné pokusy. Ty mohou mít několik podob. Žáci mohou např. předpovídat, jak pokus dopadne. Na základě svých znalostí vysloví domněnku, kterou potom ověří provedením pokusu. Pokus tedy může být odpovědí na kvízovou otázku. Jinou možností je uhodnout, co je uvnitř nějaké „černé skříňky“ na základě zkoumání toho, jak se chová. Otázka, kterou mají žáci v rámci kvízu objasnit, může přijít zdánlivě nečekaně, když při provádění na první pohled jednoduchého a jasného pokusu dojde k nějakému překvapivému jevu.

V dalším textu jsou uvedeny konkrétní ukázky takovýchto „kvízových pokusů“.

### **Podivné míčky**

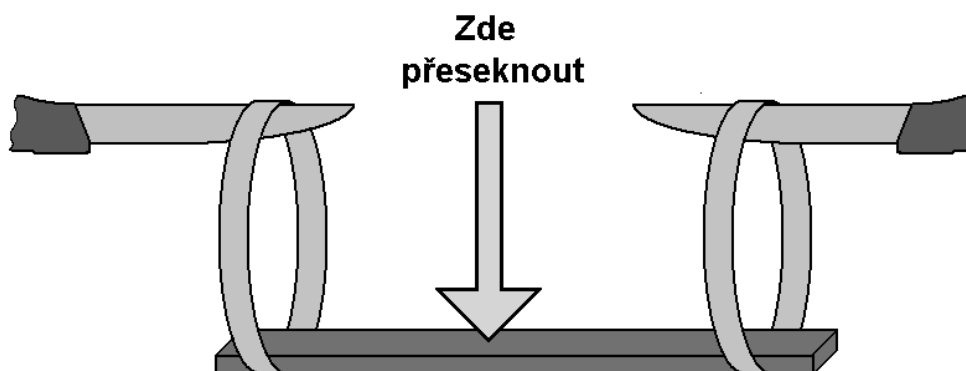
V některých prodejnách s hlavolamy a hračkami nebo u různých stánků na tržnicích je občas možné nalézt zajímavé věci. Může to být např. dvojice malých míčků, z nichž jeden docela dobře odskakuje od země, druhý ale po dopadu na podložku zůstane ležet téměř bez odrazu. Na první pohled jsou tyto míčky úplně stejné. Pokus může probíhat např. tak, že učitel dá žákovi do ruky míček, který neodskakuje a řekne mu, aby jej pustil na stůl. Učitel sám má v ruce druhý míček a pouští jej na stůl ze stejné výšky zároveň se žákem. Vše vypadá dost nezajímavě. Žáci čekají, že se oba míčky přibližně stejně odrazí. Výsledek je ale překvapující a vzbudí velkou pozornost. Nyní je možné prodiskutovat mnoho fyzikálních problémů – zákon zachování mechanické energie, pružný a nepružný odraz, vnitřní tlumení v materiálu míčku atd.

### Přeseknutá laťka

Tento pokus je známý v různých obměnách. Je ukázkou kvízového pokusu, při němž žáci předem odhadují výsledek. Potřebujete k němu plochou dřevěnou laťku (v našem případě byla smrková s průřezem 5 x 15 mm a délkou 60 cm), dva kuchyňské nože, dva papírové kroužky (slepené z proužků kancelářského papíru, dlouhých např. 20 cm) a velký ostrý nůž, nebo kladivo.

Dva žáci, kteří učiteli asistují, drží v rukou nože ostrím nahoru. Na ostřích nožů jsou navléknuty papírové kroužky a v nich jsou položeny konce laťky (viz obrázek). Učitel položí otázku, co se stane, když do laťky prudce udeří kladivem, nebo sekne velkým nožem. Nabízí se odpověď, že se roztrhnou papírové kroužky, v nichž je laťka zavěšena, a ta potom spadne na zem. Výsledek pokusu je ale jiný. Laťka je přeseknuta na dva kusy, ale kroužky na nožích jsou nepoškozeny. Čím je úder prudší, tím je výsledek jistější.

V následném rozboru by měli žáci přijít na to, že síla, kterou působil nůž na laťku, byla mnohem větší, než je mez pevnosti laťky. (Měli bychom mluvit o napětích, ale v tomto případě to není důležité – mezi pevnosti můžeme myslet sílu potřebnou k přerazení laťky.) Nůž (kladivo) působí přitom na laťku velmi krátkou dobu. I když zrychlení, které přitom kladivo laťce uděluje, je velké, konce laťky se posunou pouze nepatrně, a na přetržení kroužků to nestačí. Ty by se musely nejprve natáhnout, napnout a teprve potom by je ostří nožů, na nichž jsou zavěšeny, přetřhla. Tento pokus se občas předvádí tak, že konce laťky leží na skleničkách, nebo laťku vyhodíme do vzduchu a během jejího pádu ji přesekneme.

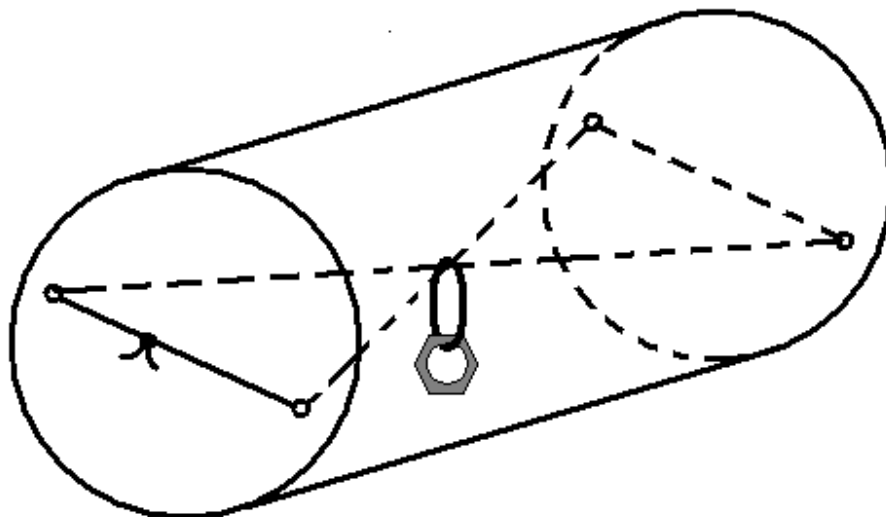


### Podivný válec

K pokusu budete potřebovat plechovku s víčkem (v našem případě měla průměr asi 10 cm a výšku 17 cm), modelářskou leteckou gumu (naše měla průřez 5 x 1 mm), velkou ocelovou matici (např. M15), kousek drátu, a tvrdý papír (např. z krabice od bot). Pomocí hřebíku a kladiva prorazte do dna plechovky poblíž jejího obvodu dva otvory. Ty by měly být přibližně symetricky umístěny vzhledem ke středu dna. V přibližně stejných místech udělejte dva otvory do víčka plechovky. Otvory provlékněte modelářskou gumu, kterou uvnitř plechovky překřížíte. Jak má být guma v plechovce navléknuta, je znázorněno na obrázku. Konce gumy vně plechovky pevně svažte. V místě, kde je guma překřížena, je třeba umístit drátěnou smyčku s navléknutou maticí. To můžete provést tak, že odtáhnete víko plechovky a gumu omotáte drátem s maticí. Drát s maticí můžete popřípadě umístit na gumu během její instalace do plechovky. Nyní plechovku zavřete a na dno a víko zvenku přilepte papírové kruhy. Ty zakryjí gumu. „Černá skříňka“ – tajemná plechovka – je hotova. Když plechovku kutálíte po stole nebo podlaze, po chvíli se vám vrátí zpět. Vyzkoušejte si jak rychle a do jaké vzdálenosti můžete plechovku poslat. Pokud to přeženete, přeskočí matice přes gumu a

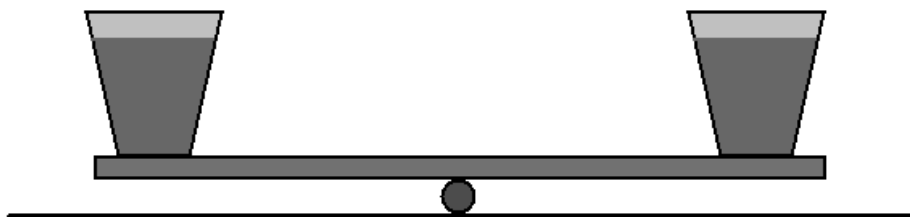
efekt se příliš nezdaří. Plechovka se také zajímavě chová na nakloněné rovině s malým sklonem.

Mezi žáky se asi brzy najdou takoví, kteří vnitřní uspořádání plechovky pochopí. Chtějte po nich nákres tohoto uspořádání a vyzvěte je, aby podobnou plechovku sami doma vyrobili a přinesli ji ukázat.



### **Záhadné vahadlo**

Tento pokus můžete kdykoliv snadno nachystat a provést. Stačí k němu dvě skleničky, kelímky od jogurtu apod., dřevěné pravítko, nebo nějaká destička, tužka a trocha vody. Tužku položíte na stůl, na ni dáte pravítko a na jeho konce postavíte skleničky. Vše tvoří jakési vahadlo, nebo houpačku. Do skleniček nalijte vodu a vahadlo vyvažte posouváním tužky, nebo doléváním vody. Nemusíte jej vyvážit úplně, tak aby bylo pravítko ve vodorovné poloze. Stačí, když bude od tohoto stavu blízko, takže se pravítko může po malém zatlačení do horní skleničky snadno převážít.



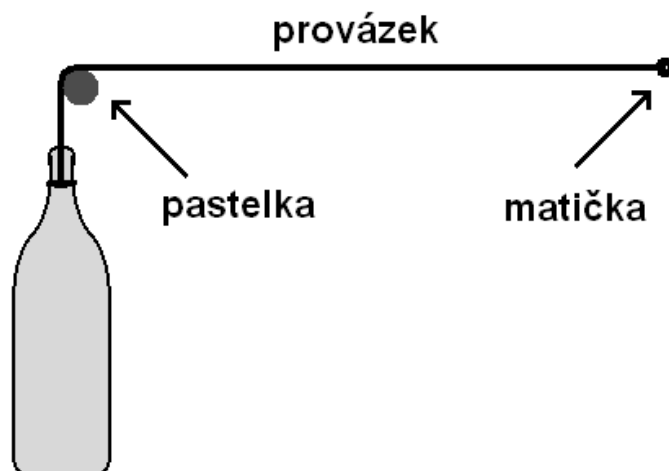
Zeptejte se žáků, co se stane, když do skleničky, která je právě nahoře ponoříte prst (aniž byste se samotné skleničky dotkli). Až problém prodiskutujete ponořte prst do sklenice. Vahadlo se překlápí. Vytáhnete-li prst ven, převáží se opět na druhou stranu. Zanořením prstů do obou sklenic můžete vahadlo překlápět a například i uvést do vodorovné polohy. Nyní můžete celou situaci ještě jednou prodiskutovat. I tento pokus je mnoha učitelům známý v různých obdobích. Pro žáky ale bývá jeho výsledek překvapivý, a nějakou dobu jim trvá, než si jej pořádně zdůvodní.

## Rozbije se, nebo ne?

Tento pokus patří opět k těm, jejichž výsledek mají žáci předpovědět. Bude to pro ně asi obtížnější než v předchozích případech, a tak se může v případné soutěži stát kvízovou otázkou s vyšším bodovým hodnocením.

Připravte si skleněnou láhev, např. od piva, asi 120 cm dlouhý pevný provázek a maticku (např. M6). Na jeden konec provázku pevně přivažte maticku a druhý konec přivažte k hrdlu láhve. Do jedné ruky vezměte pastelku a druhou rukou držte konec provázku s matickou. Provázek přitom leží na pastelce poblíž konce s láhví, která visí ve vzduchu. Vše je naznačeno na schematickém nákresu. Zeptejte se žáků, co se stane, když pustíte konec provázku s matickou. Pravděpodobně budou očekávat, že se láhev rozbije. Kupodivu se to nestane. Konec provázku s matickou se během pádu láhve namotává na pastelku, až se láhev kousek nad zemí zastaví. Předem si musíte vyzkoušet, v jaké výšce vše držet, kde podepřít provázek popřípadě také, jak dlouhý provázek potřebujete, aby vše dobře dopadlo. Dejte pozor na maticku. Ta se pohybuje velkou rychlostí, a kdyby se utrhla, byla by velice nebezpečná. Proto vždy stůjte na takovém místě a držte provázek v takovém směru, aby utržená maticka nemohla nikoho zasáhnout!

Rozbor tohoto experimentu je náročnější a je možné udělat jej na střední škole. Fyzikální znalosti žáků základních škol k pochopení pokusu nestačí. Podrobný rozbor tohoto pokusu můžete nalézt v [1].



## Oheň a voda

I poslední pokus, který uvádíme v tomto příspěvku, je známý v různých obdobích. Budete k němu potřebovat velký mělký talíř, sklenici, kousek papíru, zápalky a vodu (obarvenou potravinářským barvivem, aby byl pokus lépe vidět). Vodu nalijte do talíře. Ve sklenici zapalte papír a počkejte až se rozhoří. Sklenici s hořícím papírem překlopte dnem vzhůru a postavte do talíře s vodou. Papír za chvíli přestane hořet a voda z talíře je nasávána do sklenice. Pokus můžete opět nějakým vhodným způsobem zařadit do fyzikální soutěže.

Prekvapivé bývá vysvětlení pozorovaného jevu, se kterým přijdou žáci. Často si myslí, že ve sklenici shořel vzduch (někdy řeknou že shořel kyslík), tím tam klesl tlak, a proto se dovnitř dostala voda z talíře. Přitom jim nevádí, že v jejich úvahách zmizela hmota (zmizel

plyn). Kyslík, který se při hoření spotřeboval, je samozřejmě nahrazen jiným plynem ( $\text{CO}_2$ , vodní pára). Ve sklenici se pouze „přerovnaly atomy“ do jiných molekul – nic nezmizelo.

Správné vysvětlení je v tepelné rozpínavosti vzduchu. Horký vzduch se rozpíná a po překlopení sklenice a dohoření papíru se rychle ochlazuje. Tím se opět smršťuje a vnější vzduch natlačí do sklenice vodu z talíře.

### **Literatura:**

- [1] Rojko, M.: *Zachráněná láhev*. Školská fyzika **VI**, mimořádné číslo (2000) 90.

## Nové nástroje pro ISES

Jan Koupil

František Lustig

Katedra didaktiky fyziky, Matematicko-fyzikální fakulta UK Praha.

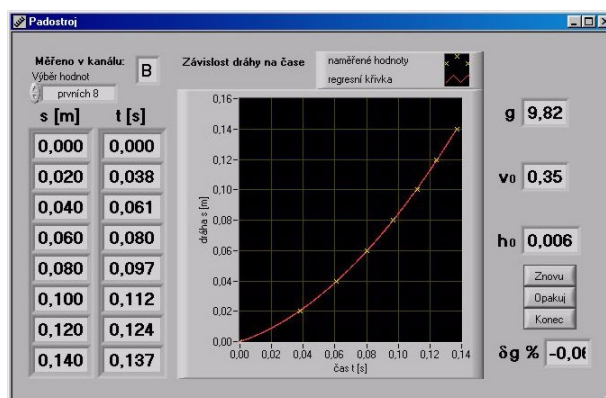
Učitelům fyziky na českých školách je souprava ISES pro měření s počítačem velmi dobře známá. Při demonstračních měřeních je využívána ve velké většině případů spolu s univerzálním ovládacím prostředím ISESWIN, popřípadě starší variantou ISES DOS. Tyto programy jsou velmi robustní, nicméně neumožňují hlubší analýzu dat. Podobně také není snadné využít ISES pro nějakou automatizovanou činnost (kontrola hodnot, podmíněné využití výstupního kanálu apod.)

Pro takovou práci je výrazně vhodnější nějaké programovací prostředí, jakým je například prostředí LabVIEW. Protože nepředpokládáme, že by se učitelé kvůli několika pokusům učili nový programovací jazyk, bylo vytvořeno několik programů pro měření s ISESem, popřípadě se zvukovou kartou. Všechny tyto i další programy jsou volně ke stažení na internetových stránkách <http://iseslab.wz.cz/>.

### Padostroj

Ve [1] je popisována laboratorní práce, ve které studenti měří tíhové zrychlení za použití optické závory ISES a speciálního „hřebene“ s definovanou roztečí zubů. Součástí řešení je odečet hodnot, jejich analýza, proložení křivkou a výpočet koeficientů. Pokud ovšem učitel má k dispozici pouze jeden počítač s ISESem a ne celou laboratoř, ale chtěl by studentům ukázat tuto metodu, byla by prezentace pro velký počet úkonů časově velmi náročná.

Program *Padostroj* provádí jak měření na optické závoři, tak veškerou analýzu automaticky a výsledky okamžitě zobrazuje na monitoru počítače. Učitel tak má možnost vysvětlit metodu, provést několik měření a ukázat, že výsledky se shodují s tabulkovými hodnotami.



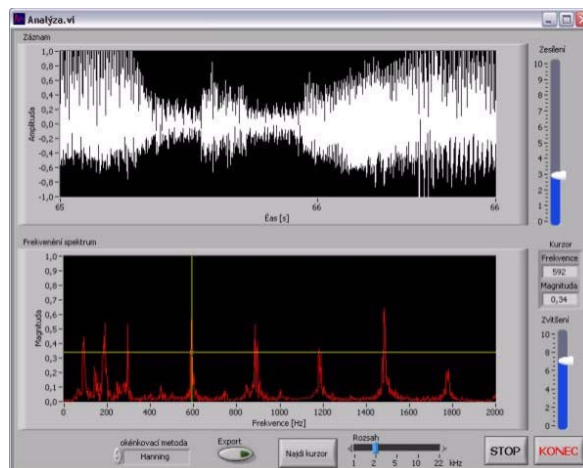
obr. 1 – panel programu *Padostroj*

### Zvukový analyzátor

Aplikace Zvukový Analyzátor funguje jako osciloskop, který současně vyhodnocuje frekvenční složení zvukového nebo jiného periodického signálu změřeného na zvukové kartě v on-line režimu (v reálném čase). Můžeme tedy sledovat například změnu frekvence při dostatečně výrazném Dopplerově jevu nebo poklesech otáček sirény. V průběhu měření je samozřejmě možné běh analýzy zastavit, odečíst zajímavá data a případně je exportovat.



Tato aplikace je svou funkcí podobná některým freewarovým osciloskopům, jako je například Winscope. Oproti nim vyžaduje silnější PC (~500 MHz a výše), ale je funkční se všemi typy zvukových karet, na které má počítač nainstalován ovladač. Je tedy možné měřit i na nových kartách (například velmi rozšířený Soundblaster Live), které Winscope nezvládá.



obr. 2 – panel programu *Zvukový Analyzátor*

### Harmonická analýza

V pořadí druhým programem pro určení frekvenčního spektra periodického signálu je program *Harmonická analýza*. Je schopen měřit jak pomocí zvukové karty, tak pomocí ISESu. Analýza probíhá v off-line režimu, tzn. že nejprve je změřen blok dat a teprve následně vyhodnocen.

Program umožňuje pracovat se dvěma bloky změřených dat, jejich směřování a také i jejich jednoduchou úpravu nebo generování periodického signálu. Samozřejmostí je také ukládání a načítání dat, export naměřených hodnot a zjištěných spekter.

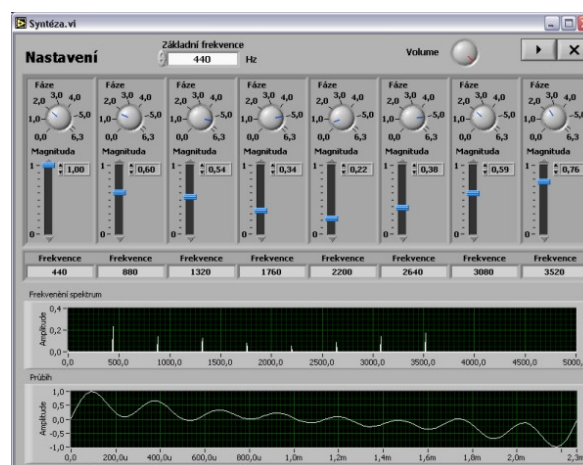
Originální ovládací software ISESWIN (případně ISES DOS) je velmi univerzální, jeho patrně největší slabinou je neexistence algoritmů pro vyhodnocení obsažených frekvencí. Program *Harmonická analýza* tuto mezeru efektivně zaplňuje.

### Syntéza

S programy *Harmonická analýza* a *Zvukový analyzátor* si studenti mohou prohlédnout, jak vypadá frekvenční spektrum různých zvuků. Když se tyto jevy se třídou rozebírají, obvykle padne dotaz, jestli by to šlo obráceně. Zda bychom nastavením harmonických frekvencí mohli dosáhnout tónu shodného například s kytarou. K tomu je určena tato aplikace, která vytvoří „na přání“ tón z harmonických frekvencí a přehraje jej přes výstup zvukové karty.

Učitel pouze nastaví základní frekvenci tónu a potom zvolí u této a sedmi vyšších harmonických frekvencí poměr jejich amplitud. Může tak demonstrovat, že s přidáním vyšších harmonických frekvencí se nezmění výška tónu, ale jeho barva.

Je také možné měnit počáteční fázi jednotlivých frekvencí a ukázat, že lidské ucho rozlišuje frekvenci, ale ne fázi.

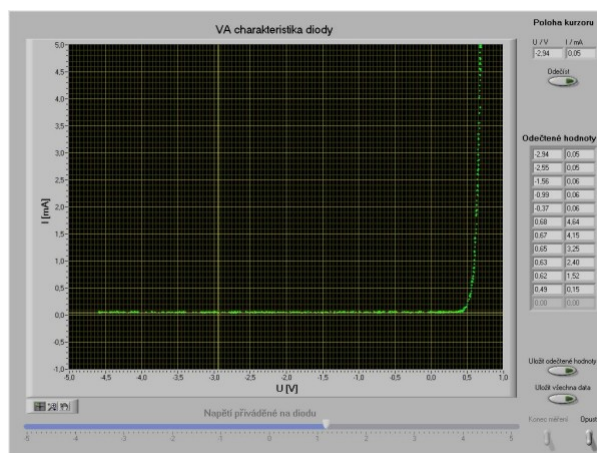


obr. 3 – panel programu *Syntéza*

## Voltampérová Charakteristika

Program *Voltampérová Charakteristika* je velmi jednoduchou pomůckou pro změření příslušné charakteristiky elektrického prvku připojeného k senzorům soupravy ISES. Uživatel potom posuvníkem reguluje řídicí napětí na prvku (v rozsahu výstupního kanálu ISESu, tj.  $<-5\text{ V}; 5\text{ V}>$ ) a systém odečítá aktuální hodnoty napětí a proudu a vynáší je do grafu.

Z grafu je možné hodnoty odečíst a exportovat pro následné zpracování v jiném programu (například MS Excel).



obr. 4 – panel programu  
*Voltampérová Charakteristika*

## Vzdálená měření

Díky vlastnostem vývojového prostředí LabVIEW, ve kterém byly programy vytvořeny, je snadné ovládat měřicí úlohy i na dálku, po internetu. Na stránkách projektu <http://iseslab.wz.cz> je v sekci „Funguje to“ uveden i odkaz do naší laboratoře, kde jsou on-line připojeny tři experimenty, které může uživatel řídit od svého počítače a za pomoci webové kamery sledovat důsledky svého počínání. Tak je umožněno aby si uživatel vyzkoušel, jak tyto programy fungují a současně se jedná o výhled do budoucnosti, kdy učitel ukáže žákům i experimenty, ke kterým nemá ve svém kabinetě pomůcky, pouze přístup do on-line laboratoře.

## Závěr

Vytvořili jsme do školních laboratoří vybavených systémem ISES doplněk ke standardnímu softwaru, nový toolkit, který zaplňuje mezery mezi možnostmi soupravy a jejím využíváním. Dává tak možnost předvádět bez nových investic se stávajícím hardwarem pokusy například z akustiky nebo z oblasti střídavých proudů (RLC obvody apod.). Některé nástroje fungují i bez sady ISES, pouze se zvukovou kartou.

Všechny programy jsou určeny k používání zdarma a je možné je stáhnout ze stránek projektu na adrese <http://iseslab.wz.cz>. Tamtéž je detailně popsána instalace vyžadovaných podpůrných programů. Každý, kdo se bude pokoušet poprvé spustit některý z nabízených programů, by měl nejprve prostudovat sekci „podpůrné programy.“

## Literatura:

- [1] VÍCHA, Vladimír. Ukázka laboratorních prací měřených soupravou ISES. In *Veletrh nápadů učitelů fyziky 7: Sborník z konference*. Ed. E. SVOBODA, L. DVOŘÁK. Praha: Prometheus, 2002, s. 75-83.
- [2] *Manuál pro ISES - intelligent school experimental system*, MENTAR a PCIN/OUT, Praha 1996.
- [3] KOUPIL, Jan; LUSTIG, František. The School Measurement Studio controlled by LabVIEW. In *GIREP 2002 - Physics In New Fields*. Sborník [online]. 2002 [cit. 10. 8. 2003]. Dostupné z WWW: <<http://www.girep.fysik.lu.se/abstracts/abslist.asp>>.

## Netradiční měřicí přístroje 3

LEOŠ DVOŘÁK

Matematicko-fyzikální fakulta UK Praha

I letos jsou tématem „Netradičních měřicích přístrojů“ spíše indikátory: • indikátor malých napětí, který umožní demonstrovat například elektromagnetickou indukci při pohybu vodiče v zemském magnetickém poli, • jednoduchá konstrukce pro demonstraci ohybu kolejí za horka a • jednoduchý dilatometr pro ukázkou tepelné roztažnosti materiálů.

Předností všech uvedených „přístrojů“ jsou malé výrobní náklady: U prvního indikátoru pár desítek korun, u dalších dvou opravdu jen pár korun. Druhé dva indikátory si mohou lehce zhotovit i sami žáci.

### Indikátor malých napětí

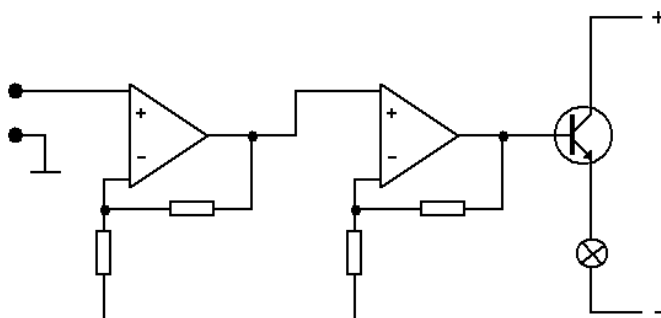
Dále popsáný přístroj indikuje malá napětí změnou jasu žárovky: jedné polaritě odpovídá zvýšení jasu, opačné polaritě snížení jasu.

K čemu může být takový indikátor dobrý?

Například k demonstraci elektromagnetické indukce při pohybu magnetu v blízkosti vodiče. Obvykle se to demonstruje pomocí cívky o mnoha závitů. Nešlo by to však **s jedním závitem?**

Jednoduchý odhad ukáže potřebnou citlivost. Magnetická indukce v blízkosti běžných malých feritových magnetů dosahuje hodnot setin tesla. Je-li plocha magnetu  $1\text{ cm}^2$ , je velikost magnetického indukčního toku (který odhadneme jako  $\Phi = B \cdot S$ ) řádu jednotek  $\cdot 10^{-6}$  Wb. Indukované napětí je dáno časovou změnou indukčního toku. Posuneme-li magnet nad závit a zpět několikrát za sekundu (tedy doba časové změny  $\Delta t$  bude řádu desetin s), bude přibližně  $U = |\Delta\Phi / \Delta t| \approx 10^{-6}\text{ Wb} / 0,1\text{ s} = 10^{-5}\text{ V}$ . Potřebná citlivost našeho indikátoru by tedy měla dosahovat 10 mikrovoltů. Samozřejmě můžeme užít silnější magnet či magnet s větší plochou, rozhodně však jsme pod mezí citlivosti běžných multimetrů.

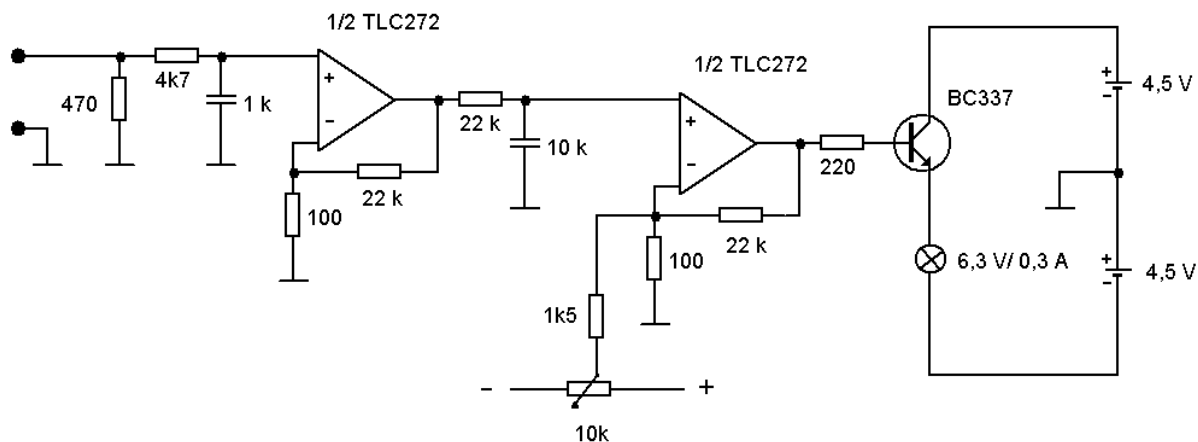
S moderními elektronickými součástkami však dokáže dostatečně citlivý indikátor postavit snad každý, kdo se trochu věnoval „kutění“ v oblasti elektroniky či radiotechniky. Principiální schéma indikátoru je na obr. 1.



Obr. 1. Principiální schéma indikátoru.

Je použit dvojitý operační zesilovač typu TLC272 (který lze v obchodech se součástkami koupit za cenu něco přes dvacet korun), jeho výstupní proud zesiluje tranzistor zapojený jako emitrový sledovač. Protože celkové stejnosměrné zesílení je značné (naš indikátor bude zesilovat více než 40 tisíc-krát), způsobila by i malá vstupní napěťová nesymetrie (kterou nutně integrovaný obvod vykazuje), že žárovka by buď svítila naplno,

nebo byla zcela zhaslá. Proto je indikátor doplněn ještě potenciometrem, jímž lze nesymetrii korigovat a jas žárovky nastavit na mírný svit. Celkové zapojení indikátoru je na obrázku 2.



Obr. 2. Celkové zapojení indikátoru malých napětí

V zapojení jsou navíc i RC členy omezující střídavé signály, zejména vysokofrekvenční. (Při vysokém zesílení by jinak mohly např. signály středovlnných vysílačů, indukované do závitu na vstupu, působit potíže.) Celé zapojení stačí napájet ze dvou plochých baterií; napájení samotného integrovaného obvodu není zakresleno. Vývody potenciometru označené + a – se připojí k napětí +4,5 V a -4,5 V z plochých baterií. Na vstupní svorky (ve schématu zcela vlevo) se připojí závit z drátu, cívka nebo přívody spojené se nějakým experimentem, v němž chceme indikovat malé napětí.

### Náměty na experimenty s indikátorem malých napětí

- Demonstrace elektromagnetické indukce – pohyb magnetu v blízkosti vodiče

Stačí vstupní svorky spojit kusem drátu nebo kablíku. Při pohybu magnetem kolmo k drátu (tak, že siločáry „při svém pohybu protínají drát“) žárovka jasněji zazáří, při pohybu opačným směrem její jas pohasne. S tím, co žákům ilustrovat a zdůraznit, si už každý správný učitel fyziky jistě „pohraje“ sám. Může třeba ukázat, že: – při rychlejším pohybu je změna jasu výraznější, při pomalém sotva znatelná, – pohyb magnetu ve větší vzdálenosti působí menší změnu, – indikátor reaguje výrazněji, smotáme-li drát do dvou, třech a více závitů („ejhle, vzniká cívka!“), – připojíme-li ke vstupním svorkám indikátoru cívku o větším počtu závitů, reaguje přístroj i na velmi malé změny magnetického pole, – jádro v cívce ještě zvětší citlivost (s cívkou 1200 závitů z rozkladného transformátoru reaguje indikátor na otáčení silnějším magnetem ve vzdálenosti přes dva metry), atd.

Se středoškoly (alespoň s těmi, které zajímá fyzika) lze diskutovat o tom, že se zde vskutku uplatňuje změna magnetického toku závitem (působivé je třeba užít závit o průměru přes jeden metr a uprostřed otáčet silnějším magnetem). Spíše do úvodního VŠ kurzu už patří diskuse o tom, že indukce pole magnetického dipólu klesá s třetí mocninou vzdálenosti a že tedy dvakrát vyšší počet závitů cívky neznamená, že můžeme detekovat pohyby magnetu do dvakrát vyšší vzdálenosti. Naopak i na nižší než středoškolské úrovni lze předvést princip záznamu na magnetický pásek: „potíráním“ magnetem různě zmagnetujeme různé kusy kovového svinovacího dvoumetru a pak jej protahujeme nad cívku připojenou k indikátoru. Jde o známý pokus, ale náš indikátor ho umožní demonstrovat velmi výrazně. Určitě se objeví i další nápady...

- Demonstrace elektromagnetické indukce – pohyb vodiče v magnetickém poli

Analogicky k předchozím pokusům můžeme samozřejmě nechat magnet v klidu a pohybovat vodičem. I zde lze demonstrovat, že indukované napětí je největší, když je vodič kolmo na siločáry a také se kolmo na siločáry pohybuje.

Citlivost indikátoru umožní demonstrovat indukované napětí i při pohybu vodiče v zemském magnetickém poli. Stačí ke vstupním svorkám připojit delší ohebný kablík a točit jím podobně, jako švihadlem. Dokonce tak lze (velmi přibližně) hledat severojižní směr a sklon magnetických siločar vůči vodorovné rovině: je-li vodič rovnoběžný se směrem siločar, neindukuje se v něm při jeho pohybu napětí. (V praxi ovšem díky nehomogenitám magnetického pole způsobeným třeba blízkými železnými předměty bude indikátor na pohyb vodiče vždy trochu reagovat, ale výrazně méně, než když je vodič kolmo k siločarám.)

S pokročilejšími studenty lze počítat, jaké napětí se na pohybujícím se vodiči indukuje. Hodnota magnetické indukce zemského magnetického pole (její horizontální složka je přibližně  $B=2 \cdot 10^{-5}$  T) pak dostane mnohem konkrétnější smysl – na metr vodiče kolmého k siločarám, pohybujícího se (rovněž kolmo k siločarám) rychlostí 1 m/s, se indukuje napětí zhruba 20 mikrovoltů. A to náš indikátor pohodlně ukáže.

- Demonstrace termoelektrického napětí

Citlivost indikátoru umožní snadno ukázat termoelektrické napětí dané rozdílem teplot na konci vodiče (připojeného k vodičům z jiného materiálu). Ze údajů ve středoškolských tabulkách například lehce odvodíme, že termočlánek vzniklý spojením cínu a mědi dává napětí 0,3 mV při rozdílu teplot jeho spojů 100 K. To znamená napětí 3 mikrovoly na stupeň. Zahřátí jednoho spoje v prstech tedy stačí k vytvoření napětí výrazně přes deset mikrovoltů, které náš indikátor spolehlivě ukáže. Pro rychlou demonstraci stačí připojit ke kablíkům od vstupních svorek kus drátu z jiného materiálu (třeba železa, hliníku, cínu apod.) a jeden konec zahřát v prstech. Pak ho necháme vychladnout a zahřejeme zase druhý konec... Pokud použijeme konstantanový drát, bude reakce indikátoru velmi výrazná a rychlá – na spoj stačí doslova jen dýchnout.

Kdybychom chtěli termoelektrické napětí alespoň zhruba kvantitativně měřit, museli bychom náš indikátor okalibrovat. Není to tak těžké, jak by se na první pohled mohlo zdát. Stačí k ploché baterii připojit resistor o odporu necelých 5 megaohmů (běžně se prodávají resistory s odporem 4,7 MΩ) a do série s ním resistory 10 Ω, 20 Ω, atd. Poteče jimi proud asi 1 μA, takže na nich bude právě napětí 10 μV, 20 μV, ... Tato napětí můžete přivést na indikátor, změnu jasu žárovky si zhruba zapamatovat a podle ní pak při experimentech odhadovat „měřené“ napětí.

Pro ještě přesnější (už „skoro opravdové“) měření malých napětí bychom mohli na výstup našeho indikátoru připojit malý multimetr (mezi „zemnicí bod“ spojující ploché baterie ve zdroji a emitor tranzistoru připojený k žárovce). Uděláte-li to, nebudte překvapeni, že napětí kolísá a pomalu se mění („ujíždí“). To se projevuje šum a nedokonalá tepelná stabilita našeho přístroje. Řádově citlivější už náš jednoduchý indikátor asi neuděláme...

- Demonstrace spádu napětí na vodiči

Všichni víme, že pro vodiče platí Ohmův zákon. Na vodiči, jímž protéká proud  $I$  je tedy nutně úbytek napětí  $U=I \cdot R$ . Úbytky napětí na dostatečně tlustých vodičích při dostatečně malých proudcích ovšem běžně zanedbáváme. Přece – jaký by mohl být úbytek napětí na kousku měděného drátu o průměru třeba 2 mm, jímž teče například do žárovičky proud nějakých 200 mA? Náš indikátor nám to umožní změřit.

Schéma zapojení, zahrnující v sérii plochou baterii, žárovčku a tlustý drát, ani není třeba kreslit. K drátu připojíme krokosvorkami přívody od vstupních svorek indikátoru. Po

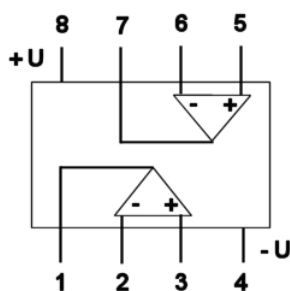
zapnutí proudu indikátor ukáže, že spád napětí na drátu je opravdu řádu desítek mikrovoltů. (Lze ukázat spád napětí už na jednom centimetru drátu.)

Chceme-li, můžeme samozřejmě se žáky ověřit výpočtem, že odpor 1 cm daného drátu je asi 50 milióntin Ohmu. Při proudu 0,2 A je tedy úbytek napětí asi 10 mikrovoltů – a to už indikátor ukáže. Diskuse o tom, kolik činí úbytek na několika metrech takového drátu při proudu 10 A (který teče třeba ze sítě do varné konvice) už může následovat. A to nemluvíme o proudech při zkratu nebo o proudu tekoucím do do automobilového startéru při startování auta.

### Výhody a nevýhody indikátoru se žárovkou

Zkusme zhodnotit náš indikátor trochu obecněji. Začneme třeba nevýhodami. – První je samozřejmá: Indikátor neumožňuje přesné kvantitativní měření. (Lze si pomoci výše popsáním připojením multimetru na výstup, ale to je spíše provizorní řešení.) – Další nevýhodou je malý vstupní odpor popsané konstrukce. V uvedených pokusech nevadil, jinak by bylo třeba zvětšit odpor rezistoru spojujícího vstupní svorky. (Mohl by tím ale vzrůst šum.) – V konstrukci je užita jen běžná malá žárovka, změny jejího jasu nemusejí být zřetelně vidět třeba do zadních lavic ve třídě. To by bylo možno řešit použitím výkonnější žárovky (např. automobilové), ovšem znamenalo by to použít výkonnější tranzistor a dobře ho chladit. Použitý typ je už ve stávajícím zapojení za provozu docela horký a nešlo by ho zatěžovat výrazně vyšším proudem. – Indikátor se nedá nikde koupit, musíte si jej zhotovit sami nebo k tomu přemluvit někoho známého (nebo šikovné studenty).

Do stavby indikátoru by se asi neměl pouštět úplný laik, kterému dělá potíže spájet dva dráty pistolovou páječkou (nebo který vůbec neví, co to pistolová páječka je). Na druhé straně z vlastní zkušenosti vím, že obvod TLC272 je velmi vhodnou součástkou k tomu, začít získávat praktické zkušenosti s operačními zesilovači (a děkuji Peterovi Žilavému, že mi tento typ k experimentování před pár lety doporučil). Pro všechny, kdo s ním budou chtít začít pracovat, ještě uvedu rozložení jeho vývodů (při pohledu shora; obvod mějte otočen tak, abyste označení na něm napsané měli čitelné, tj. „hlavou vzhůru“). Ještě jedno skoro samozřejmé doporučení: je vhodné nepájet přímo na „nožičky“ integrovaného obvodu, ale mít jej zasunut v patici.



Obr. 3. Rozmístění vývodů obvodu TLC272.

Rozmístění součástek na destičce s pločnými spoji (stačí malý kousek univerzální destičky) zde neuvádím, každý si asi konstrukci přizpůsobí sám.

A teď alespoň několik slov k výhodám:

+ Žárovka jasně a zřetelně indikuje **změny** napětí. Zvýšení nebo pokles jasu přitom dokážeme sledovat doslova „koutkem oka“ a nemusíme soustřeďovat pozornost na ručku nějakého přístroje neřkuli na digitální displej. + Žárovka změny indikuje podstatně **rychleji**, než ručka měřicího přístroje. Při běžných školních pokusech s elektromagnetickou indukcí, kdy se k cívice připojuje demonstrační měřidlo, bývá problém v tom, že jeho ručka jen „neochotně“ reaguje na rychlé změny (a při pomalých změnách se zase sotva hýbá). + Pokud se na vstup indikátoru dostane nějaký rušivý střídavý signál (např. 50 Hz indukcí z elektrické



sítě) a je zesílen, žárovka bude měnit svůj jas s příslušnou frekvencí. Tak rychlé změny ale naše oči nezaznamenají. Rušivý signál tak na výstupu vlastně nezaznamenáme. + A konečně, jak už bylo naznačeno v úvodu, na celé konstrukci jsou opravdu nejdražším prvkem dvě ploché baterie.

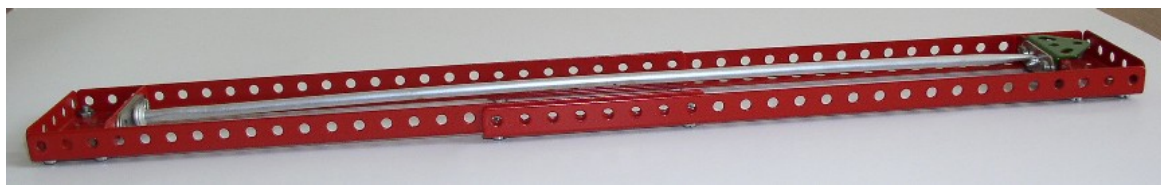
Máte-li mezi svými žáky či studenty nějakého „bastlíře“, třeba si rád pohraje a tento, nebo ještě nějak vylepšený, indikátor vám postaví.

### **Demonstrace ohybu kolejí za horka**

A teď něco pro ty, kdo netíhnou k elektronice. Dále popsaná konstrukce byla inspirována letošní vlnou veder a zprávami o tom, jak se leckde horkem deformují koleje. Fyzikáře (již pokročilejší „praštěného“ svou profesí) lehce napadne otázka: Jak by se dala deformace kolejí ukázat ve třídě?

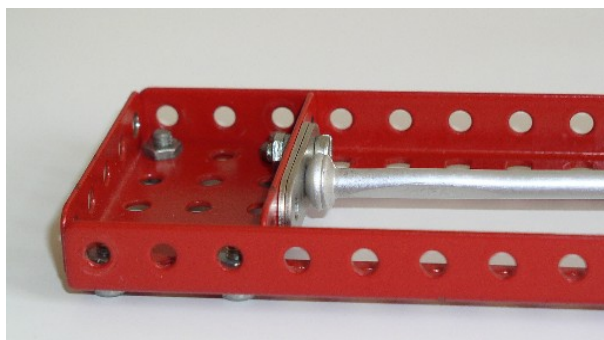
Základní idea je jasná: vzít nějakou kovovou tyčku, na koncích ji pevně zapřít a nahřívat vhodným zdrojem tepla. To by bylo, aby se nezdeformovala!

Skutečnou kolejnici ovšem nemáme šanci ani pevně zapřít, ani pořádně nahřát. Takže něco menšího. Třeba pletací jehlici nebo háček na háčkování. Ty jsou podle váhy zřejmě z hliníku, který má dokonce větší tepelnou roztažnost než ocel, takže deformace by měla být výraznější. Na upevnění konců (zapření) stačí jednoduchá konstrukce ze stavebnice Merkur, která se našťestí v mnoha domácnostech a snad i školách ještě vyskytuje. Výsledek, jak lze celou věc realizovat, ukazuje obrázek 4.



Obr. 4. Konstrukce pro demonstraci deformace tyče při zahřívání.

Jehlice či háček mají výhodu, že jejich konce dobře zapadnou (opřou se) do dírek v dílech stavebnice Merkur. (V popisované konstrukci byl použit háček o průměru 4,5 mm. Výhodou háčku je skutečnost, že je nesymetrický, takže předem vidíte, na kterou stranu se vyklene. Pletací jehlici by možná bylo dobře před pokusem nepatrně přihnout.) Malé dílky Merkur s výhodou využijeme jako podložky, jimiž na koncích jehlici či háček „utěsníme“, aby šly do konstrukce zasunout opravdu „nadoraz“. Detail uchycení jednoho konce ukazuje obr. 5.



Obr. 5. Detail uchycení jednoho konce tyčinky (háčku).

Jehlici resp. háček pak stačí nahřát jednou či několika čajovými svíčkami a výrazně se prohne, jak to ukazuje obrázek 6. Realizovaná konstrukce byla tak úzká, že mohla na obalech čajových svíček přímo stát, takže odpadly komplikace s jejím uchycením. Při zahřátí jednou

nebo dvěma svíčkami se po vychladnutí jehlice zase narovnala, po zahřátí třemi svíčkami zůstala prohnutá.



Obr. 6. Deformace tyčinky (háčku) po zahřátí. (Před zahříváním byla opravdu téměř rovná.)

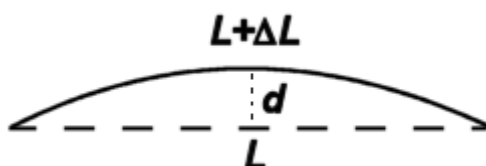
Chcete-li, můžete i menší deformace při zahřátí jednou svíčkou zvýraznit pomocí jednoduché přídavné konstrukce také z Merkuru, její popis a fotografie však už necháme do nějaké webové verze tohoto příspěvku.

### Trocha teoretických odhadů: o kolik se tyč prohne?

Chcete-li, nemusíte zůstat jen u kvalitativní demonstrace prohnutí tyče. Alespoň přibližně můžeme odhadnout i to, o kolik se tyč (resp. náš háček) prohne do strany.

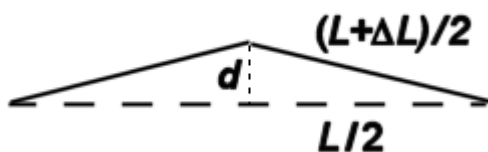
Spočíst, o kolik by se tyč protáhla do délky, není těžké. Středoškolské tabulky nám sdělí koeficient délkové roztažnosti hliníku:  $\alpha = 24 \cdot 10^{-6}$ . Při zahřátí o 40 stupňů se tedy tyč roztáhne přibližně o tisícinu své délky; háček o délce  $L=30$  cm tedy o  $\Delta L=0,3$  mm. O kolik se ale prohne?

Samozřejmě o tolik, aby délka oblouku, který vytvoří, byla  $L + \Delta L$  (viz obr.7).



Obr. 7. Pro výpočet prohnutí tyče musíme určit délku oblouku.

Spočíst délku oblouku je už ale úloha spíše pro studenty v úvodním vysokoškolském kurzu, zejména, když si v nějaké učebnici mechaniky (např. Kvasnica a kol.: Mechanika) najdeme příslušný vztah pro tvar oblouku. (Půlka našeho oblouku musí mít tvar jako vetknutý nosník, učebnice nás poučí, že – za zjednodušujících předpokladů vypočtený – tvar takového nosníku v sobě kombinuje parabolu a kubickou parabolu.) Ale kupodivu pro základní představu o tom, jak prohnutí  $d$  závisí na prodloužení  $\Delta L$ , můžeme vyjít z mnohem jednoduššího přiblížení: představit si, že úseky tyče od krajů ke středu jsou úsečky – tak, jak to ukazuje obr. 8.



Obr. 8. Přibližně lze prohnutí tyče určit pomocí Pythagorovy věty.

Dále vystačíme s matematikou ani ne středoškolskou. Z Pythagorovy věty plyne  $4d^2 = (L + \Delta L)^2 - L^2$  a odtud po úpravách přibližně  $d/L = 0,71 \cdot \sqrt{(\Delta L/L)}$ . Naše úvaha se může



zdát až příliš hrubá – ovšem zajímavé je, že výpočet vycházející ze skutečného tvaru nosníku dává (pro malá prohnutí) výsledek nepříliš odlišný:  $d/L = 0,65 \cdot \sqrt{(\Delta L/L)}$ . (Podobný výsledek bychom dostali, kdybychom oblouk aproximovali parabolou; koeficient před odmocninou by pak vyšel přibližně 0,61.) Podstatné je, že prohnutí je úměrné *odmocnině* z prodloužení. Pro výše odhadnuté relativní prodloužení o jednu tisícinu dá odmocnina o něco méně než třicetinu – takže 30 cm dlouhá tyč se prohne asi o 0,6 cm.

Zajímavý by byl i odhad síly, jakou tlačí konce tyče na své opory – ale to už necháme na jindy.

Tak vidíte, jak si lze vyhrát se zařízením za pár korun. (Protože cena, nepočítáme-li díly Merkura, je opravdu mizivá. Čajová svíčka stojí korunu a hliníkový háček, navzdory podivu některých účastníků Veletrhu nápadů byl opravdu zakoupen v létě 2003 za pouhé 2,- Kč.)

### Jednoduchý dilatometr

Demonstrovat prodloužení tyče při zahřátí lze rovněž s konstrukcí za pár korun. K následujícímu „měřicímu přístroji“ jsem byl inspirován pokusem předváděným pro účastníky semináře projektu Heuréka (viz <http://kdf.mff.cuni.cz/Heureka>). Idea pokusu je však zřejmě letitá a známá (viz obr. 9): Položit konec zahříváné tyče na tenkou osičku (jehlu nebo špendlík), která se může odvalovat po podložce. Posunutí konce tyče se tak převede na otočení – a to ukáže dlouhá ručička připevněná k osičce.



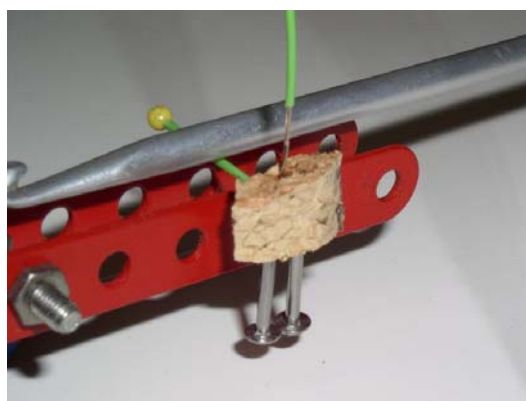
Obr. 9. Princip dilatometru.

Hlavní problém v realizaci konstrukce je *aby to celé neprokluzovalo*. Tyč (třeba opět pletací jehlice nebo háček) má tendenci po ocelové jehle nekontrolovaně klouzat a podobně je tomu mezi jehlou a podložkou. Dále popsaná konstrukce je vlastně jen jednoduchým „technickým dotažením“ výše popsaného nápadu.

Jak v našem dilatometru zabráníme prokluzování? Velice jednoduše: Na jehlu či špendlík navlékneme kousek bužírky z tenkého izolovaného drátu (vyhoví tenký zvonkový drát). Podložkou budou dvě „kolejničky“ (třeba opět z dílů stavebnice Merkur), aby dotek osičky s podložkou byl „bodový“ (přesněji řečeno „dvoubodový“). Připevnění ručičky je „klasické“: na jehlu napícháme kousek korku ze zátky, do korku zapícháme ručičku (třeba z kousku toho zvonkového drátu) a na druhou stranu zátky nezapomeneme zapíchnout dva tři malé hřebíčky pro vyvážení (jinak by nám ručka padala, třecí síla mezi bužírkou a pletací jehlicí přece jen není příliš velká). Celou konstrukci ukazuje obr. 10, detail „převodu na pohyb ručky“ obr. 11.



Obr. 10. Jednoduchý dilatometr.



Obr. 11. Detail osičky dilatometru.

V konkrétní konstrukci byl průměr osičky (špendlíku i s bužírkou) asi 1 mm, délka ručky asi 7 cm. Konec ručky se tedy pohne asi 70-krát víc, než konec tyče. Prodlouží-li se tyč o 0,3 mm (což odpovídá zahřátí asi o 40 K, viz výše), pohne se konec ručky asi o 2 cm. A to už je docela dobře vidět. Sympatické je, že po vychladnutí se ručka vracela (musím přiznat, že až asi na půl milimetru) zase do původní polohy. Možná tedy, že bychom si s tímto dilatometrem mohli troufnout i na nějaká polokvantitativní měření...

### ***Místo závěru***

Všem, kdo budete popsané konstrukce zkoušet využít ve výuce, přeji hodně zdaru. A vám, kdo jste (jako já) tak trochu „hračičkové“, přeji hodně radosti při jejich vylepšování a hledání dalších experimentů, v nichž se uplatní. A prosím, dejte mi ty nové nápady, náměty a připomínky vědět...

## A PROGRAMME OF NEW COURSE “PLASMA PHYSICS” FOR COMPULSORY TRAINING IN THE 11<sup>th</sup> GRADE

VESELINA DIMITROVA

St. Kliment Ohridsky University of Sofia, Bulgaria

“The phenomena in vacuum tubes  
discover for physics a new world, world in  
which the matter is found in fourth state”

Kruks, 1878

Plasma physics is a rapidly expanding field of science.

For a long time, it has coincided with the field of electrical discharges in gases, but recently, new fields of application of plasma physics have appeared. The conjunction of magnetohydrodynamics and plasma physics bears the promise of industrial applications, to convert directly thermal energy into electricity, without rotating machines. In the earth's atmosphere, the fast moving bodies produce plasmas, which are likely to create new fields of interest in aeronautics and communications science. In astrophysics the presence of plasma in the general rule, not only in the interior of stars, but also in cosmic space itself, where important magnetohydrodynamic phenomena are occurring. Moreover, plasma guns seem to be a very promising way of propelling vehicles in space. In addition plasma physics bears now the burden of the most formidable challenge ever faced by humanity: the controlled thermonuclear process. The importance of lasers in a very large variety of scientific and industrial applications cannot be overstated. More recently, the appearance of the field of solid-state plasmas opens completely new horizons.

The plasma is sometimes considered as a particular state of matter. Indeed, matter can be found in four different states: *solid*, *liquid*, *gas* or *plasma*. It is well known that when enough energy is added to a solid, the solid will change its state and become a liquid, which in turn with enough energy added to it, will become a gas. The molecules of such a gas will assume a variety of degrees of freedom. If one keeps adding energy, the kinetic energy of the particles will increase and molecular impacts will become so intense that dissociation will result between some of electrons and the rest of each molecule. The gas will become a conglomeration of positively and negatively charged particles and neutrality particles too, which is on the average neutral. The gas will become a plasma which physical properties are different from gas. The plasma state is actually by far the most common form of matter (up to 99 per cent in the universe) and it is also the most energetic state.

The fields of science and engineering in which plasma physics can be applied are increasing more and more in number. Plasma physics applications have been identified with those of electrical discharges in gases, but behaviour of plasmas submitted to magnetic fields is of paramount importance. The notions of magnetic constriction of electrical discharges, of magnetic confinement in thermonuclear devices, and those applications to plasma physics belonging to the vast class of magnetohydrodynamic phenomena, are soon likely to be important fields of application in science and engineering. A large amount of work is being done in the field of power generation and in that of propulsion in space and for submarines. In astrophysics, much more matter in the universe, both in stars and in interstellar space, is in the plasma state than in any other state, either solid, liquid or non-ionized gas. Plasma phenomena

were used for building microwave amplifiers (masers and lasers). Interest in solid-state plasmas is even more recent. This is only short survey of the application of plasma physics in different natural and laboratory plasmas.

The changes in our educational system determine the increase importance of the questions of compulsory training of physics. This differential form of education gives possibility to include a various kinds of questions in physics education with interdisciplinary character [1] or to include new knowledge from different fields of physics [2].

In this report we propose some possibilities for expanding and extending of cognitive interests and creative abilities of the students in the differential form of physics education in the 11<sup>th</sup> grade in the field of plasma physics.

These are results of didactic investigations on the creation of school programme and text for this course.

What is the reason to choose this field of physics?

1. Lot of problems of plasma physics are topical and have science and practical importance.
2. The knowledge of plasma and plasma phenomena are so limited in the basic training of physics education at school.
3. The students are interested in a lot of theoretical, experimental and practical problems of plasma physics, but there isn't information about these questions in the school textbooks.
4. There are not school textbooks and didactic works on these questions for differential training of physics education in the 9<sup>th</sup> or 11<sup>th</sup> grades.
5. In plasma physics it is necessary to use knowledge from mechanics, thermodynamics and molecular physics, electrodynamics, optics, atomic and nuclear physics. It is possible to make systematization of physics knowledge from the basic training, to expand and extend these knowledge in a new situation – in plasma physics.

As a result of didactic investigations (theoretical and experimental) it was constructed a programme and text for new course “Plasma physics” for compulsory training in the 11<sup>th</sup> grade. In the curriculum of the course are included different knowledge from various physics regions. The programme consists of the following main themes:

### **1. Introduction to plasma physics.**

- 1.1. Plasma as a fourth state of matter.
- 1.2. Definition of plasma.
- 1.3. Important characteristics of plasma:
  - 1.3.1. Charged particle density  $n$ :
    - $n_+$  - positive charged particles;
    - $n_-$  - negative charged particles;
  - 1.3.2. Temperature  $T$ ;
  - 1.3.3. Debye radius  $r_d$  for electrons and ions;
  - 1.3.4. Plasma frequency  $\omega_p$  for electrons and ions.

### **2. Theoretical models of plasma.**

- 2.1. Particle orbits in electrical and magnetic fields – drift motions.
- 2.2. Model of a system of independent particles.
- 2.3. Magnetohydrodynamic (MHD) model  
(Fluid model of plasma).
- 2.4. Kinetic model of plasma.

### **3. Fundamental plasma processes.**

- 3.1. Elastic and inelastic collisions.
- 3.2. Diffusion and ambipolar diffusion.

- 3.3. Wall and electrode effects
- 3.4. Double sheaths in plasma.
- 4. Oscillations and waves in plasma.**
  - 4.1. Oscillations and waves in plasma without magnetic field.
  - 4.2. Oscillations and waves in magnetized plasma:
    - Alfvén waves
    - magnetosonic waves.
  - 4.3. Plasma instabilities
- 5. Plasma diagnostic methods.**
  - 5.1. Probe methods:
    - Langmuir probe;
    - double probes.
  - 5.2. Optical methods.
  - 5.3. Spectroscopic methods.
  - 5.4. Microwave methods.
- 6. Plasma applications.**
  - 6.1. Magnetohydrodynamic (MHD) applications:
    - MHD generators;
    - MHD accelerators;
    - plasma torch and rockets;
    - MHD pumps.
  - 6.2. Thermionic applications:
    - thermionic emission and thermionic converter;
    - plasmotron;
    - Q-machine;
    - thermionic amplifier.
- 7. Thermonuclear fusion.**
  - 7.1. Conditions for thermonuclear fusion.
  - 7.2. Lawson criterion.
  - 7.3. Open thermonuclear systems:
    - linear pinch;
    - theta pinch;
    - mirror machines.
  - 7.4. Closed thermonuclear systems:
    - TOKAMAK (toroidal pinch);
    - STELLARATOR.
  - 7.5. Future trends of thermonuclear fusion.
- 8. Plasma in the universe.**
  - 8.1. The ionosphere and the earth's radiation belts.
  - 8.2. The magnetosphere and the solar wind.
  - 8.3. The solar plasma.
  - 8.4. Plasma in the universe.
  - 8.5. Model experiments in the space plasma.
- 9. Educative conference: “*Plasma phenomena in the Earth and in the Space.*”**

Didactic goals of the course are:

  - 1. Generalization and systematization of student's knowledge from the basic physics education in studying plasma state.
  - 2. Assimilation of new knowledge about plasma state, development of student's abilities to use analogy, to discover new ways for solving problems using plasma state knowledge.

3. Development of cognitive interest in physics using plasma physics, discussing interesting examples from natural and laboratory plasmas and plasma applications.
4. Formation of cognitive skills of the students studying plasma state, solving problems, etc.

In the didactic works on this programme are used different methods of education: lecture, talk, seminar, different kinds of selfdependent work to solve problems, Internet works, etc. In the end of the course the teacher may organize an educative conference. We propose an interesting theme: "Plasma phenomena in the Earth and in the Space.

Bibliography:

1. Dimitrova V. A programme of the new course "Physics fields of biological objects" for physics teaching in 11<sup>th</sup> grade, Veletrh napadu ucitelu fyziky VI, Olomouc 2001, p. 128.
2. Dimitrova V. About student's creative work in differential forms of physics education, Veletrh napadu ucitelu fyziky IV, Pribram 1999, p. 92.

## Experiment ako prostriedok aktívneho poznávania žiakov

Ludmila Onderová

Ústav fyzikálnych vied PF UPJŠ Košice, Oddelenie didaktiky fyziky, SR

### Úvod

Pri výbere obsahu a metód vyučovania fyziky ako aj ktoréhokoľvek iného vyučovacieho predmetu si musíme v prvom rade zodpovedať na nasledujúce otázky: Aký bude svet, v ktorom budú terajší žiaci žiť a pracovať? Ako môže vyučovanie fyziky prispieť k príprave žiakov na budúci život, čo bude dôležité v ich živote?

Pri hľadaní odpovede zistíme, že vzhľadom na trend, v ktorom sa mení svet nadobúdajú dôležitosť hlavne schopnosti komunikovať, získavať a hodnotiť informácie, vedieť sa rozhodovať a využiť naučené v iných podmienkach. V praxi to vyžaduje odklon od tradičného a ešte prežívajúceho štýlu vyučovania, pri ktorom učiteľ žiakom vysvetľuje pojmy, princípy, či metódy a od žiakov očakáva, že si ich budú pamätať a budú ich používať. Musíme hľadať a používať také metódy a prostriedky vyučovania, pri ktorých žiaci zamenia doterajšiu úlohu pasívneho poslucháča za úlohu bádateľa a budú získavať poznatky z veľkej časti vlastnými aktivitami. Pri aktívnom poznávaní sa totiž žiaci učia javy poznávať, formulovať a overovať hypotézy a v neposlednom rade získané poznatky aj obhajovať.

### Aktívne poznávanie

Pri aktívnom poznávaní resp. pri učení metódou objavovania sa od žiakov očakáva, že na vysvetlenie fyzikálnych javov či princípov budú prichádzať sami, aj keď obvykle pod dohľadom učiteľa resp. po predchádzajúcej príprave.

Metóda objavovania, ktorá sa uplatňuje pri aktívnom poznávaní žiakov, musí byť dobre premyslená, pripravená a zrealizovaná. Ak činnosti, ktoré majú žiaci samostatne zrealizovať dobre naplánujeme, ak budú zaujímavé ale zároveň zvládnuteľné, aktívne poznávanie obvykle motivuje takmer všetkých žiakov. Prostredníctvom dobre premyslených úloh a tejto metódy žiaci veľmi rýchlo porozumejú učivu.

Pri aktívnom poznávaní žiakov by sme mali rešpektovať nasledovné zásady:

▪ **Žiaci musia mať všetky podstatné základné vedomosti a zručnosti, ktoré si vyžaduje úspešné zvládnutie úlohy.**

▪ **Žiaci musia presne chápať, čo od nich požadujeme.** Najlepšie je keď má každý žiak, či pracovná skupina k dispozícii pracovný list. Ináč je potrebné úlohu stručne a jasne popísať na tabuli.

▪ **Veľká väčšina žiakov ( najlepšie všetci ), musí byť schopná úlohy splniť.** Znamená to, že žiakom treba v prípade potreby poradiť, usmerniť ich či pomôcť im v prípade nejasností či problémov. Teda aktívne poznávanie musí byť do istej miery zo strany učiteľa riadené. Je na učiteľovi, aby spoznal a odhadol schopnosti svojich žiakov a vhodne riadil ich samostatnú činnosť. Niektoré skupiny potrebujú riadenie viac, iné menej. V žiadnom prípade by však učiteľ nemal vstupovať do činnosti žiakov skôr ako im dá príležitosť samostatne premyslieť zadané úlohy.

▪ **Prácu žiaka ja nutné pozorne sledovať.** Pokiaľ ostanú žiaci bez pomoci a usmernenia môžu v dôsledku neporozumenia úlohy mrhať čas na bezvýsledné činnosti bez nádeje dôjsť k očakávanému cieľu. Pokiaľ žiaci tápajú, je najlepšie pomôcť im prostredníctvom kladenia otázok a tým ich postupne naviesť na riešenie úlohy. Niekedy je prospešné, keď žiaci prezentujú svoje návrhy učiteľovi ešte pred ich realizáciou a ten posúdi ich správnosť či realizovateľnosť. Je vhodné, keď hneď na počiatku samostatnej práce učiteľ obchádza jednotlivé skupiny, aby skontroloval, či sa ich činnosť ubera správny smerom.

▪ ***Je potrebné zvolit' také úlohy, pri ktorých nie je pravdepodobné, že žiaci budú dopredu poznať odpoveď.*** Ak sa aj napriek tomu stane, že niektorí žiaci poznajú odpoveď, treba ich požiadať, aby si ju kvôli ostatným, nechali pre seba a metódu objavovania využili na potvrdenie svojich vedomostí. Je dobré mať v zálohe dodatočné "náročnejšie" úlohy pre tých, ktorí zadanú úlohu vyriešia príliš skoro v porovnaní s ostatnými.

▪ ***Na riešenie úlohy je potrebné poskytnúť žiakom dostatok času.*** Skúsenosti z uplatňovania aktívneho poznávania vo vyučovaní a správny odhad schopností žiakov umožnia učiteľovi určiť primeraný čas na zvládnutie zadaných úloh.

▪ ***Po ukončení aktívneho poznávania t.j. samostatnej činnosti žiakov treba zhrnúť všetko, čo sa žiaci mali naučiť.*** Je podstatné zhrnúť hlavné body činnosti a dokonale ich objasniť, tak, že sa dajú do súvislosti so zisteniami, ku ktorým dospeli žiaci vlastnou samostatnou činnosťou.

### **Experiment v aktívnom poznávaní žiakov**

Dobre premyslené a pripravené fyzikálne experimentálne problémové úlohy umožňujú realizáciu aktívneho poznávania žiakov priamo na vyučovacej hodine.

Experimentálna zložka činnosti učiteľa a žiakov je vo vyučovaní fyziky veľmi dôležitá, čo potvrdzujú mnohé publikácie z didaktiky fyziky či psychológie [1], [2], [3]. Môžeme ju dokonca považovať za jednu z podmienok vyučovania fyziky, hlavne na základnej škole, lebo bezprostredne súvisí s uplatňovaním mnohých didaktických zásad. Fyzikálny experiment zároveň predstavuje jednu z ciest pri odstraňovaní formalizmu vo vyučovaní fyziky lebo oživuje vyučovací proces, robí vyučovanie zaujímavým a prítiažlivým. Fyzikálny experiment je nahliadnutím do štruktúry prírody, do štruktúry sveta. Fyzikálny experiment predstavuje významnú formu názornosti. V dnešnej dobe nám však nejde len o názornosť ilustratívnu, ale je potrebná názornosť vyššieho stupňa - názornosť operatívna. Práve prostredníctvom experimentov nadobúdajú vedomosti žiakov neformálny charakter, žiaci si lepšie prekladajú poznatky do svojho vnútorného jazyka. Fyzikálnym experimentom učíme žiaka najbezprostrednejším spôsobom, nie cez slovné zvraty a matematické formulácie. Fyzikálne experimenty vytvárajú zároveň zásobu zmyslových skúseností pre ďalšie učenie resp. život žiaka.

Pri demonštračnom experimente realizovanom učiteľom má učiteľ len malú možnosť riadiť myšlienkové procesy žiakov a rovnako aj malú možnosť spätnej väzby. Obvykle sa stáva demonštračný experiment pre žiakov iba predvádzaným predstavením s minimálnym dopadom na rozvoj ich myslenia.

Úplne iné postavenie má žiacky frontálny experiment, v ktorom prevláda myšlienková a manipulačná činnosť žiakov v súlade s napĺňaním didaktických princípov názornosti, aktivity a samostatnosti žiakov. Uskutočňujú ho žiaci samostatne, obvykle v menších skupinách. Jeho cieľom je priblížiť fyzikálnu realitu žiakom, dať im možnosť manipulovať s fyzikálnymi pomôckami a prístrojmi, zvýšiť aktivitu žiakov a viesť ich ku základom bádateľskej činnosti. Takéto pokusy však treba premyslene pripraviť, aby sa nezmenili len na hranie s pomôckami bez presne vymedzeného cieľa a programu činnosti.

Skúsenosť potvrdila [1], že aktívne poznávanie žiakov možno najlepšie realizovať prostredníctvom fyzikálnych experimentálnych problémových úloh. Experimentálnou úlohou pritom rozumieme takú fyzikálnu úlohu, ktorá vyvoláva problémovú situáciu, na vyriešenie ktorej je potrebné zrealizovať experiment. V tomto prípade už nie je experiment ilustráciou výkladu ale stáva sa bezprostrednou súčasťou procesu poznávania. Vzhľadom na nevyhovujúce materiálne vybavenie väčšiny škôl je tu široký priestor na uplatnenie netradičných fyzikálnych experimentov, t.j. experimentov realizovaných improvizovanými resp. svojpomocne vyhotovenými pomôckami. Jedná sa hlavne o jednoduché, názorné a z hľadiska prípravy i finančnej náročnosti čo najdostupnejšie experimenty. Experimenty



tohto typu by sme mali robiť so žiakmi hneď od ich prvého stretnutia s fyzikou. Treba využiť prirodzenú hravosť detí a snažiť sa priblížiť k stavu, keď hra prirodzene prerastie do fyzikálneho pokusu a žiakom prestane stačiť vonkajšia stránka pokusu, ale začnú pátrať po tom, prečo dej prebieha práve tak a nie inak. Vlastná skúsenosť mi potvrdzuje, že pokusy, s ktorými sa môžu "pohrať", obľubujú žiaci všetkých stupňov škôl včítane vysokoškolákov.

### **Využitie aktívneho poznávania vo vyučovaní fyziky**

Experiment ako prostriedok aktívneho poznávania vo vyučovaní fyziky sme v reálnom vyučovacom procese uplatnili dvojakým spôsobom a síce ako:

#### **❖ činnosť zameranú na samostatné získavanie poznatkov priamo na vyučovacej hodine**

Za týmto účelom sme vypracovali súbor pracovných listov s experimentmi a doplňujúcimi otázkami pre 6., 7. a 8. ročník ZŠ, ktoré predpokladali uplatnenie metódy objavov a aktívne poznávanie žiakov. (ukážka - príloha č.1) Žiaci samostatne resp. v skupinách realizovali experimenty, podľa postupu v pracovnom liste. Na základe vlastného pozorovania vyvodili závery, ktoré zapísali do pracovného listu. Často krát bolo ich úlohou nakresliť, či dokresliť obrázok, doplniť tabuľku, či zodpovedať na pomocné resp. doplňujúce otázky. Vzhľadom na to, že využitie experimentálnych problémových úloh je náročné na pomôckové zabezpečenie, mnoho krát sme využívali kooperatívne vyučovanie. V tom prípade sme vypracovali samostatné pracovné listy pre jednotlivé skupiny. Žiaci boli dopredu oboznámení s činnosťou, ktorú mali na nasledujúcich hodinách realizovať a na prvej takto realizovanej hodine ešte boli usmerňovaní učiteľom. Na ďalších hodinách to už takmer nebolo potrebné a žiaci pracovali aktívne, experimentovanie ich bavilo a vo väčšine prípadov dospeli k správnym záverom. Žiaci pochopili pokusy aj zistenia, ku ktorým sa dopracovali vlastnou aktivitou.

Prínos tohto spôsobu vyučovania sme v rámci pedagogického experimentu overovali sériou troch testov. Prvý test bol test s výberom odpovede, druhý test bol test s tvorbou odpovede, pričom testové otázky bezprostredne súviseli s preberanou látkou. Tretí test obsahoval dve úlohy, ktoré prezentovali problém zo života. Cieľom tohto testu bolo overiť, ako dokážu žiaci uplatniť osvojené fyzikálne poznatky pri riešení úloh z praxe. Výsledky testov potvrdili naše očakávania. V prípade testu s výberom odpovede, t.j. v oblasti kognitívneho učenia sme nezaznamenali štatisticky významný rozdiel medzi triedami, v ktorých sme uplatňovali aktívne poznávanie a triedami vyučovanými tradične. V prípade testu s tvorbou odpovede sme už zaregistrovali rozdiely. Odpovede žiakov z tried, v ktorých sa uplatňovalo aktívne poznávanie boli obširnejšie, zrozumiteľnejšie, vyznačovali sa logickou náväznosťou. Pri vysvetľovaní fyzikálnych javov sa žiaci často odvolávali na realizovaný experiment. Ešte výraznejšie sa tento rozdiel prejavil v prípade tretieho testu, ktorý potvrdil lepšie operačné vedomosti u žiakov, ktorí získavali poznatky formou aktívneho poznávania, samostatnými praktickými a manuálnymi činnosťami. Ich odpovede boli logické, fyzikálne správne, veľa krát doplnené nákresemi či obrázkami. Potvrdzovali, že danému fyzikálnemu javu žiaci nielen rozumejú, ale dokážu ho využiť aj v reálnom živote. Pedagogický experiment potvrdil predpoklad, že žiaci základnej školy si najlepšie zapamätajú práve to, čo si sami vyskúšajú. Prostredníctvom pokusu, ktorý predtým realizovali si ľahšie a rýchlejšie dokážu pripomenúť dej, ktorý pozorovali aj jeho fyzikálne vysvetlenie. Potešiteľné je aj to, že touto metódou zvládli učivo aj slabší žiaci.

#### **❖ činnosť realizovanú doma vo forme žiackych domácich experimentov**

Vyučovací proces, skladajúci sa z vyučovania a učenia, nemôžeme ohraničiť na triedu alebo školu. Pokračovaním aktívnej práce žiaka v škole musí byť i aktivita v jeho domácej príprave. Žiacka domáca experimentálna činnosť je vhodným doplnkom a pokračovaním školského experimentovania. Žiaci pracujú s jednoduchými prístrojmi (často

vlastnej výroby), s predmetmi z bežného života, rozširujú si tak obzor možností aplikácie fyzikálnych poznatkov aj na iné oblasti. Pri realizácii domácich experimentov žiaci nemajú možnosť priamej a bezprostrednej konzultácie, sú ponechaní sami na seba. Preto pri uplatňovaní domácich žiackych experimentov vo vyučovaní fyziky, musí učiteľ žiaka vhodným spôsobom viesť. Najvhodnejšou pomôckou pri tomto vedení je pracovný list.(ukážka – príloha č.2) Každý pracovný list obsahuje zadanie úlohy, výpis pomôcok, ktoré bude žiak k experimentovaniu potrebovať, postup a otázky k danej úlohe. Oproti pracovnému programu činnosti poskytuje pracovný list viac voľnosti pri riešení a tak podporuje tvorivosť žiaka. Vhodný pracovný list je postačujúcim návodom pre to, aby žiak danú experimentálnu úlohu vyriešil. Vyučovanie fyziky s využitím domácich žiackych experimentov sa teda opiera o to, že žiaci si samostatne, v domácich podmienkach, zostavia experimentálne zariadenie, sami experiment zrealizujú a pozorujú prebiehajúci dej. Z vlastného pozorovania dôjdu k záveru, ktorý zapisujú do pracovného listu. Učiteľ potom priamo na vyučovacej hodine nadviaže na prvotné poznatky žiakov, ktoré žiaci získali realizáciou domáceho experimentu.

Skúsenosti s uplatňovaním aktívneho poznávania prostredníctvom domácich žiackych experimentov nás vedú k záverom, že vopred zadané a vykonané žiacke experimenty pomáhajú žiakom na vyučovacej hodine lepšie pochopiť preberané učivo a vidieť súvislosti medzi dejmi, ktoré prebiehajú v dennom živote a dejmi prebiehajúcimi vo fyzikálnom laboratóriu.

## **Záver**

Naše poznatky a postrehy z realizovaných vyučovacích hodín možno zhrnúť nasledovne:

Ak je aktívne poznávanie správne využívané, má tieto hlavné výhody:

- Ide o činnosť aktívnu, motivujúcu a zábavnú pre žiakov.
- Vedie k jasnému pochopeniu látky, prostredníctvom samostatného poznávania a vopred získaných vedomostí z danej oblasti žiaci lepšie pochopia novú látku, čo vedie aj k jej dlhodobejšiemu zapamätaniu.
- Vyžaduje od žiakov aj myšlienkové postupy vyššej úrovne ako hodnotenie, tvorivé myslenie, riešenie problémov, analýzu, syntézu a pod. a tak prispieva k ich rozvíjaniu.
- Ide o vyučovanie zamerané na aktívnu činnosť žiakov, ktoré ich vedie k tomu, aby vnímali učenie ako činnosť, ktorú realizujú oni sami.
- Poskytuje žiakom radosť z ich samostatných objavov a úspechov v učení a tým zvyšuje ich vnútornú motiváciu.
- V oblasti pamäťového výkonu síce nevedie k lepším výsledkom ako tradičné vyučovanie, ale efektívnosť aplikácií týchto vedomostí a zručností v živote je významne vyššia.
- Aktívne poznávanie je pre žiakov zaujímavejšie a pútavejšie ako tradičné vyučovanie.
- Vhodne organizované aktívne poznávanie dáva možnosť seberealizácie aj slabším žiakom.
- Pri tomto type vyučovania žiaci pociťujú v oveľa menšej miere strach či trému.

Táto metóda má prirodzene aj svoje obmedzenia. Nie je možné využiť ju na každú tému napr. na témy, ktoré sú založené na faktoch, alebo u tém príliš náročných na samostatné poznávanie. Niektorí učitelia ju označujú za príliš pomalú metódu, iní zase príliš náročnú na pomôckové vybavenie. Tieto nedostatky však možno do značnej miery eliminovať, na jednej strane kvalitnou prípravou a primeraným riadením zo strany učiteľa, na strane druhej využívaním pokusov s jednoduchými či svojpomocne vyhotovenými pomôckami. Rovnako si treba uvedomiť, že žiaci zvyknutí na tradičné vyučovacie metódy si musia na aktívne

poznávanie zvyknúť postupne a nejakú dobu si ho precvičovať a až potom ho dokážu plne využívať.

Naša vlastná skúsenosť potvrdila, že uplatnenie aktívneho poznávania na hodinách fyziky umožňuje učiteľovi postupne, cieľavedome a zámerne rozvíjať poznávacie procesy, intelektuálne aj manuálne zručnosti žiakov. Zároveň sa rozvíjajú pozorovacie schopnosti žiakov, ich schopnosť analyzovať, navrhovať a overovať postupy, formulovať zistenia či vyvodzovať závery. Správne organizované aktívne poznávanie, zo strany učiteľa, rovnako prispieva k rozvíjaniu osobnosti žiakov, formuje napr. ich samostatnosť, rozhodnosť, presnosť a v neposlednom rade aj zodpovednosť. Nezanedbateľným prínosom tejto metódy bolo aj jej motivačné pôsobenie, nakoľko realizácia pokusov zaujala aj žiakov, ktorí fyziku neoblubovali.

To je len niekoľko dôvodov, prečo by sa experimentálne problémové úlohy a aktívne poznávanie mali dostávať do vyučovania v čoraz väčšom rozsahu. Veríme, že naša skúsenosť bude inšpiráciou aj pre iných učiteľov fyziky a že ak poskytneme žiakom prostredníctvom aktívneho poznávania možnosť realizovať vlastné objavy, samostatne nachádzať fyzikálne zdôvodnenia či vysvetlenia pozorovaných javov postupne sa prestanú fyziku báť.

### **Literatúra**

- [1] Volf, I.: Několik úvah o experimentování ve výuce fyziky. Hradec Králové: MAFY,1997. ISBN 80-86164-04-1
- [2] Bláhová, V. – Volf, I.: Domáci fyzikální pokusy. Hradec Králové: MAFY,1995. ISBN 80-7041-157-0
- [3] Petty, G.: Moderní vyučování. Praha: Portál, 1996. ISBN 80-7178-070-7
- [4] Turek, I.: Zvyšovanie efektívnosti vyučovania, Edukácia, Bratislava, 1997
- [5] Drozdová, M: Diplomová práca, PF UPJŠ Košice, 2002
- [6] Jasenčáková, V.: Diplomová práca, PF UPJŠ Košice, 2003

**Príloha č.1-** pracovný list pre aktívne poznávanie žiakov na vyučovacej hodine

### **Zmena objemu kvapalného telesa pri zohrievaní a ochladzovaní.**

**Úloha 1:** *Skúmať závislosť objemu kvapaliny od jej teploty.*

**Pomôcky:** sklená banka naplnená zafarbenou vodou  
zátka na banku s trubičkou  
nádoba s horúcou a studenou vodou

**Postup:** Banku naplnenú vodou uzavrite zátkou, ktorou prechádza tenká rúrka.  
Voda v rúrke vystúpila do výšky  $v = \dots\dots\dots$   
Banku ponorte do nádoby s horúcou vodou. Počkajte asi 2 minúty.  
Voda v rúrke  $\dots\dots\dots$  do výšky  $v = \dots\dots\dots$   
*Objem kvapalného telesa sa pri zohrievaní  $\dots\dots\dots$*   
Banku preložte do studenej vody a opäť počkajte. Čo sa deje s vodou v rúrke?  
 $\dots\dots\dots$   
Svoje zistenie zakreslite.

**Záver:** Objem kvapalných telies sa pri  $\dots\dots\dots$  ,  
pri  $\dots\dots\dots$  .

**Úloha 2:** *Skúmať závislosť objemu rôznych kvapalín od teploty.*

**Pomôcky:** banky s rôznymi kvapalinami  
nádoba s horúcou a studenou vodou

**Postup:** Banky s rôznymi kvapalinami uzavrite zátkami, ktorými prechádzajú tenké rúrky rovnakého prierezu tak, aby kvapaliny v rúrkach vystúpili do rovnakej výšky. Ponorte banky do horúcej vody a chvíľu počkajte. Čo pozorujete?  
 $\dots\dots\dots$   
Vystúpili všetky kvapaliny do rovnakej výšky?  
 $\dots\dots\dots$   
 $\dots\dots\dots$   
Banky ponorte do studenej vody a opäť chvíľu počkajte. Pozorovanie zapíšte.  
 $\dots\dots\dots$

**Záver:** Objem kvapalných telies z rôznych látok sa pri ich  $\dots\dots\dots$   
zväčšuje  $\dots\dots\dots$

**Otázky:** Prečo nie sú cisternové autá naplnené pri prevoze benzínu doplna ?  
 $\dots\dots\dots$

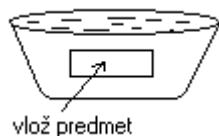
**Príloha č.2-** pracovný list pre domáci žiacky experiment

## LUPA

**Úloha:** Vytvor si lupu.

**Pomôcky:** nádobka od pomazánkového masla, nožnice,  
priehľadná pružná potravinárska fólia, gumička,  
pravítko, voda

**Postup:** Do boku nádoby od pomazánkového masla vystrihni otvor s rozmermi 6x3 cm. Cez okraj nádoby daj pružnú priehľadnú fóliu a upevni ju gumičkou. Prstami ľahko zatlač uprostred fólie, aby sa vytvorila priehlbina, do ktorej nalej vodu. Fólia musí byť naplnená vodou celá (výška vody uprostred asi 1-2 cm).



### Otázky a úlohy:

1. Otvorom vlož do nádoby ľubovoľný drobný predmet (napr. kúsok textu a pozoruj ho cez vodnú hladinu. Čo pozoruješ?
2. Pokús sa vysvetliť, prečo takto upravená nádoba umožňuje pozorovať drobné predmety.
3. Aké šošovky používame ako lupy?

## **Nové jednoduché učební pomůcky**

*Micka Z.*

Více na:

e-mail: [posta@ariane-schola.cz](mailto:posta@ariane-schola.cz)

website: <http://www.ariane-schola.cz>

## Klasické a inovované měření rychlosti zvuku

Jiří Tesař

katedra fyziky, Pedagogická fakulta JU

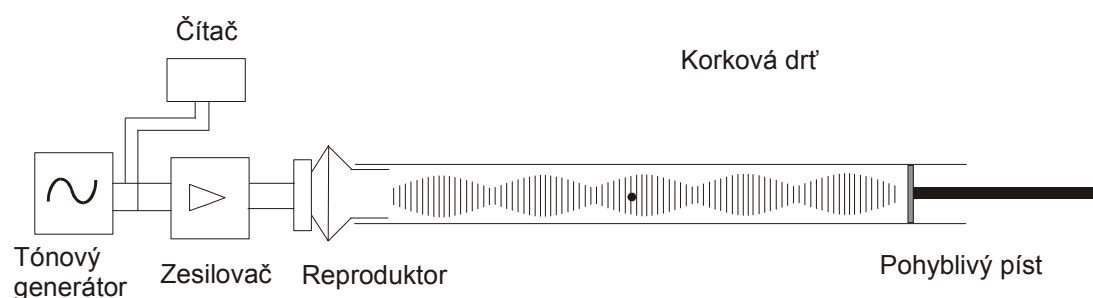
**Klíčová slova:** Rychlost zvuku, vlnová délka, frekvence, interference vlnění, stojaté vlnění, kmitny, uzly, interferenční minimum a maximum, fázový rozdíl, Lissajousovy obrazce, reproduktor, mikrofon, osciloskop, Kundtova trubice, Quincekeho trubice.

**Anotace:** Možnosti měření rychlosti zvuku ve fyzikálním praktiku – Kundtova trubice, Quincekeho trubice, srovnání fáze zvukového vlnění s referenčním zdrojem

Ve školní praxi se nejčastěji k měření rychlosti zvuku používají Kundtova a Quincekeho trubice. Další podobná metoda spočívá ve srovnání fáze zvukového vlnění s referenčním zdrojem. Základní myšlenkou všech těchto měření je určit vlnovou délku a frekvenci měřeného zvuku a pomocí vztahu  $v = \lambda \cdot f$  lze potom určit rychlost šíření zvuku. Jejich princip je z fyzikálního hlediska odlišný, a tak je vhodné, např. ve fyzikálním praktiku, tyto metody použít jako navzájem se doplňující.

Ukažme si nejprve základní provedení, princip a některé modifikace **Kundtovy trubice**. Kundtova trubice je skleněná trubice, která má na jednom konci zdroj zvuku a druhý konec je uzavřen pomocí pohyblivého pístu. Zvuk se šíří trubicí od zdroje a na druhém konci se odráží s opačnou fází a při vhodné poloze pohyblivého pístu dochází ke vzniku stojatého vlnění.

Z teorie vyplývá, že vzdálenost mezi dvěma sousedními uzly nebo kmitnami je rovna polovině vlnové délky, musíme tedy nějakým způsobem „zviditelnit“ místa v trubicí, kde jsou kmitny resp. uzly. K tomuto účelu se v klasickém měření (obr. 1) používá korková drť, která se v trubicí rozkmitá - v místech kmiten rychlosti je korkový prášek rozmetán a v místech uzlů rychlosti zůstává v klidu<sup>\*)</sup>. Experimentátor tak může zřetelně určit uzly a kmitny rychlosti. Protože přesné určení kmitny, resp. uzlu je velmi obtížné, je z hlediska přesnosti měření výhodné určit vzdálenost co největšího počtu např. uzlů a z tohoto údaje určit vlnovou délku měřeného zvuku.

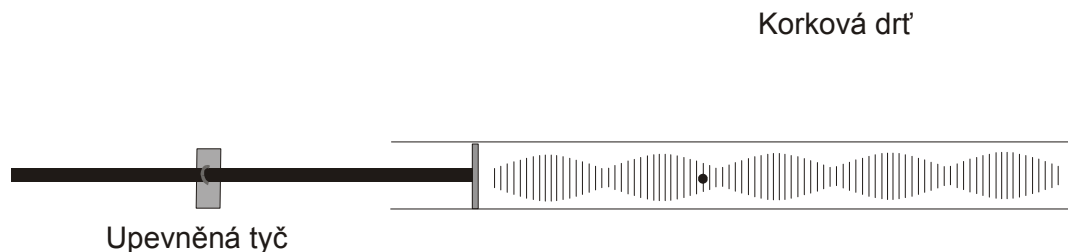


obr. 1

Frekvenci měřeného zvuku určíme v případě, že jako zdroj zvuku používáme reproduktor připojený k tónovému generátoru, snadno pomocí čítače připojeného k tónovému generátoru. V případě, že jako zdroj zvuku používáme kovovou tyč (obr. 2), kterou podélně rozkmitáme, dostáváme zvuk o konstantní frekvenci (při daném upevnění tyče). Frekvenci

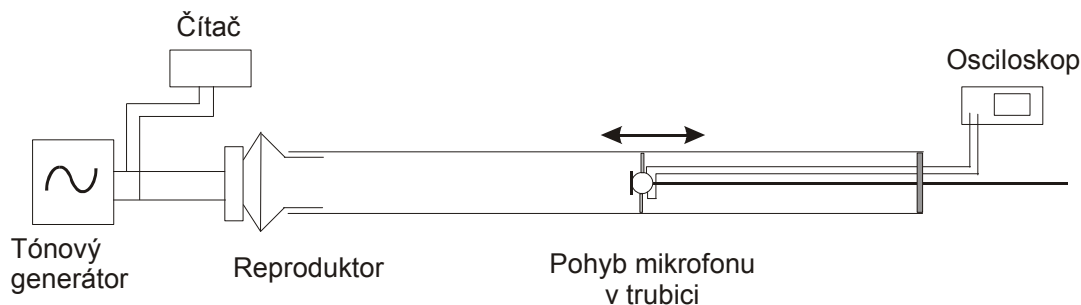
<sup>\*)</sup> Kmitna akustického tlaku je oproti kmitně rychlosti posunuta o  $\lambda/4$ , tj. v místech kmiten rychlosti jsou uzly tlaku a naopak.

tohoto zvuku určíme z rychlosti šíření zvuku v tyči<sup>\*\*)</sup> a z její délky. Je-li tyč upevněna v jedné čtvrtině nebo ve třech čtvrtinách své délky je vlnová délka vydávaného zvuku rovna délce tyče, je-li tyč upevněna v polovině své délky je vlnová délka vydávaného zvuku rovna dvojnásobku délky tyče.



obr. 2

Modifikace tohoto provedení spočívá v tom, že kmitny resp. uzly určujeme pomocí citlivého mikrofonu připojeného k osciloskopu. Stojaté vlnění vzniká v celém prostoru Kundtovy trubice - zvuk vychází z reproduktoru na jednom konci trubice a odráží se na uzavřeném konci na druhém konci trubice. Mikrofon připevníme do čela lehce pohyblivého segmentu připevněného k duté tyči, kterou procházejí vodiče od mikrofonu k osciloskopu (obr. 3). Protože segment neuzavírá celý průřez trubice, nedochází na něm k odrazu zvukové vlny a zvuk se odráží až na protější straně trubice. Pomalým posouváním mikrofonu v trubici můžeme pomocí výchylky na osciloskopu určit poměrně přesně místa, kde se nacházejí kmitny resp. uzly a z jejich vzdálenosti (případně ze vzdáleností dalších) vypočítat vlnovou délku zvuku.



obr. 3

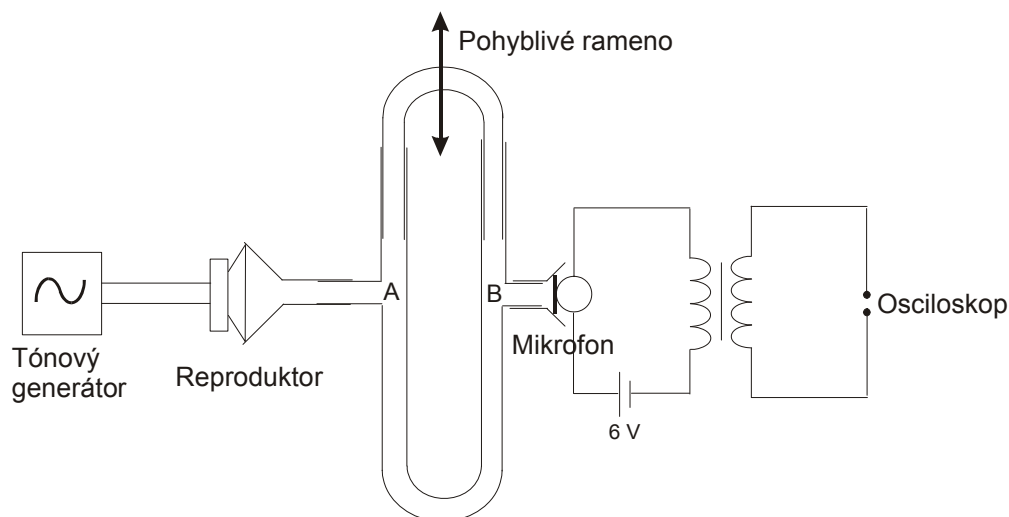
K tomuto měření je možné využít Kundtovu trubici dodávanou v rámci ústředních dodávek Koménia na konci 80. let. Trubici opatříme výše uvedeným pohyblivým pístem s mikrofonom. Připojíme-li vestavěný zdroj zvuku (reproduktor) postupně k napětí 3, 5, 7 a 9 voltů, dostáváme zvuk o frekvenci 1440, 2877, 3983 a 4940 Hz.

Další způsob detekce kmiten, resp. uzlů je pomocí lékařského fonendoskopu bez kovové hlavičky. V uzlech je ticho, v kmitnách slyšíme pískot – viz [1].

**Quinceho trubice** (obr. 4.) funguje na principu interferometru. Do místa A přivádíme zvuk o známé frekvenci od reproduktoru, který se rozděljuje do dvou zvukovodů 1 a 2. Následně v místě B spolu obě zvuková vlnění interferují. V místě B umístíme citlivý mikrofon, který registruje výsledek interference.

<sup>\*\*)</sup> Rychlost zvuku v materiálu, z něhož je tyč zhotovena nalezneme v tabulkách



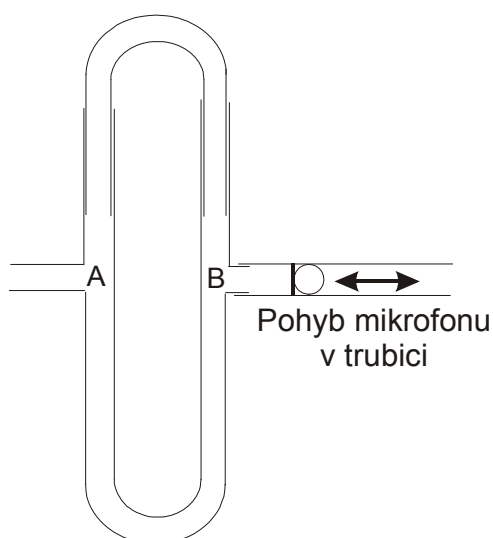


obr. 4

Jsou-li délky zvukovodů stejné, nebo je-li rozdíl jejich délek  $\Delta l$  roven celistvému násobku vlnové délky zvuku, vzniká v místě B interferenční maximum intenzity zvuku, je-li rozdíl délek zvukovodů  $\Delta l$  roven lichému násobku poloviny vlnové délky zvuku vzniká v místě B interferenční minimum intenzity zvuku. Rozdíl délek zvukovodu dvou po sobě jdoucích minim nebo maxim je roven vlnové délce zvuku  $\lambda$ . Změnu délky zvukovodu provádíme jeho postupným vysouváním o vzdálenost  $d$ , protože zvukovod má dvě ramena, je dráhový rozdíl  $\Delta l = 2 \cdot d$ .

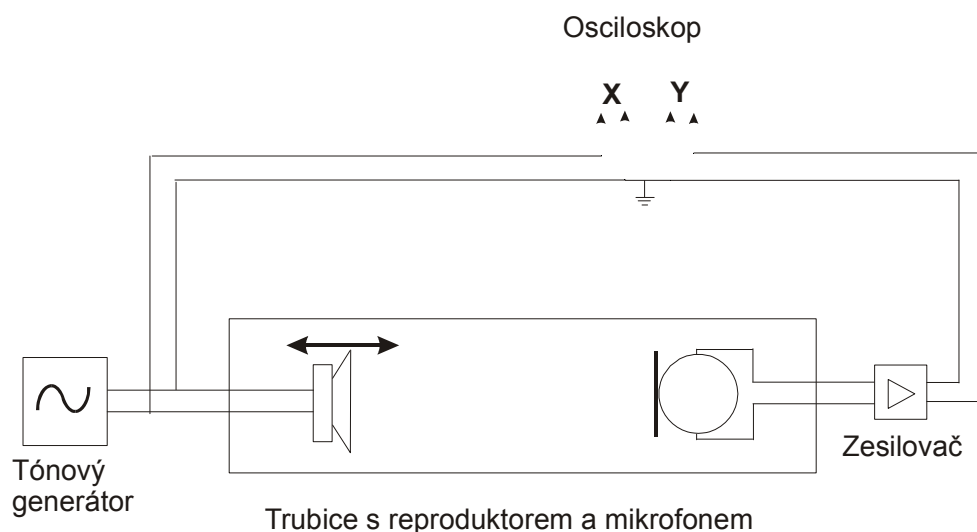
Vzhledem k rozměrům školního provedení Quinckeho trubice, lze tuto metodu použít pro frekvence 2 kHz a vyšší, jejichž vlnová délka je přibližně rovna 17 cm. Při nižších frekvencích a při posuvu ramene Quinckeho trubice cca 15 cm se nepodaří zachytit dvě sousední interferenční minima nebo maxima.

Jestliže mikrofon připojíme k místu B přes gumovou nebo plastovou hadici, můžeme sledovat další zajímavý jev, který sice neovlivňuje výrazně výsledek měření, ale může přispět k upřesnění polohy interferenčního maxima resp. minima. Malý elektretový mikrofon, totiž uzavře výstup hadice, takže v ní dochází k o odrazu a následnému zesílení resp. zeslabení složeného zvuku. Než začneme měřit, musíme tedy pro danou vlnovou délku naléznout takovou polohu mikrofону, kdy je amplituda vlnění na osciloskopu maximální (obr. 5).



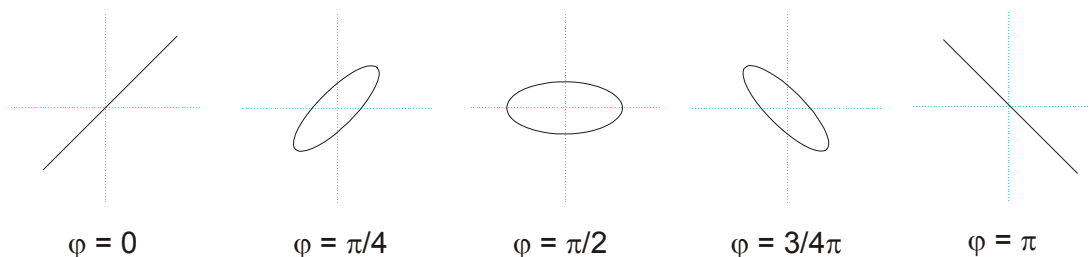
obr. 5

Poslední metodou, kterou se budu zabývat, je metoda spočívající ve **srovnání fáze zvukového vlnění s referenčním zdrojem**. Měření provádíme pomocí zařízení, které je znázorněno na obr. 6. Elektrický signál o frekvenci  $f$  z tónového generátoru je přiváděn na reproduktor a zároveň na x-výchylku osciloskopu. Z reproduktoru umístěného ve skleněné trubici se šíří zvuková vlna rovněž o frekvenci  $f$  k mikrofonu. Mikrofon tuto zvukovou vlnu převádí na napětí, které přivádíme na y-výchylku osciloskopu. Výsledkem složení těchto dvou signálů jsou Lissajouseovy obrazce, v našem případě se jedná o elipsy nebo úsečky, protože se jedná o signály se stejnou frekvencí.



obr. 6

Protože zvuk musí urazit vzdálenost  $d$  mezi reproduktorem a mikrofonem, je signál přicházející na y-výchylku osciloskopu fázově opožděn o  $\varphi$  za signálem přicházejícím na x-výchylku. Změnou vzdálenosti reproduktor – mikrofon (jejich vzájemným posuvem) dochází ke změně doby, za kterou překoná zvuk tuto vzdálenost, což se projeví změnou fázového posunu obou signálů  $\varphi$  a tedy i tvaru výsledného Lissajouseova obrazce. Z teorie vyplývá, že v našem případě mohou mít Lissajouseovy obrazce v závislosti na fázovém posunu tvary, které jsou na obr. 7.



obr. 7

Pro naše měření jsou důležité polohy reproduktoru a pístu, při nichž nastanou krajní případy Lissajousových obrazců, tj. kdy oba signály jsou ve stejné fázi ( $\varphi = 2k\pi$ ) nebo mají fázi opačnou ( $\varphi = (2k+1)\pi$ ) - elipsa přechází v úsečku opačného sklonu. Vzdálenost mezi polohami reproduktoru pro oba krajní případy Lissajousových obrazců je tedy rovna polovině vlnové délky  $\lambda$ . Při měření posouváme reproduktor od výchozí polohy těsně u mikrofonu a zaznamenáváme jeho polohu v případě, že se na osciloskopu objeví úsečka, po dalším posunu se postupně objeví elipsy a následně úsečka, která však prochází jinými kvadranty. Posunutí mezi dvěma opačnými úsečkami je rovno polovině vlnové délky  $\lambda$ , posunutí mezi dvěma stejnými úsečkami je rovno vlnové délce  $\lambda$ .

Pro určení rychlosti zvuku můžeme použít i další metody – viz [2], pro běžnou praxi jsou však výše uvedené nejsnáze proveditelné a při stejném výchozím vztahu  $v = \lambda \cdot f$ , se všechny opírají o odlišné fyzikální principy.

### **Použitá literatura:**

- [1] Baník, I., Baník, R.: Měření rychlosti zvuku netradičním způsobem, MFvŠ 10, č. 3, 1979
- [2] Brož, J. a kol. Základy fyzikálních měření, SPN Praha 1983
- [3] Lehotský, D. a kol.: Praktika z fyziky pre Pedagogické fakulty, SPN Bratislava 1967
- [4] Stach, V., Tesař, J.: Fyzikální praktikum III., Pedagogická fakulta Č. Budějovice 1990
- [5] Tögl, T. a kol.: Fyzikální praktikum, Západočeská univerzita v Plzni 2002

## Magnetická pole vodičů

*Břetislav Patč*

Potřeby: Stativ s přímým svislým vodičem a s hrotem pro magnetku, otáčivým ve vodorovné rovině kolem vodiče (obr. č. 2), stativ pro vodorovné vodiče a cívky, jednoduchý přímý vodič, smyčka dvou izolovaných a na dotek blízkých přímých vodičů, koaxiální kabel s na jednom konci propojeným středovým vodičem s vnějším dutým, cívka 60 závitů, bifilární cívka z dvojlinky s dvojbarevnou izolací (vše obr. č. 1), vodič tvaru kruhového závitu na stativu (obr. č. 2), cívka s větším počtem závitů o vnitřním průměru 8cm, model toroidu se 70 závitů (obr. č. 2), stativ s dvojicí kyvně uložených svislých vodičů, opatřený olovníci a se stavěcími šrouby (obr. č. 3), zdroj elektrického napětí stejnosměrného i střídavého (0-30V, 7A), reostat (10  $\Omega$ , 7 A), komutátor směru proudu, zhotovený z elektroinstalačního spínače zvaného „křížák“, spojovací vodiče.

### Provedení:

1. Přímý svislý vodič připojíme s reostatem přes komutátor ke zdroji a na hrot nasadíme krátkou magnetku. Nejprve objedeme magnetkou vodič bez proudu, ta je při tom stále ve směru místního magnetického meridiánu. Na zdroji nastavíme napětí 30V a reostatem omezíme proud na 7A. Po uzavření obvodu se magnetka při objíždění vodiče natáčí ve směru kruhové magnetické indukční čáry, která je k vodiči kolmá. Při záměně směru proudu se magnetka chová obdobně, má však opačnou orientaci. Změnu vysvětlíme pomocí Ampérova pravidla pravé ruky pro orientaci indukčních čar přímého vodiče. Průběh tohoto i následujících pokusů je nepříznivě ovlivňován zemským magnetickým polem.

2. Do stativu vložíme vodorovný přímý vodič a natočíme jej ve směru meridiánu. Delší magnetku umístíme nejprve nad a pak pod vodič. Po uzavření obvodu se magnetka natočí kolmo k vodiči. V druhém případě má opačnou orientaci, což souhlasí s kruhovým tvarem indukčních čar.

Chceme-li vyloučit rušivý vliv zemského magnetického pole, použijeme astatickou magnetku, vytvořenou ze dvou stejných delších magnetek, opačně orientovaných a pevně spojených na společné ose otáčení ve vzdálenosti asi 20cm. Protože je toto magnetické pole v prostoru pokusu prakticky homogenní, je jeho otáčivý účinek na tuto magnetku nulový. Pole vodiče je ovšem nehomogenní a magnetka se natáčí jeho vlivem na její bližší část. Taková magnetka se nastaví k vodiči kolmo.

Pokus zopakujeme s proudem opačného směru.

3. Do stativu vložíme smyčku. Po uzavření obvodu v ní tečou v těsné blízkosti protisměrné proudy, jejichž magnetická pole se navzájem téměř ruší a otáčivý účinek na magnetku je nepatrný.

Stejný pokus provedeme s koaxiálním kabelem.

4. Magnetické pole kruhového závitu demonstrujeme obdobně jako v pokusu 1.

5. Do stativu vložíme cívku s 50 závitů a nastavíme ji podélnou osou kolmo k meridiánu. Magnetku umístíme následně nad a pod cívku. Ta se natočí v obou případech rovnoběžně s podélnou osou cívky a se stejnou orientací. Uplatníme Ampérovo pravidlo pravé ruky pro určení orientace indukčních čar magnetického pole cívky.

Pokus zopakujeme s proudem opačného směru.

6. V případě, kdy použijeme bifilární cívku, jejíž konce jsou na jedné straně propojeny, tečou v ní protisměrné proudy a situace je obdobná jako v pokusu 3. Magnetické pole je i v tomto případě prakticky nulové a magnetka se nenatáčí.

7. Krátkou cívku s větším počtem závitů a s magnetkou uvnitř demonstrujeme orientaci indukčních čar uvnitř cívky. Napětí zdroje snížíme na 3 V. Magnetka po natočení

velmi rychle kmitá kolem podélné osy cívky, což svědčí o velké intenzitě pole, i když cívkou prochází malý proud.

8. Do obvodu připojíme model toroidu, opatřený otáčivým prstencem s hrotem pro umístění magnetky uvnitř vinutí a otáčivým ramínkem s hroty pro umístění magnetky mimo vinutí zvenku, zevnitř i nad toroidem. Napětí zdroje zvýšíme na 30 V. Po uzavření obvodu se vnitřní magnetka natočí ve směru vinutí a při pohybu v toroidu se natáčí a opisuje kružnici se středem v jeho svislé ose. Vnější magnetka se natáčí velmi málo.

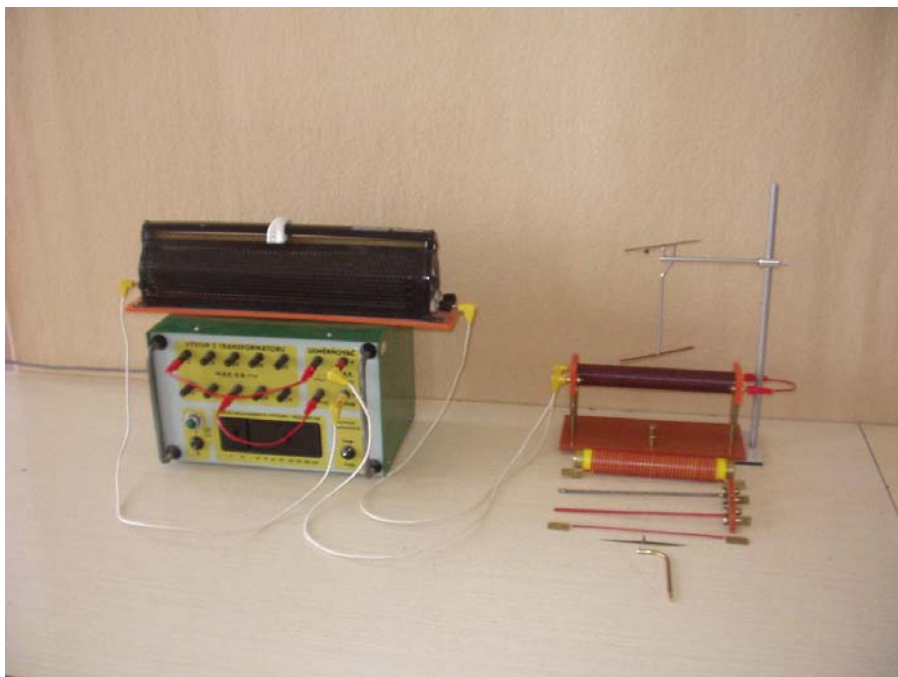
Všechny indukční čáry pole toroidu mají tvar kružnic se středy na svislé ose, vnější pole má vzhledem vnitřnímu opačnou orientaci a je slabé.

Pokus opakujeme s opačným směrem proudu.

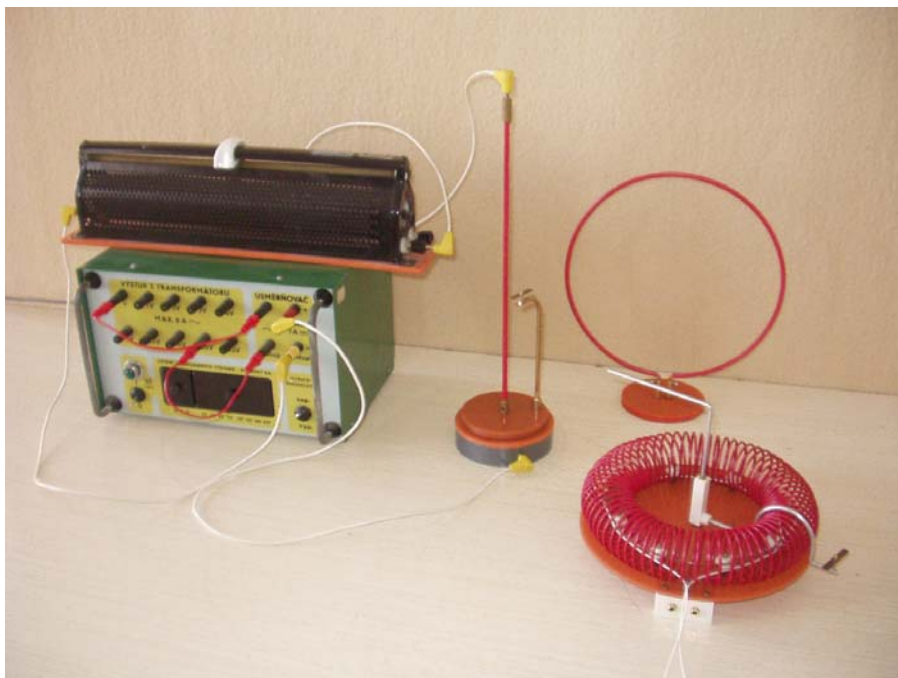
9. Stativ se dvěma svislými, kyvně uloženými vodiči (obr. č.3), nastavíme pomocí stavěcích šroubů podle olovnice, aby vodiče byly v indiferentní poloze. Tyto nejprve zapojíme tak, aby jimi proud procházel protisměrně a přitiskneme je k sobě (drží). Po uzavření obvodu se vodiče oddálí. Potom je zapojíme tak, aby proud procházel souběžně a nastavíme je do vzdálenosti asi 15 mm (opět drží). Po uzavření obvodu se přitáhnou. Jejich chování vysvětlíme pomocí Ampérova pravidla pravé ruky pro orientaci indukčních čar přímého vodiče a Flemingova pravidla levé ruky.

Pokus probíhá stejně i při použití střídavého proudu.

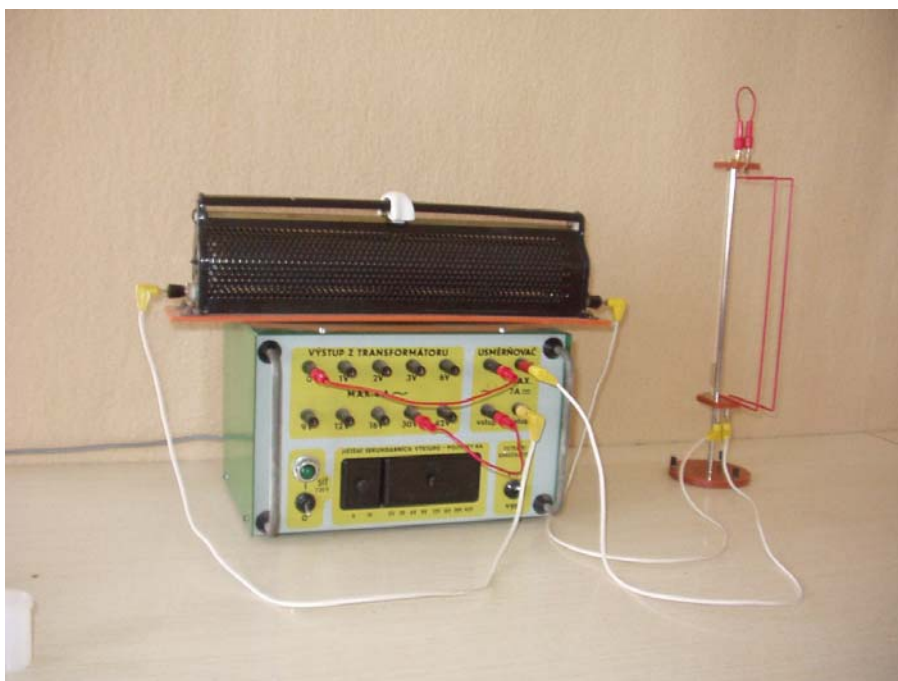
## Obrázky



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3

**Literatura:**

Prof. RNDr. Emanuel Svoboda, CSc. a kolektiv, Pokusy z fyziky na střední škole 3

1. vydání, 1999

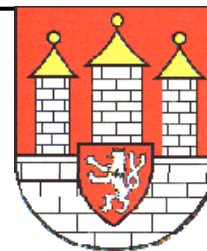
Dr. Josef Zahradníček, Základní pokusy fyzikální

v Brně 1935

## Fyzikální procházka městem České Budějovice

Slabá Lenka

SPŠ stavební, České Budějovice



**1** Fyzikální procházku začneme od jeho dominanty **Černé věže**, z jejíhož ochozu vidíme čtvercové náměstí, jehož rozloha je přibližně 1ha. Podobně jako věž v Pizze se naklání i naše věž, ale jen o 35cm a to k západu. I Černá věž měla nevhodné podloží a muselo se zpevňovat dubovými piloty a kamennou drtí. Název Černá získala věž až téměř sto let po svém postavení a to díky velkému požáru. Tato událost také souvisela s fyzikou – požár vznikl v domě lékaře, kde se vznítily lihové páry při vaření léků.

**2** Od Černé věže postoupíme po úhlopříčce do středu náměstí k **Samsonově kašně**. Na jedné straně úhlopříčky je Černá věž a na druhé barokní radnice. Z fyzikálního hlediska je třeba zmínit rozdíl mezi zvonem (např. na Černé věži největší Bumerin) a zvonkohrou na věži radnice.

**3** Na rohu **radnice** si všimneme zazděné délkové míry – loket (0,77m). Vzpomeneme si i na jinou v té době používanou jednotku – míle (cca 10km) a důležité mílové právo, které městu udělil Karel IV. Znamenalo, že do vzdálenosti 1míle od města se nesměl usadit žádný řemeslník. Můžeme též připomenout, že v 17.století měl písař za povinnost kontrolu a cejchování vah a měřidel.

**4** Po jižní straně náměstí a dále ulicí Karla IV. dojdeme k **meteorologickému sloupku**, na kterém jsou údaje zaznamenané do r.1925, ale i každodenní údaje dodávané českobudějovickým hydrometeorologickým ústavem.

**5** Dále půjdeme Jirsíkovou ulicí kolem Jihočeského muzea, přejdeme Malši po Zlatém mostě a po nábreží dojdeme k Železnému mostu, dáme se vlevo. Pokračovat budeme kolem **tužkárny KOH-I-NOOR Hardtmuth**, která je technickou památkou, protože mezi jednotlivými bloky jsou propojovací chodby nad ulicemi.

**6** Tužkárna leží u Mánesovy ulice, kde se nachází malý domek – **staniční budova koněspřežky**, která byla první dlouhou železnicí na našem kontinentu. Začala být budována v r. 1825 a když byl postaven první úsek, byla provedena zkouška zda kůň může na železnici podat 10x vyšší výkon než na silnici. Ukázalo se, že může podat výkon 30x vyšší.

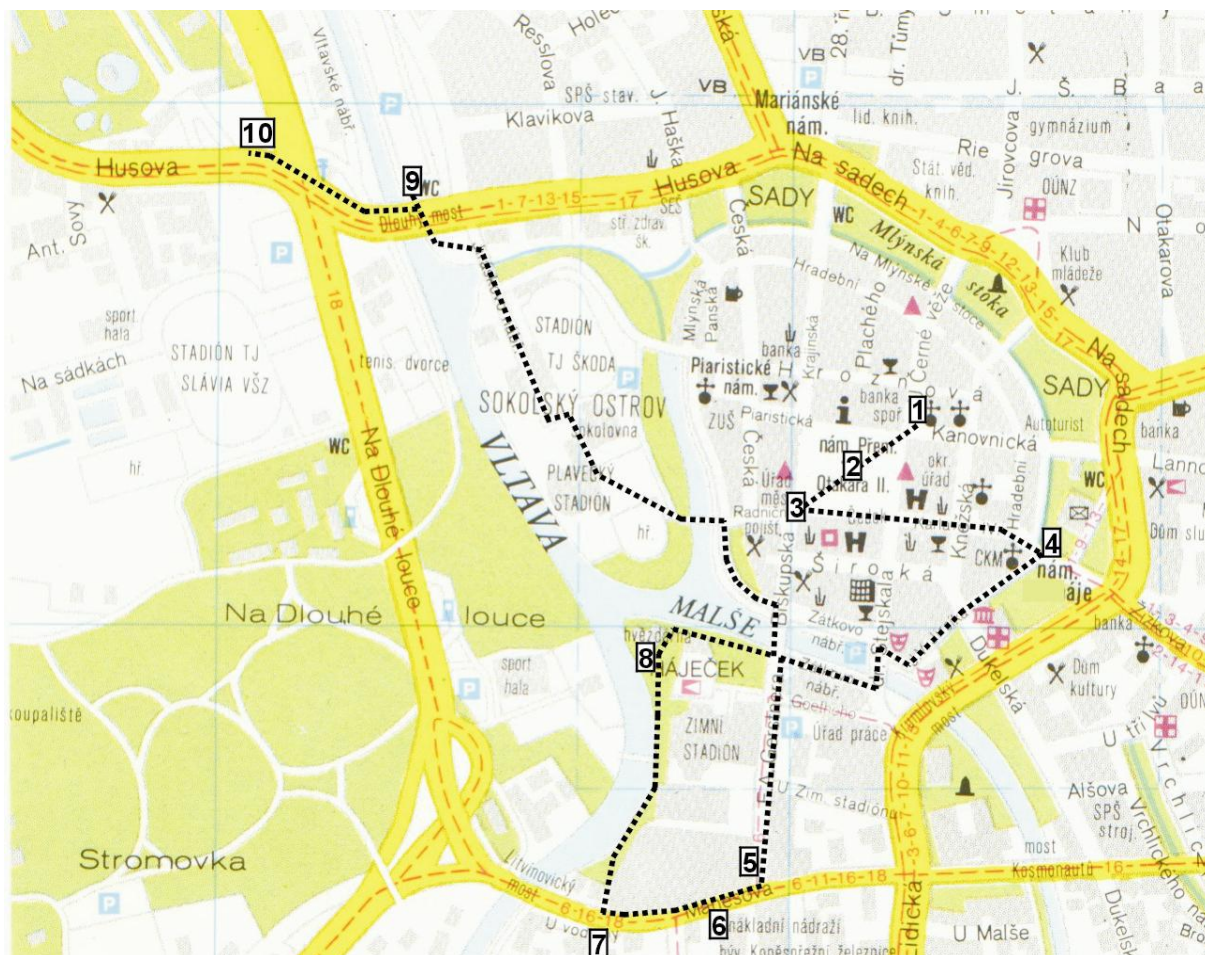
**7** Mánesovou ulicí dojdeme až k Litvínovickému mostu, kde nám **vodárenská věž** připomene učivo o spojených nádobách. Věž s vodojemem byla potrubím spojena se Samsonovou kašnou na hlavním náměstí a 19 kašničkami ve městě. Tento vodovod na užitkovou vodu byl v provozu do r.1921.

**8** Podejdeme rušnou silnici a podél Vltavy půjdeme parkem k budově **planetária**, kde byl v letech 1966 – 1991 ředitelem Antonín Mrkos, Doc. Dr. CSc. Objevil vizuálně i fotograficky 13 komet a více než 100 planetek. V objevování planetek hvězdárna a její pobočka na Kleti pokračuje a tak měla možnost dát názvy planetkám, které objevila. Např.: Budovicium, Klet', Č. Krumlov, ale i B. Němcová, Hrabal nebo Tichá podle současné ředitelky planetária.



**9** Kolem řeky Malše se vrátíme k Železnému mostu, přejdeme ho a vlevo kolem věží Železná panna a Otakarka dojdeme k dřevěnému mostu. Po něm přejdeme slepé rameno a půjdeme kolem plovárny až k Dlouhému mostu. Když ho podejdeme, naskytne se nám pohled na **Lannův domek s loděnicí**. Zde byly na přelomu 18.-19.stol. pod vedením „šifmistra“ Tadeaše Lanny stavěny lodě, jimiž byla převážena sůl, obilí a tuha do Děčína. Tam byly lodě prodány na dřevo nebo je koně přitáhli zpět proti proudu. Když jsme u lodní dopravy, vzpomeneme vynálezce lodního šroubu Josefa Ressla, který v Č. Budějovicích studoval na dělostřelecké škole.

**10** Pokud přejdeme po Dlouhém mostě a půjdeme po Husově ulici až k **výstavišti**, můžeme tam vidět zakončení trolejbusového vedení. Je tam užitá kladka pevná i volná. Konec je zatížen betonovým tělesem. Kde se nachází v horkém létě a kde naopak v tuhých mrazích odvodíme, díky znalosti délkové roztažnosti. Dál silnice vede do Čtyřech Dvorů, kde v roce 1910 ing. Kašpar předvedl pro 20 000 diváků let letadla. A když jsme u toho létání, první český kosmonaut Vladimír Remek je také českobudějovickým rodákem. Do kosmu vzlétl 2.3.1978.





## Fyzika a detektivky

Marek Veselý

ZŠ a MŠ Oty Pavla Buštěhrad

Když jsem se na Veletrh nápadů učitelů fyziky do Českých Budějovic přihlašoval, tak jsem svému plánovanému vystoupení dal název „Fyzika v detektivkách“ a v anotaci jsem napsal: „Používají autoři detektivek kromě oblíbených jedů, nožů a střelných zbraní také rafinované vraždy inspirované fyzikálními zákony? Odpověď se pokusím nalézt ve svém vystoupení.“ Jenže to jsem ještě netušil, že takových detektivek je opravdu poskrovnu a já nejsem schopen navíc zjistit (pokud bych nečetl snad veškerou detektivní literaturu), ve kterých konkrétně. Nicméně jsem se nad tématem zamýšlel, a tak z mlhavých úvah nakonec vzešel nápad, se kterým se s vámi chci také podělit. Nejdříve si však dovolím krátký, slovy učitele bychom řekli, motivační úvod.

Jsem opravdovým fandou spisovatelky detektivních románů – „první dámy zločinu“ – Agathy Christie (dokonce jsem členem české Společnosti Agathy Christie). Zaujalo mě, co jednou někde uvedla: „V dětství jsem slyšela jednu hádanku, která mě přiměla k rozhodnutí psát detektivní romány: Jistý muž měl v kalhotách díru a v důsledku toho zemřel.“ (*vysvětlení na konci příspěvku*) Další citace je od neméně „velkého“ Vladimíra Iljiče Lenina, který údajně napsal: „Důležité není to, aby byl za zločin vyměřen těžký trest, nýbrž to, aby ani jeden zločin nezůstal neodhalen.“ A do třetice citace, tentokrát literární postavy - detektiva vědce profesora Augusta S.F.X. Van Dusena, zvaného Myslicí stroj, živého předchůdce kybernetických strojů, kterému spisovatel Jacques Futrell vložil do úst: „Genialita je schopnost používat vědomostí, nikoli schopnost jich nabývat ... Víte to také, všichni to vědí, jenže nevědí, že to vědí. Vědomosti, kterých se nedá prakticky použít, jsou k ničemu.“

Pochopil jsem, že hádanky, tajemno, zločin, záhady – to je to, co láká čtenáře. Pro vědce je sama fyzika takovou hádankou, objevování neobjeveného, odkrývání dosud neodkrytého. My – tedy učitelé fyziky – pak podobnou věc činíme při heuristickém stylu výuky. Chceme, aby žáci znovu objevili řadu přírodních zákonů (dávno již objevených). Potřebujeme žáky motivovat. Proč ne třeba „detektivkami“? Jenže je pošetilé se domnívat, že lze takové detektivky nalézt. Proč? Protože správná detektivka musí být napsaná tak, aby čtenář do poslední chvíle netušil, kdo je vrahem, nebo jakým způsobem byla vražda spáchána. Ale existují povídky (zejména v časopisech), které jsou napsány tak, že vraha můžeme vypátrat. Jenže ty zase nejsou „šity“ na míru fyzice. Nezbyvá už tedy nic jiného, než si takové povídky vymyslet. Pokusil jsem se o to – posuďte sami (nejen vy, ale hlavně vaši žáci) s jakým úspěchem.

Vrhněme se tedy do odkrývání zločinů. Víím, že pro vás to bude snadné, vždyť jste přeci učitelé fyziky, ale některým vašim žákům už to tak třeba připadat nemusí. A když v nich vzbudíte byť jen zájem, tak už jsou na dobré cestě, nemyslíte? Ve všech příbězích vystupuje inspektor Kopřiva. Proč zrovna tohle jméno? Každý zločinec, který s ním přijde do styku, se musí přeci spálit!

### NEEXISTUJÍCÍ VRAŽDA?

Do kanceláře inspektora Kopřivy nakoukl strážmistr Petráně: „Pane inspektore, pojd'te si něco poslechnout. Na stopadesátosmičce jsme nahráli zajímavou věc.“

Inspektor se posadil a zaposlouchal se do hlasů z magnetofonu. Jeden patřil službu konajícímu policistovi na dispečinku, druhý hlas byl neznámý. Byl to hlas mužský a zněl značně rozrušeně.

„Haló, policie?“

„Ano, co si přejete?“

„Chci ohlásit vraždu.“

„Kde se stala, kdo ji spáchal, viděl jste čin na vlastní oči?“ dával policista rutinní otázky.

„Stalo se to v garážích u ruzyňského letiště v patře H, na stání označeném 81. Zaparkoval jsem vůz a podíval se do zrcátka. Naproti taky zastavilo auto, vystoupil z něj nějaký muž a než stačil auto zamknout, tak přiběhli dva maskovaní muži a zastřelili ho. Potom utekli.“

„Zůstaňte na místě, posíláme tam výjezdovku.“

„To bohužel nemohu, za chvíli mi odlétá letadlo.“

Inspektor ani moc dlouho neváhal a zavelel: „Vemte techniky s sebou a jedem.“

„To ale není zapotřebí, my jsme tam jeli, a na té H 81 žádné auto nebylo, ani žádná krev, prostě nic. Musel to být fór nebo co!“ namítal strážmistr Petráně.

„Jenže ono se to také nestalo na H 81, ale ...“

*Víte, kde došlo k vraždě?*

### SMRTÍCÍ PLYN

Inspektor Kopřiva se dostavil na místo, kde bylo nalezeno tělo mrtvého zahraničního dělníka. Ležel nahoře na palandě. Vypadal jakoby usnul. Bohužel, navěky. V místnosti kromě postele byl už jen stůl a dvě židle, pak také propan-butanový vaříč a malá lednička. Spodní lůžko pod mrtvým, bylo rozestlané.

„Tady taky někdo spal?“ zeptal se inspektor.

„Ano, já,“ ozvalo se z hloučku, který se díval dveřmi do místnosti.

„Pojďte sem a řekněte mi, co se tady stalo,“ pozval dovnitř inspektor Kopřiva dělníka, zjevně také zahraničního.

„Měl jsem štěstí, že jsem spal tady dole,“ vychrlil ze sebe dělník. „Kdybych spal nahoře, jako Vaska, tak je se mnou ámen.“

„A to jako proč, co se vlastně stalo? Já myslel, že zemřel ve spánku?“

„On se udusil plynem. Než jsem zjistil, že nám utíká z vaříče, tak dost plynu uteklo. To víte plyn – pfff – rovnou nahoru,“ ukázal směrem vzhůru dělník.

„To já znám, myslíte jako balónky na pouti.“

„Jo, přesně to mám na mysli. A protože Vaska spal nahoře, tak se chudák udusil.“

„Jako pohádka to bylo výborné, a jako výpověď to také nebylo špatné – aspoň vím, že jste se nám snažil lhát. Pokud byste měl čisté svědomí, nebylo zapotřebí lži. Jste zatčen.“

*V čem dělník lhal?*

### SVĚDEK

„Tak vy tvrdíte, že jste tu vraždu viděl?“ zeptal se ošuntělého staršího muže sedícího na židli v kanceláři inspektor Kopřiva.

„Ano, pane inšpektór, na vlastní voči jsem ten mord viděl,“ dušoval se ten pobuda.

„Prosím vás, jak jste to mohl vidět, když byl mráz až praštělo a okna byla zamrzlá!“ křičel na něj inspektor.

„Ale jak jsem šel voko toho baráku, tak jsem slyšel nějaký křik, tak jsem přistoupil k oknu, protože bylo zamrzlý, tak jsem na něj dejchnul a rukou utřel takový malý kolečko, abych viděl dovnitř. Tam ten mužskej škrtl tu ženskou.“

„Já vám povím jiný příběh, vám někdo zaplatil, vsadil bych se, že bratr zavražděné, abyste svědčil proti manželovi. Oni dva se totiž přímo nesnášeli. Jenže vaše výpověď má dost závažnou trhlinu.“

„Jakou trhlinu, proboha, já mluvím čistou pravdu.“

„Kdybyste ve škole ve fyzice dával pozor, tak byste musel přeci vědět, že ...“

*Co by měl pobuda z fyziky vědět?*

Další „případy“ se budou objevovat na internetových stránkách [www.volny.cz/fyzik.detektivem](http://www.volny.cz/fyzik.detektivem), které jsem k tomu účelu zřídil. Budu velmi rád, pokud mi své nápady na zápletky, nebo rovnou celé příběhy budete posílat, abych je na webu poskytl všem těm, kteří se chtějí bavit nejen fyzikou, ale tak trochu i detektivním pátráním.

Abych úplně „nezběhl“ z tématu, které jsem původně avizoval, tak ještě uvedu alespoň dva příklady, řekněme „použití fyziky“, které jsem v detektivní literatuře našel. Ten první je o tom, jak Sherlock Holmes jen tak mimochodem určil při jízdě vlakem jeho rychlost. Cítuji: „*Jede to dobře,“ řekl, vyhlížeje z okna a zároveň pokukuje po hodinkách. „V této chvíli máme rychlost třiapadesát a půl míle v hodině. „Nedával jsem pozor na milníky,“ řekl jsem.*

„*To já také ne. Telegrafní sloupy jsou však na této trati od sebe vzdáleny šedesát yardů, a tak je snadné to vypočítat.*“

Druhý příklad je z knihy Josefa Škvoreckého, ve které poručík Borůvka vyšetřuje tzv. horizontální vraždu. Doporučuji vám, abyste si ji přečetli. Je na věčné detektivkářské téma záhady zamčeného pokoje. V povídce se dokonce objevuje výpočet dráhy volného pádu. Smrtící zbraní je nůž, který je přidržován elektromagnetem. Vrahem je profesor fyziky Petr Potěšil (autor mě tím potěšil), který chtěl vraždou své staré matky vyřešit bytovou krizi své rodiny.

### **Vysvětlení:**

*Muž, který zemřel v důsledku díry v kalhotách, byl potápěč ve skafandru.*

*Vražda se stala na H 18 – v zrcadle je vidět obraz stranově převrácený.*

*Plyn propan-butan je těžší než vzduch – drží se naopak u země.*

*Okna zamrzají uvnitř místnosti, nikoli venku.*

### **Literatura:**

Čermín, S.: Kriminalistická příručka, svazek 2. Kriminalistický ústav HSVB, Praha 1961.

Doyle, A. C.: Muž s dýmkou a houslemi (povídka Stříbrný Lysáček). Albatros, Praha 1987.

Futrelle, J.: Záhada tajemné zbraně (z knihy 21 detektivů) Svoboda, Praha 1992.

Škvorecký, J.: Smutek poručíka Borůvky. Mladá fronta – Smaragd, Praha 1968.

různé internetové stránky

## Pokusy s CD

Polák Zdeněk,

Jiráskovo gymnázium, Náchod

Je CD vhodné záznamové médium? No psát na to jde, ale do psacího stroje jde hrozně blbě. Pokud chcete na něj něco napsat, tak jedinec lihovým fixem. Poznámek rukou se na něj ale moc nevejde. Přesto je to krásný kousek materiálu. Přímo láká k bližšímu zkoumání. Cédéčka jsou všude, každý se s nimi setkal. Co o nich víme? Literatura a webovské stránky některé parametry uvádějí. Ne všemu se však dá věřit. Nejlépe je změřit si, co se dá.

Výrobce uvádí :      Průměr disku :      12 cm  
    Průměr otvoru :      15 mm  
    Hmotnost :      18 g

Několik základních vlastností 15 náhodně vybraných CD disků:

	typ	D (mm)	d (mm)	$h_1$ (mm)	$h_2$ (mm)	m (g)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )
1	Verbatim CD-R lak	120,0	15,1	1,16	1,17	15,4	1188
2	Verbatim CD-R lak	120,0	15,0	1,14	1,15	15,1	1185
3	Verbatim CD-R lak	120,0	15,0	1,14	1,16	15,2	1187
4	Verbatim CD-R lak	120,0	15,0	1,15	1,17	15,3	1185
5	lisované, barva	120,2	15,1	1,12	1,13	15,0	1194
6	lisované, barva	120,2	15,0	1,11	1,12	14,9	1196
7	lisované, barva	120,2	15,0	1,16	1,18	15,6	1194
8	Samsung CD-R bar.	120,0	15,1	1,21	1,21	16,1	1195
9	Samsung CD-R bar.	120,0	15,1	1,20	1,20	15,9	1190
10	Verbatim CD-R bar	120,0	15,1	1,23	1,25	16,5	1195
11	lisované, barva	120,0	15,0	1,10	1,12	14,8	1198
12	CD-RW	120,0	15,0	1,22	1,23	16,2	1188
13	lisov. CD-DA bar.	119,9	14,9	1,18	1,22	15,9	1192
14	lisované, barva	119,9	15,0	1,11	1,14	14,8	1184
15	lis malé	80,1	15,0	1,12	1,12	6,5	1194

D - vnější průměr

d - průměr otvoru

$h_1$  - nejmenší naměřená tloušťka disku

$h_2$  - největší naměřená tloušťka disku

m - hmotnost disku v gramech

$\rho$  - hustota v kg/m<sup>3</sup>

Průměr disku i otvoru byl měřen vždy třikrát a nebyly nikdy zjištěny měřitelné odchylky. Disk je dostatečně kruhový. Tloušťka měřena třikrát na obvodu a třikrát cca 3 cm od kraje. Zaznamenány nejmenší a největší hodnoty. U krajů byla většinou naměřena větší hodnota.

Z naměřených hodnot vyplývá, že výrobci uváděné rozměry souhlasí. CD jsou však lehčí. Nezávisí na tom, zda jde o lisované CD, nebo CD-R či CD-RW. Všechny se shodují v hustotě která je cca 1190 kg/m<sup>3</sup>.

Po seznámení s diskem napadne každého spousta námětů na experimenty.

### Určování hustoty

a) Určíme rozměry a hmotnost, hustotu vypočteme. Viz předchozí tabulka. Vhodný námět pro experimentální činnost žáků.

b) Zavěsíme CD na siloměr do 0,2 N . Určíme jeho tíhu na vzduchu  $F_1$  a ve vodě  $F_2$ .

Hustota  $\rho = \rho_v \frac{F_1}{F_1 - F_2}$  , kde  $\rho_v$  je hustota vody.

c) Plaváním v kapalině. To je obzvlášť efektní. Připravíme si dva roztoky s hustotami okolo  $1175 \text{ kg/m}^3$  a  $1205 \text{ kg/m}^3$ . Nastříháme CD na kousky, vložíme do roztoků, zbavíme bublinek a popíšeme jejich chování. V roztoku s nižší hodnotou klesne ke dnu, v druhém plave na hladině. Do další nádoby necháme žáky namíchat z obou roztoků takový, ve kterém se kousek CD vznáší. Jsou překvapeni, že rovnováha je velmi nestabilní a namíchat správný roztok není jednoduché. Nakonec určíme hustotu roztoku hustoměrem nebo Mohrovými vážkami.

Lze použít jakýkoli neagresivní roztok. Nejvhodnější se mi jeví glycerin s maximální hustotou  $1260 \text{ kg/m}^3$  , nebo obyčejný cukr. Hustota nasyceného roztoku sacharózy je cca  $1350 \text{ kg/m}^3$  . Pro roztoky uvedené hustoty navážíme cca 207 g respektive 230 g a doplníme na 500 g destilovanou vodou. Hustoty jsou orientační, velmi závisí na teplotě !

### Určení čísla $\pi$

Na obvod CD nakreslíme tenkým lihovým fixem čárku. Připravíme si dostatečně dlouhý pás papíru. Na papír nakreslíme po celé délce čáru a kousek od kraje označíme začátek úsečky. CD navlékneme na prst, přiložíme čárkou k začátku úsečky a odvalujeme. Až je čárka opět v nejnižší poloze, označíme na čáře konec úsečky. Změříme délku úsečky a vydělíme průměrem CD. Můžeme využít více otočení. Údaje od jednotlivých žáků zpracujeme jednoduchou statistikou.

### Určení momentu setrvačnosti

Moment setrvačnosti je veličina, která se probírá spíše okrajově v prvním ročníku SŠ. Přesto se bez ní neobejdeme, když chceme pochopit chování rotujícího tělesa. Podle schopností studentů můžeme zvolit řadu postupů.

a) Výpočtem z naměřených rozměrů a hmotnosti, odvodit vztah :  $J = \frac{m}{8} (D^2 + d^2)$  .

b) Ze zrychlení při kutálení CD po nakloněné rovině. Spojíme dvě CD krátkou trubičkou a umístíme na nakloněnou rovinu s velmi malým sklonem. Označíme-li výšku nakloněné roviny  $h$ , délku  $l$  a dobu po kterou CD sjíždí z nakloněné roviny  $t$ , pak moment setrvačnosti určíme z odvozeného vztahu  $J = \frac{mD^2}{4} \left( \frac{gh}{2l^2} t^2 - 1 \right)$  , kde  $m$  je poloviční hmotnost dvojice CD.

c) Z doby kmitu CD. Do disku vyvrtáme řadu otvorů o malém průměru po 0,5 cm od 10 do 55 mm od středu. Připravíme si jednoduchý stojan s tenkou osičkou. Nejlépe poslouží dřevěná tyčka se zabodnutou jehlou, nebo ocelovým špendlíkem bez hlavičky. CD navlékneme na osu a necháme kývat. Naměříme závislost doby kmitu na vzdálenosti osy otáčení od středu CD.

Odvodíme vzorec a větší množství naměřených hodnot zpracujeme nejlépe v Excelu :

$J = m \times \left( \frac{gT^2}{4\pi^2} - x \right)$  , kde  $x$  je vzdálenost osy otáčení od středu CD. Sama závislost doby kmitu na poloze osy otáčení je velmi zajímavá a vhodná pro zkoumání jako neznámá závislost.

Je samozřejmě více způsobů, jak moment setrvačnosti určit. Jeho průměrná hodnota pro CD  $3 \cdot 10^{-5} \text{ kg.m}^2$  mnoho nikomu neřekne. Spíše je třeba upozornit na energii CD při chodu mechaniky a změny energie při roztáčení a brždění disku. Např. při zahájení čtení na vnitřní stopě při rychlosti 12x má disk cca 108 ot/s a energii 7 J, která by jej vymrštila do výšky přes 45m.

### **Setrvačník z CD**

a) Z silné fixy odřízneme asi 4 cm kousek s hrotem. Hrot vyjmeme a otvor provrtáme vrtákem o průměru 5 – 6 mm. Tyčku stejného průměru zahrotíme a protáhneme otvorem. Hodí se v železářství běžně prodávaná tyčle.

b) Setrvačník na ložisku. Potřebujeme ložisko z harddisku, trubičkové víčko ze silné fixy a kousek umělohmotné tyčky. Dá se použít i zbytek z vhodné propisovačky. Z víčka odřízneme asi 2 cm dlouhou trubičku. Ložisko našroubujeme na tyčku, vtlačíme do trubičky z víčka a nvrch natlačíme několik CD. Pak stačí namotat asi metr nitě na trubičku těsně u CD a zatahnutím roztočit. Můžeme snadno předvádět účinky gyroskopického momentu sil.

### **Maxwellovo kyvadlo**

Navlékneme několik (2 – 10 ) CD na umělohmotnou trubku. Asi 5 mm od konce provrtáme malým vrtáčkem a provlékneme dva tenké provázky o délce cca 0,5 m. Zavěsíme na vodorovný držák a namotáme závěsy. Pak stačí jen disk spustit. Můžeme vyrobit více kyvadel s různým průměrem střední tyčky a porovnávat zrychlení jednotlivých kyvadel.

### **Momentový kotouč s magnety**

Použijeme setrvačník s ložiskem na kterém bude jen jedno CD. Na něj máme nakreslenou souřadnicovou síť. Do vhodných bodů sítě umístíme magnety jako závaží a ukazujeme různé možnosti rovnováhy momentů sil. Výhodou proti páce je umístování závaží v bodech, jejichž spojnice neprochází středem otáčení.

### **Tuhost CD a energie pružnosti CD**

Připravíme si několik sololitových destiček. Na CD nakreslíme několik rovnoběžných čar. Tak asi 1 cm od sebe. CD sevřeme tak, aby dvě destičky byly pod a dvě nad CD. Disk zasouváme vždy k nakreslené čáře a volný konec ohneme k desce stolu. Výchylka je vždy stejná, síla roste se zkracující se volnou částí CD. Mění se tuhost pružné soustavy. Pak CD zasuneme do poloviny mezi destičky. Na konec položíme kousek školní gumy na gumování a necháme vymrštit. Necháme žáky popsat, jak se mění výška, do které lze vymrštit gumu, když CD dělí od stolu 1,2,3,4 destičky. Ukážeme, že výška výstupu roste rychleji než počet destiček. Energie pružnosti není úměrná výchylce, ale druhé mocnině výchylky. Diskutujeme o vykonané práci, přeměnách energie a jejím předávání mezi tělesy .

### **Plovoucí CD a magnetka**

V pokusu s hustotou jsme ukázali, že CD se ve vodě potopí. Když jej ale položíme na klidnou hladinu, zůstane plavat. Povrchové napětí jej v pohodě udrží. A vydrží i další zátěž. Například dva magnety z hlavičky CD ROM. A z lodičky máme magnetku. Na hladině vody se natočí tak, že orientace položených magnetů souhlasí se směrem magnetického pole Země.

### **Jehlové ložisko**

Doprostřed CD vlepíme destičku s patentkou uprostřed. Položíme na hrot špendlíku v podstavci jako pro magnetku a roztočíme. Žáky velmi udiví, jak dlouho se disk točí.

### **Kondenzátor z CD**

Na CD přilepíme oboustrannou lepicí páskou alobal. Ke středu přilepíme tavnou pistolí kousek novodurové trubky se zdírkou. Alobal spojíme drátkem se zdírkou. Druhé CD polepíme stejným způsobem. Provrtáme dvěma malými otvory, kterými protáhneme tenké měděné lanko jako kontakt. Dielektrikem může být další CD, nebo lépe, folie na

meotar. Připojeným měřičem kapacit můžeme ukázat změnu kapacity při oddalování desek a všechny pokusy prováděné s deskovým kondenzátorem.

### **CD jako vodič elektrického proudu**

Všechny typy CD ať lisované či vypalované mají tenkou vrstvu kovu s vysokou odrazivostí chráněnou z jedné strany plastem nosiče a z druhé ochrannou vrstvou laku a barvy. Jde o sendvič z organických izolantů plněný kovem. Podle typu CD je to hliník, zlato nebo stříbro. Vezmeme ohmmetr s vývody zakončenými krokodýlky. Jestliže se jimi dotýkáme jen povrchu, odpor je neměřitelně velký. Krokodýlky se zakousneme do vrstvy laku. Hroty proniknou až k vodivé vrstvě a odpor klesne na ohmy.

Existenci vodivé vrstvy můžeme prokázat i jinými postupy. Už jste někdy dali do mikrovlnky hrníček se zlatou proužkou? A viděli jste, co to udělá? Ne? A nechce se Vám ničit servis po babičce? Tak jestli máte dost CD a nebojíte se o svou mikrovlnou troubu, můžete realizovat také zajímavý pokus. Dáte CD do mikrovlnky na podstavec ze skleničky a zapnete tak na 2 s. V tenké vodivé vrstvě disku se indukují značné vířivé proudy. Dojde k jejímu zahřátí a k rozrušení v mnoha místech. Zbylé plošky vodivé vrstvy vytvoří zajímavé obrazce. Nevím, jak moc se to mikrovlnce líbí a zajímalo by mne, co by tomu říkal výrobce.

### **Vlnová optika na CD**

CD je mimořádně zajímavé optické médium. Zveřejňované experimenty se obvykle týkají především interference na odrazné mřížce. Tak například si můžeme vytvořit duhu.

Pro tento experiment potřebujeme dostatečně výkonný zdroj světla. Použijeme buď přímé sluneční světlo nebo diaprojektor. V prvním případě zatemníme učebnu až na jedno okno. CD disk vložíme do stojanu, nebo prostě držíme v ruce, na kraji svazku paprsků přicházejících z okna tak, aby na stěně vzniklo jasné "prasátko" vytvořené přímým odrazem světla. Kolem něj se vytvoří dvě soustředné duhy. Pokus je to rychlý, snadný, ale duhy jsou málo jasné.

Lepší je provést rozklad světla z diaprojektoru. Diaprojektor postavíme na lavici asi 50 až 60 cm od bílého rozměrného stínítka (bílá zdi, nebo promítacího plátna 2 x 2 m). Do diaprojektoru vložíme prázdný rámeček od diapozitivu a podložíme ho, aby proud světla směřoval do učebny, šikmo vzhůru. Do svazku paprsků umístíme na stojanu CD disk ve svislé poloze. Pokud si nevyrobíme speciální držák, přicvakneme jej k železné tyči magnetem.

Na stěně se vytvoří obraz dvou soustředných duh. Jde o maxima prvního řádu. Prokážeme to zakrytím poloviny CD.

CD ale nemusí sloužit jen jako odrazná mřížka. Výrobce totiž do plastu CD lisuje vodící drážku jako na gramofonovou desku. Jestliže ale získáte plastový kotouček CD bez kovové vrstvy, můžete si udělat řadu zajímavých experimentů jako s klasickou mřížkou na průchod. Nejsnazší je získat takové CD od distributorů a kupujících. CD k vypalování jsou balena po padesáti a na krajích balíku jako ochranné kotoučky jsou právě takové disky jen z plastu.

Udělejme jiný zajímavý pokus. Sledujme intenzitu odraženého laserového paprsku v závislosti na orientaci laseru a úhlu dopadu na plastový povrch CD. Lépe je tento pokus nejprve provést na krabičce od CD a pak na vlastním disku. Při odrazu světla od CD je maximum nultého řádu, které sledujeme, doprovázeno interferenčními maximy dalších řádů, které jen ruší. Ukážeme, že světlo laseru je částečně polarizované.

Změříme-li, pro jaký úhel dopadu dojde k minimu odraženého polarizovaného světla laseru, můžeme určit index lomu CD ze vztahu pro Brewsterův úhel  $n = \tan \alpha$ .

## Experimenty s mechanikou CD

### Co skrývá CD-ROM ?

Mechanika CD- ROM je pro fyzika doslova ostrovem pokladů. Ten necelé kilo vážící kousek v sobě obsahuje řadu zajímavých věcí. Co se skrývá uvnitř vřaku CD-ROM ? Protože jednotlivé mechaniky se mohou od sebe velice lišit, berte následující výčet součástí jako orientační.

- 1) Rozložitelná plechová skříňka.
- 2) Motorek s magnetickým držákem na CD v sympatickém rámečku. Ideální na roztáčení čehokoliv. Když máte štěstí, je to stejnosměrný motorek na 5V. Poznáte ho snadno, má pouze dva vývody na spodní straně. Jinak získáte třífázový synchronní motorek k jehož roztočení potřebujete složitou elektroniku. Ten má obvykle více vývodů od 8 výš. V tom případě ale získáte silný magnet z držáčku CD a tři Hallovy lineární čidla pokud motorek vykucháte.
- 3) Dva stejnosměrné motorky na 5V.
- 4) Jednu nebo dvě plastové čočky z optiky CD. Průměr 3-4 mm. Ohnisková vzdálenost se pohybuje od cca 3 mm do 15 mm podle toho, zda v zaostřovacím systému je jedna nebo více čoček.
- 5) Odrazná sklička nebo hranoly s tenkou povrchovou interferenční vrstvou.
- 6) Vynikající neodýmové prťavé magnetky ze zaostřovacího systému optiky CD. Milimetrové rozměry, hmotnost od 0,2 g do 1 g .

### Spřažené mechaniky CD

Z mechaniky vybereme mechaniku s lůžkem na CD. Spojíme dvě mechaniky dvouvodičovým vedením. Jestliže pohybujeme lůžkem, roztáčíme motorek uvnitř, ten vyrábí proud. Proud pohání motorek ve druhé mechanice a ta se pohybuje. Příklad přeměny práce a energie.

Stejným způsobem můžeme propojit části mechaniky, která ovládá čtecí hlavičku, nebo kombinovat oba typy mechanik.

### Registrace malých proudů

Motorek mechaniky CD se točí již při napětí okolo 0,6 V a proudu 20 mA ! Hodí se proto k demonstraci existence napětí na fotočláncích, galvanických člancích nebo při elmag. indukci.

### Skládání barev na rotujícím disku

Rámeček s motorkem na jehož hřídeli je magnetický držák na CD připevníme na prkénko. Z papíru vystříhneme kotouče o stejných rozměrech jako CD a vytvoříme na nich barevné plochy. Papírový kotouč přicvakneme magnetickým držákem k motorku spolu s CD. Připojíme na napětí 3-9 V. Krátkodobé přetížení motorek vydrží.

### Motor – generátor z motorků CD

Na prkénko připevníme dva motorky se spojenou hřídelí. Jeden slouží jako motor, druhý jako generátor. Ke generátoru připojíme žárovku s co nejmenším proudovým odběrem.

### Stroboskop z CD

Z Cd vyřízneme symetricky dva segmenty. Upevníme do přípravku na skládání barev a můžeme přímo přes rotující CD pozorovat periodický děj. Nebo můžeme nechat přes CD procházet světlo z projektoru a jím nějaký děj osvětlovat.



**Větrák z CD**

CD nakrojíme v délce 4 cm od kraje ke středu na 16 místech. V proudu teplého vzduchu vymodelujeme tvar jednotlivých lopatek a v proudu studeného vzduchu necháme ztuhnout. Teplý vzduch vyrobíme buď horkovzdušnou pistolí nebo kahanem, studený větráčkem.

**Keplerův dalekohled**

Čočku ze zaostřovacího systému laseru vlepíme do otvoru ve středu krabičky od filmu. Do korkové zátky od šampaňského vyvrtáme otvor a vložíme objektiv z vyřazeného fotoaparátu. Zátku zasuneme do krabičky a posouváním zaostřujeme. Obraz je převrácený.

**Pád magnetu**

Velmi efektní je nechat padat neodymové magnetky z čtecí hlavičky CD-ROM měděnou trubkou. Potřebujeme několik takových magnetků. Jejich spojením vznikne kvádříček milimetrových rozměrů. U topenářů si obstaráme měděnou trubku o vnitřním průměru jen asi o 1 mm větším než je úhlopříčka podstav kváдру z magnetků. Pak si připravíme podobný z feritového permanentního magnetu.

Svislou trubkou necháme propadnout kovový hranolek. Pád je velmi rychlý. Pak necháme propadnout feritek. Pád je pomalejší. Nakonec necháme padat neodým. Pád 70 cm dlouhou trubkou je delší než 15 s!

Pár www adres na závěr, kde najdete něco o CD a něco navíc.

[www.stud.fee.vutbr.cz/~xnedve01](http://www.stud.fee.vutbr.cz/~xnedve01)

[www.ped.muni.cz/wphy/NEDVED/cd1.htm](http://www.ped.muni.cz/wphy/NEDVED/cd1.htm)

[www.cdr.cz](http://www.cdr.cz)

[www.cdr.cz/cojeco/vyroba\\_cdr.html](http://www.cdr.cz/cojeco/vyroba_cdr.html)

[www.cdr.cz/cojeco/CDR.htm](http://www.cdr.cz/cojeco/CDR.htm)

[www.cdr.cz/cojeco/rychlost\\_otaceni.html](http://www.cdr.cz/cojeco/rychlost_otaceni.html)

[www.cdr.cz/cojeco/overburning.html](http://www.cdr.cz/cojeco/overburning.html)

[www.cdr.cz/cojeco/CDRW.htm](http://www.cdr.cz/cojeco/CDRW.htm)

[www.cdr.cz/cojeco/barviva.html](http://www.cdr.cz/cojeco/barviva.html)

[www.diskus.cz/cz/tipy/tipy.htm](http://www.diskus.cz/cz/tipy/tipy.htm)

[www.diskus.cz/cz/tipy/porovnani.htm](http://www.diskus.cz/cz/tipy/porovnani.htm)

[www.stereovideo.cz/9912/top.html](http://www.stereovideo.cz/9912/top.html)

[lide.pruvodce.cz/cherry/Cdrom.htm](http://lide.pruvodce.cz/cherry/Cdrom.htm)

[www.pvtnet.cz/www/gramofonove/Cz/TC/TP\\_-\\_CD\\_Potisk.htm](http://www.pvtnet.cz/www/gramofonove/Cz/TC/TP_-_CD_Potisk.htm)

[www.pvtnet.cz/www/gramofonove/Cz/TC/TP\\_-\\_GD.htm](http://www.pvtnet.cz/www/gramofonove/Cz/TC/TP_-_GD.htm)

<http://fyzika.gymnachod.cz>

## Vědecká hračka - vědečtí hračičkové

Mgr. Václav Piskač

Gymnázium tř.Kpt.Jaroše, Brno

e-mail: piskac@jaroska.cz

<http://www.jaroska.cz/zamest/piskac>

**G.K.Chesterton: Loutkové divadlo** (esej ze sbírky Ohromné maličkosti) „Dospělí lidé si nehrají s hračkami z jednoho důvodu; a je to pádný důvod. Je to proto, že takové hraní zabere mnohem víc času a dá mnohem víc práce než cokoli jiného. Hrát si, jak si hrají děti, je ta nejvážnější věc na světě; a jakmile se dostaví drobné povinnosti a starosti, musíme se do určité míry vzdát tak ohromného a náročného životního plánu.“

Definici pojmů „hra“ a „hračka“ lze najít v psychologických a sociologických slovnících. Termín „vědecká hračka“ je překladem anglického termínu „scientific toy“, zkráceně scitoy. Tímto pojmem jsou označovány hračky, které lze využít ve vědeckotechnické výchově.

(Když jsem se probíral svou sbírkou objektů, s jejichž pomocí učím fyziku, zjistil jsem, že přibližně polovinu z nich mohu označit jako vědeckou hračku případně by z nich vědecká hračka mohla vzniknout pouze drobnou obměnou.

Využití hračky ve výuce fyziky na Veletrzích zaznělo už mnoho příspěvků. Ve svém příspěvku bych se rád věnoval vědeckým hračkám jako takovým.

Na západ i na východ od našich hranic lze nalézt kamenné i internetové obchody nabízející široký sortiment vědeckých hraček (viz odkazy na konci článku). Z Francie jsem přivezl objekt, který právem patří mezi vědecké hračky. Jedná se o ornitoptéru - stroj těžší než vzduch, který se dokáže udržet ve vzduchu díky mávání křídel.



Tato hračka patří mezi výrobně náročné (podobně jako autíčko poháněné palivovým článkem a jiné). Na druhou stranu mohou být vědecké hračky i velmi snadné na výrobu, návody lze najít na Internetu (viz odkazy na konci), v knihách věnovaných lidovým hračkám nebo ve sbírkách rozbitých hraček po rodičích a prarodičích (možná si pamatujete na vystřelovacího parašutistu, kterému se při návratu otevře padák).

Pro další ukázkou jsem zvolil tyč s vrtulkou, která patří mezi staré lidové (nebo zlidovělé) hračky.



Do tyčky jsou v pravidelných odstupech vyřezány vruby, na konci je hřebíkem přiklepnuta dřevěná vrtulka. Když jezdíte druhou tyčkou po vrubech, vrtulka se roztočí. Můj tříletý syn měl velkou radost z toho, že se vrtulka točí, sedmiletá dcera se divila, PROČ se ta vrtulka točí. Hračka splnila svůj úkol v obou věkových kategoriích.

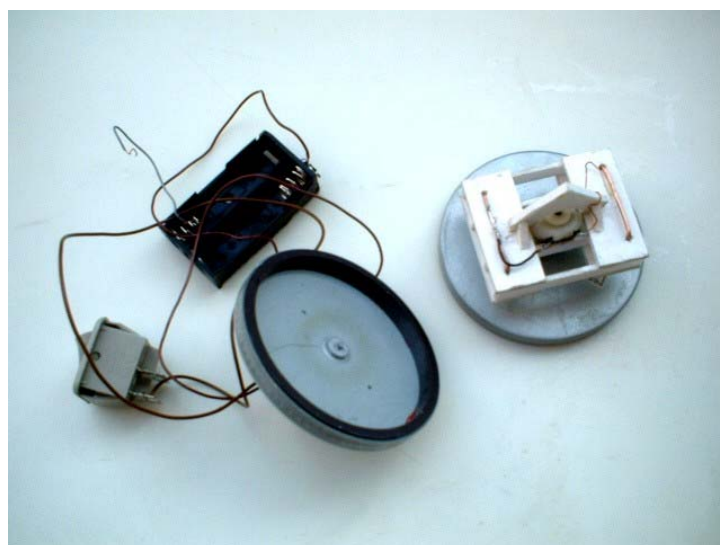
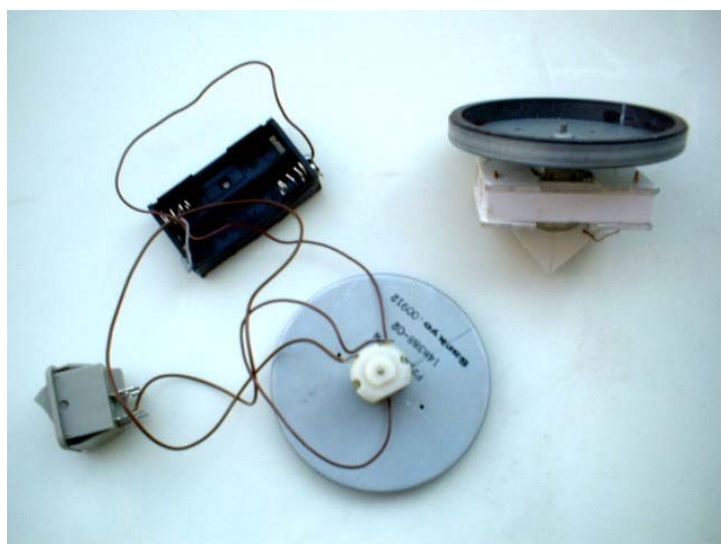
Na Veletrhu jsem se rozhodl o vědecké hračce mluvit proto, že pro její existenci jsou nutní vědečtí hračkoví. Doufám, že nikoho z vás tento titul neuráží, osobně ho považuji za pochvalu. Myslím si, že je zapotřebí oprašovat staré nápady, vymýšlet nové hračky, ke stávajícím vytvářet kvalitní metodiku pro využití ve výuce, pro domácí „hraní si“, ... Třeba někoho z vás toto téma osloví tak, jak oslovilo před časem mě.

Ve světě se hračkově shromažďují kolem vědeckotechnických center a muzeí (dostupné je například Technické muzeum ve Vídni). Na Slovensku se problematice vědecké hračky věnuje nadace Schola ludus a občanské sdružení Vědecká hračka.

V Brně a okolí začínají podle těchto a dalších vzorů krystalizovat zárodky občanského sdružení, které by se rádo problematice

vědecké hračky a vědeckotechnické výchovy věnovalo (ať už ve formě organizace soutěží, výstav, seminářů, akcí pro mládež nebo vydávání publikací). Máte-li zájem o spolupráci nebo o informace, obraťte se, prosím, na mne.

Na závěr jsem připravil vědeckou hračku z odpadu, k jejímuž sestavení mě inspirovaly práce dětí z Dětského střediska POKROV z ruského města Jubilejnyj. Rotor z pětačtvrtpalcové mechaniky z počítače (vsunovaly se do nich velké měkké diskety) je nalepen na osu malého 1,5V elektromotorku z rozbité hračky. V prvním případě je motor napájen



z vnějšího monočlánu pomocí dvojice dlouhých drátů, ve druhém případě je dvojice malých monočlánků uchycena přímo na tělo motorku (jsou zapojeny paralelně - dva monočlánky jsou použity kvůli vyvážení soustavy). V obou případech se soustava po roztočení disku chová jako kvalitní gyroskop - plně a spolehlivě nahradí klasický mechanický setrvačnický.

**Literatura:**

G.K.Chesterton: Ohromné maličkosti, Vyšehrad, Praha 1976

<http://www.scitoys.com>

<http://www.teachersource.com>

<http://www.scholaludus.szm.sk>

## Panská fyzika 4

Jaroslav Reichl,  
SPŠST Panská 3, Praha 1

Pro oživení a zpestření výuky fyziky na střední škole dávám opět k dispozici několik námětů na pokusy. Některé jsou vymyšlené čerstvě a vznikly jako výsledek několikahodinového snažení o demonstraci daného jevu, jiné jsou převzaté a přepracované tak, aby je bylo možné snadno použít ve výuce a hlavně je snadno vyrobit.

### Neposlušná krychlička

Na tuto pomůcku mě nechtěně přivedl Martin Pastrňák, poměrně nadaný fyzik ze třídy 00M naší průmyslové školy, který se jednou nudil na cvičeních z fyziky a tak si hrál se zajímavou hračkou. Bylo jen otázkou pár minut tuto hračku vyrobit a zkusit na dalších studentech ...

Pomůcky:

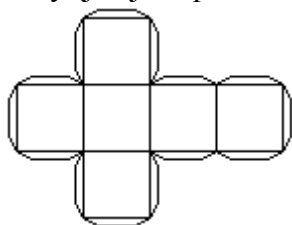
čtvrťka papíru, korunová (resp. dvoukorunová) mince, tužka, pravítko, nůžky, lepidlo

Postup:

Na čtvrťku nakreslíme síť krychle tak, abychom mohli tutu krychli potom slepit, tj. nezapomeneme na „chlopně“ pro lepení (viz obr. 6). Délka hrany krychle je 3 cm. Nakreslenou krychli vystříhneme a na jednu stěnu budoucí krychle přilepíme lepidlem korunovou (případně dvoukorunovou) minci. Síť pak slepíme do krychle tak, aby mince zůstala uvnitř krychle.

Provedení:

Hotová krychle je ideální pomůcka pro výklad resp. zkoušení těžiště těles. Je možné pak kostku postavit tak, že nezasvěcenému pozorovateli se bude zdát, že porušuje všechny fyzikální zákony (jak je např. ukázáno na obr. 7).



obr. 6



obr. 7

### Krabička od filmu jako nádoba

Patřím mezi vášnivé fotografy - fotím rád a fotím co se dá: studenty ve škole při fyzice, květiny do alba mé sestry, (nejen) fyzikální zajímavosti z prázdnin, akce, které podnikáme mimo školu se studenty, ... A proto se mi logicky doma hromadí prázdné krabičky od filmu. Přemýšlel jsem, jestli by se nedaly použít i ve výuce. A postupně se začaly rodit následující nápady a pomůcky.

Poznámka: Nejste-li fotografové - šílenci a máte o krabičky zájem, stačí zajít do nejbližší sběrný filmů k vyvolání a domluvit se s nimi. Mají tam krabiček dost a vyhazují je!

Postup a provedení:

Nejjednodušším použitím prázdné krabičky od filmu je její použití jako nádoba (na sůl, na roztok na bublinu, na špendlíky, ...). Je možné do ní dávat naprosto klidně i tekutý obsah - po uzavření totiž dobře těsní.

### **Poslušný šátek**

Následující pokus by měl sloužit spíše pro pobavení případně jako problémové úloha. Její výroba je velmi jednoduchá a pomůcku lze vyrobit jak ze šátku, tak z krabičky od filmu.

Pomůcky:

kus neprůhledného hadru (šátek, kapesník, ...) případně krabička od filmu, pružinka z propisky, 0,5 m až 1 m pevné nitě, jehla

Postup:

Pružinkou z propisky provlékneme pevnou nit tak, aby procházela jedním jejím závitem (viz obr. 8). Jeden konec nitě provlékneme ouškem jehly a pomocí jehly protáhneme jednou šátkem. Jehlu vyvlékneme a pomůcka je připravena k použití.



obr. 8

V případě výroby z krabičky od filmu je postup totožný. Do víčka a do dna krabičky uděláme malý otvor, kterým by použitá nit volně procházela. Po provlečení nitě pružinkou zavřeme pružinku v krabičce a nit vytáhneme víčkem a dnem z krabičky ven.

Provedení:

Uchopíme šátek (krabičku) do rukou tak, aby pružinka byla těsně u šátku (u víčka krabičky) a postupně přehmátneme a uchopíme do rukou oba konce nitě tak, aby nit byla ve svislé poloze a aby stále byla napnutá. Hovor vedeme na téma, že máme poslušný šátek (krabičku), který je schopen poslouchat naše povely, ... Pokud budeme chtít, aby šátek (krabička) sklouzla po niti směrem dolů, stačí nit trochu povolit (dát nepatrně ruce k sobě). V ten okamžik šátek (krabička) sjede po niti dolů.

Vysvětlení:

Šátek (krabička) je udržována na niti v nestabilní poloze velkou třecí silou, kterou působí provázek na drátek pružinky při napnuté niti. Jakmile napětí v niti zmenšíme, zmenší se třecí síla a vlivem tíhové síly šátku (krabičky) může provázek kolem drátku pružinky prokluzovat.

### **Odstředivá síla versus síla tíhová**

Pomůcky:

2 krabičky od filmu, kousek slámky (brčka) na pití (případně konec propisky), nit, jehla, hrubá mouka (nebo jiná zátěž)

Postup:

Do jehly navlékneme pevnější nit a uděláme uzlík, který je větší než průměr jehly (případně zajistíme korálkem). Jehlou propíchneme ve středu zevnitř víčko krabičky od filmu a protáhneme nit. Dále jehlu protáhneme slámkou (brčkem) na pití a propíchneme víčko druhé krabičky od filmu, ale tentokrát zvenčí. Necháme zhruba 75 cm nitě a zbylou nit odstříháme. Proti vyvlečení nitě z víčka ji zajistíme uzlíkem (korálkem, ...).

Do jedné z krabiček nasypeme asi do poloviny hrubou mouku (nebo jinou odpovídající zátěž) a obě krabičky uzavřeme víčky.

Provedení:

Pomůcku uchopíme do rukou tak, že v jedné ruce držíme ve svislé poloze brčko a druhou rukou jistíme zatíženou krabičku od filmu (aby nedošlo druhou krabičkou k poškození brčka). Nyní se pokusíme druhou, lehčí, krabičkou zvednout krabičku těžší. Celou sestavu držíme za brčko, zpočátku lehce přidržujeme těžší krabičku a pomocí ruky, kterou držíme brčko, uvedeme lehčí krabičku do rotačního pohybu ve vodorovné rovině. Pustíme těžší krabičku a pozorujeme, jak je tato těžší krabička vytahována směrem vzhůru.

Vysvětlení:

Na těžší krabičku působí přes nit odstředivá síla rotující lehké krabičky. Tato síla je natolik velká, že stačí k překonání tíhové síly těžší krabičky.

Poznámka: Úlohu je možno formulovat i jako problémovou. Se studenty je možné též diskutovat na téma třecích sil, které vznikají mezi brčkem a nití, na parametrech odstředivé síly (jak tuto sílu zvětšit či zmenšit a těžší krabičku tak vytáhnout rychleji či pomaleji), ...

### ***Krabička od filmu a zákon zachování (mechanické) energie***

Pomůcky:

krabička od filmu, stativ (může držet student), vhodná zátěž (mouka, ...), jehla, nit

Příprava:

Jehlou protáhneme nit víčkem krabičky od filmu a zajistíme ji proti vytažení z vnitřní strany víčka uzlíkem. Do krabičky dáme zátěž (mouka, ...) a krabičku uzavřeme. Pomocí nitě upevníme na stojan (případně necháme podržet studentům) a můžeme demonstrovat zákon zachování energie.

Provedení:

Zavěšenou krabičku od filmu vychýlíme z rovnovážné polohy do určité výšky, kterou si označíme (krabičku vychýlíme ke sloupci knih, ...), a pustíme. Sledujeme, že se krabička vrátí do původní polohy.

Zopakujeme-li totéž ve vodě (v akváriu) zjistíme, že se krabička do původní polohy už nevrátí. Nyní se otevírá diskuse pro rozdíl mezi zákonem zachování mechanické energie a zákonem zachování celkové energie.

### ***Krabičky od filmu a Archimedův zákon I.***

Dalším z možných použití prázdné krabičky od filmu je k demonstraci Archimedova zákona a jeho důsledků.

Pomůcky:

3 prázdné krabičky od filmu, závaží (šroub, matka, trochu písku, kamínek, ...), voda, akvárium (či jiná průhledná nádoba, do které se krabičky bez problému vejdou), injekční stříkačka

Postup:

Krabičky od filmu (všechny pochopitelně stejného objemu) budou představovat tělesa, která budeme postupně ponořovat do vody tak, aby jedno kleslo ke dnu nádoby, druhé se vznášelo v libovolném místě kapaliny a třetí plavalo na hladině.

Krabičku, která má klesnout na dno nádoby, naplníme závažím (tak, aby tíhová síla převážila nad silou vztlakovou), uzavřeme a můžeme experimentovat. Krabička, která má zůstat plavat na hladině můžeme nechat buď prázdnou, nebo ji naplnit malinko vodou (to proto, aby byly všechny tři krabičky na stojato). Nejvíce práce je třeba věnovat krabičce, která se má vznášet v libovolné pozici v nádobě. K tomu účelu je třeba pevných nervů a experimentování předem. Nahrubo se to dá zvládnout bez pomůcek, chcete-li ale opravdu dosáhnout daného efektu, pomůže poslední kapičky doladit injekční stříkačka. Chvilku to trvá, ale dá se to zvládnout.

Provedení:

Při výkladu Archimedova zákona a jeho důsledků pro plování těles je potom dobré pomocí právě popsaných krabiček demonstrovat jednotlivé typy případů vzájemné velikosti tíhové a vztlakové síly působící na dané těleso. Doporučuji pak nalít do akvária vodu stejné teploty, jako je voda v „nejcitlivější“ krabičce - mohlo by se stát, že při pečlivém doladění množství vody v krabičce pak pomůcka ve vodě jiné teploty nebude fungovat.

### ***Krabičky od filmu a Archimedův zákon II.***

Další verze demonstrace Archimedova zákona s pomocí krabičky od filmu vyžaduje malou přípravu.

Pomůcky:

krabička od filmu, jehla, vlasec nebo nit, předmět, jehož hustota je větší než hustota vody, akvárium (resp. seříznutá velká PET láhev), lepidlo, (pastelky, fixy, ...)

Příprava:

Do jehly navlékneme vlasec případně nit a provlékneme dnem krabičky od filmu. Uzlík (případně korálek) zajišťující vlasec (resp. nit) před vyklouznutím z krabičky uděláme uvnitř krabičky. Na druhý konec vlasce přivážeme předmět s průměrnou hustotou větší než hustota voda. Délku vlasce (resp. niti) volíme tak, aby po ponoření soustavy do vody zavěšený předmět nedosáhl dna akvária (resp. PET láhve). Vlasce (resp. nit) je možné zajistit lepidlem, aby se do krabičky od filmu nedostávala voda.

Provedení:

Do akvária (resp. PET láhve) nalijeme vodu a právě vyrobenou soustavu do ní ponoříme. Je možné si předem tipnout (případně vypočítat), jakou maximální hmotnost může mít předmět, aby celá soustava plavala při hladině (tj. u hladiny nebo částečně vynořena nad hladinu bude krabička od filmu). Překročí-li hmotnost předmětu tuto „kritickou hmotnost“, klesne předmět na dno a krabička od filmu se nad ním bude vznášet.

Krabičku od filmu je možné obarvit fixem, případně polepit papírem a obarvit a nalakovat, ... pro zvýšení přitažlivosti experimentu malými dětmi.

### ***Krabička od filmu a padák***

Následující pomůcka slouží k demonstraci existence odporových sil ve vzduchu.

Pomůcky:

krabička od filmu, igelitová taška, nit, jehla, zátěž padáku

Postup:

Jehlu s navlečenou nití protáhneme krabičkou od filmu v její horní části (těsně pod víčkem) ve směru průměru podstavy krabičky. Igelitovou tašku připevníme na obou koncích k niti a posunem krabičky po niti zajistíme její symetrickou polohu.

Provedení:

Pomůcku uchopíme za igelitovou tašku a z vyvýšeného místa v učebně (katedra, stůl, ...) spustíme k zemi. V případě, že krabička padá příliš pomalu, vezmeme jinou igelitovou tašku nebo do krabičky přidáme zátěž. Pro lepší názornost je vhodné v tentýž okamžik druhou rukou pustit krabičku od filmu bez padáku, ale o stejné hmotnosti jako je hmotnost krabičky, která padák má.

### ***Krabička od filmu a kmitavý pohyb***

Tento pokus je vhodný pro samostatnou práci dvojice žáků, nikoliv pro předvádění učitelem. Při předvádění samotným učitelem by studenti patrně neviděli detaily pokusu.

Pomůcky:

krabička od filmu, 2 listy papíru, tužka, kružítko, úhloměr, lepidlo, hrubá mouka, špejle, jehla a nit

Postup:

Do středu dna krabičky od filmu uděláme otvor o průměru asi 2 - 3 mm. Z listu papíru vytvoříme kruhovou výseč o poloměru původního kruhu 5,6 cm a o středovém úhlu 110 stupňů. Z této výseče vytvoříme kužel, který vložíme do připravené krabičky od filmu tak, aby vrchol kuželu „seděl“ v připraveném otvoru ve dnu krabičky od filmu. Na okrajích krabičky zajistíme kužel proti pohybu lepidlem. Do jehly nyní navlékneme nit a krabičku od filmu v její horní části ve směru jejího průměru propíchneme. Necháme nit o délce asi 30 cm, jejíž krajní konce připevníme ke špejli. Délku nitě, které tvoří bifilární závěs krabičky volíme tak, aby se krabička kývala skutečně jen v jednom směru (ve směru kolmém na špejli).



V případě, že kužel prošel otvorem ve dnu krabičky a není volný, aby jím mohla propadávat mouka, sestříhneme jej tak, abychom vyrobili vhodný otvor pro padající mouku.

Provedení:

Do kužele z papíru nyní nasypeme hrubou mouku a rozkýveme nad volným (nejlépe černým) listem papíru, který posouváme po stole rovnoměrným přímočarým pohybem ve směru špejle (tj. kolmo na rovinu kyvů vyrobeného kyvadla). Na papíru se objeví moukou vysypaná sinusoida.

Vhodnou změnou amplitudy výchylky kyvadla případně velikosti rychlosti posunu černého papíru po stole je možné měnit tvar vykreslované sinusovky.

### **Krabička od filmu a kyvadlo**

Pomocí pomůcky popsané v odstavci „*Krabička od filmu a zákon zachování (mechanické) energie*“ je možné demonstrovat základní vlastnosti (matematického) kyvadla: závislost doby kmitu na délce závěsu, nezávislost doby kmitu na hmotnosti, ...

### **Krabička od filmu jako hudební nástroj I.**

Při výkladu chvění těles a nutnosti rezonátoru jako nezbytné součásti hudebních nástrojů, poslouží i následující pokus.

Pomůcky:

krabička od filmu, jehla, rybářský vlasce

Postup:

Do jehly navlékneme vlasce a provlékneme středem dna krabičky od filmu. Vyvlékneme jehlu a zevnitř krabičky zajistíme uzlíkem vlasce proti vytažení. Délku vlasce volíme asi jeden metr.

Provedení:

Uchopíme pomůcku do ruky tak, že držíme v obou rukou vlasce tak, aby byl napjatý a krabička od filmu volně visela na jedné straně dolů. Prstem jedné ruky (je dobré, aby to byla ruka, která později nebude držet krabičku kvůli vydání stejného zvuku) brkneme do vlasce. Ozve se sotva slyšitelný zvuk.

Nyní uchopíme pomůcku tak, že jedna ruka drží lehce, ale přitom pevně krabičku od filmu. Znovu brkneme na vlasce. Tentokrát se ozve podstatně hlasitější zvuk.

Vysvětlení:

Chvění vlasce se přeneslo i na krabičku, která funguje jako rezonátor, který chvění vlasce zesílí. Se studenty je možné diskutovat o vnějších parametrech, které ovlivní výšku a barvu výsledného zvuku.

### **Krabička od filmu jako hudební nástroj II.**

Tento pokus je obměnou známé „slepice na provázku“.

Pomůcky:

krabička od filmu, tužka, papír, lepidlo, jehla, nit

Postup:

Krabičku od filmu postavíme na kancelářský papír a obkreslíme její podstavu. Poté obrys vystřihneme tak, aby vystřižené kolečko mělo asi o půl centimetru větší poloměr než je poloměr podstavy krabičky od filmu. Z tohoto papíru navíc vystříhneme „zuby pily“, které poté přehneme o devadesát stupňů. Středem takto připraveného kolečka provlékneme pomocí jehly nit a na straně kolečka, která bude uvnitř krabičky, zajistíme uzlíkem proti vytažení. Nyní namažeme „zuby pily“ lepidlem a přilepíme kolečko ke krabičce od filmu (takže ji vlastně uzavřeme i z druhé strany).

Provedení:

Opatrně prudkými pohyby taháme za nit jdoucí z membrány z papíru. Přitom se ozývá „kdákavý“ zvuk.

Vysvětlení:

Vysvětlení pokusu je stejné jako u pokusu „Krabíčka od filmu a kyvadlo“. Se studenty je možné diskutovat o okolnostech, které ovlivní výsledný zvuk (otvory v krabíčce, materiál provázku, mastné ruce, ...).

### ***Krabíčka od filmu jako stojánek na žárovku (LEDku, vypínač, ...)***

Ačkoliv učím na průmyslové škole, jejíž hlavním předmětem je elektřina, elektronika, ..., vybavení kabinetu fyziky pomůckami na výuku elektřiny a magnetismu je velmi chabé. Proto mi nezbývá, než si pomůcky postupně vyrábět sám. Tato pomůcka je velmi jednoduchá.

Pomůcky:

krabíčka od filmu, žárovka (na 4,5 V), patka na žárovku, zdířky na banánky, kousek vodiče, pájka

Postup:

Do krabíčky od filmu jsem udělal dva otvory, do kterých pasovaly zdířky pro následné zasunutí banánků. K vodivému vývodu každé zdířky jsem připájel asi 10 cm dlouhý kousek vodiče, vodič protáhl připraveným otvorem v krabíčce od filmu a pak jsem zdířky (spolu s nimi dodanými) matkami přišrouboval ke krabíčce od filmu. Poté jsem druhý konec vodiče pomocí pájky vodivě spojil s patkou na žárovku (případně jej předtím trochu zkrátil), kterou jsem předtím vsadil do víčka krabíčky od filmu. Tím jsem získal stojánek na žárovku, s nímž mohou studenti manipulovat.

Provedení:

Pomůcku používám nejen při výuce elektrických obvodů, kdy si studenti sami sestavují pod mým dozorem různé elektrické obvody, při mém dalším výkladu látky, ..., ale např. i v optice (viz odstavec „*Difrakce světla*“).

### ***Krabíčka od filmu jako cívka***

Při výkladu magnetického pole (magnetická indukce, elektromagnetická indukce, magnetické vlastnosti látek, ...) jsem narazil na problém, že nemám vhodnou cívku, na které bych mohl ukázat základní princip elektromagnetu. Proto jsem si ji vyrobil.

Pomůcky:

krabíčka od filmu, měděný smaltovaný drát, lepidlo, kovový váleček (ze soupravy pro valivé tření), akumulátor, kancelářské svorky, spojovací vodiče

Postup:

Do dna a víčka krabíčky od filmu jsem udělal větší díru, kterou bez problémů projde kovový váleček (např. ze soupravy pro studium smykového a valivého tření). Díru je možné buď propálit nažhaveným hřebíkem nebo udělat průbojníkem. Do pláště krabíčky pak jsem v horní a dolní části udělal menší dírkou, kterou právě prošel smaltovaný měděný drát. Jednou z těchto dírek jsem protáhl drátek a začal namotávat na krabíčku od filmu, kterou jsem předtím potřel lepidlem, závity budoucí cívky. Nanesení lepidla jsem provedl proti případnému sklouznutí drátku z krabíčky. Na druhém konci krabíčky jsem opět drátek protáhl připravenou dírkou a zajistil lepidlem. A cívečka je hotova.

Provedení:

Nyní stačí vyrobenou cívečku připojit k akumulátoru, navléci do ní váleček (tj. jádro) a elektromagnet je hotov. Jako zátěž elektromagnetu jsem používal kancelářské svorky. V prvním prototypu cívky jsem udělal jen asi 50 závitů a tedy velikost magnetické indukce magnetického pole cívky byla poměrně malá, nicméně při krátkodobém zkratování zdroje (tj. zapojení cívky přímo ke zdroji bez ochranného odporu) bylo vidět „přidržení“ kancelářské svorky u jádra cívky.

### Levitující krabička od filmu

Tato pomůcka může sloužit k oživení výuky, může být podána jako „záhadná krabička“, ... zkrátka jedná se o fyzikální hříčku.

Pomůcky:

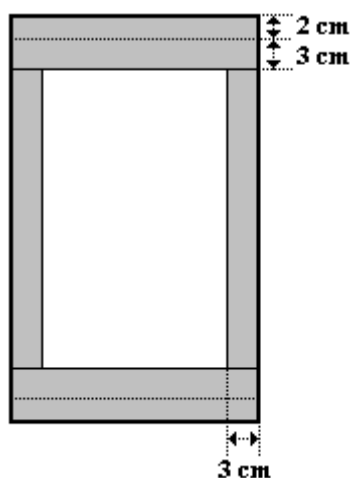
2 větší pecičkové magnety, 2 menší magnety, 2 krabičky od filmu, velká krabice od rýže, vlasce, jehla, lepidlo (izolepa), nůžky, igelitový sáček, písek

Postup:

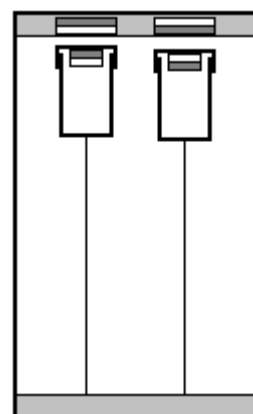
Z krabice od rýže ve varných sáčcích (větší krabice - balení po 8 sáčcích) vystříháme část přední a zadní stěny tak, jak ukazuje obr. 9 (podél slabých plných čar vystříhnout, podél přerušovaných čar přehnout). Rozměry z obrázku jsou pouze orientační a příliš na nich nezávisí (pouze u horních a dolních chlopní musí být součet šířek chlopní větší než je šířka krabice od rýže, aby bylo možné vytvořit a uzavřít „žlábek“).

Chlopně získané na výšku krabičky přilepíme k bočním stěnám krabičky, aby se zvětšil výřez ve stěně krabičky. Z dolních a horních chlopní vytvoříme „žlábek“, přičemž do dolního „žlábků“ vlepíme zátěž (např. igelitový sáček naplněný vhodným množstvím písku, ...) kvůli stabilitě pomůcky. Před zalepením žlábků provlékneme pomocí jehly jednou (vrchní) chlopní vlasce a ze spodní strany chlopně zajistíme uzlíkem proti vytažení.

Do horní chlopně vlepíme naležato dva magnety s libovolně umístěnými póly. Malé magnety (vhodné jsou části magnetů z disku PC, které jsou poměrně silné a přitom mají malou hmotnost) vlepíme do víček krabiček od filmu tak, aby po uzavření krabičky a přiblížení krabičky (víčkem nahoru) k magnetům vlepěným do krabice od rýže byla krabička od filmu přitahována k tomuto magnetu.



obr. 9



obr. 10

Dnem krabiček od filmu provlékneme druhý konec vlasce tak, aby vlasce bylo možné zajistit proti vytažení z krabičky uzlíkem z vnitřní strany krabičky. Délku vlasce volíme tak, aby víčko krabičky po jejím uzavření bylo ve vzdálenosti zhruba 0,5 - 1 cm od „žlábků“ s magnety. (Vzdálenost je nutné volit s ohledem na sílu magnetu.)

Použité krabičky od filmu je možné předem obarvit, případně polepit papírem s namalovaným obrázkem.

Provedení:

Před vlastní ukázkou experimentu zakryjeme pomůcku šátkem tak, abychom my k ní mohli a publikum nevidělo nic, a hovoříme na téma svých skvělých mentálních schopností, ... Přiblížíme krabičky od filmů, které jsou drženy vlascem, k magnetům v horní části krabice od rýže a pustíme. Vlivem přitažlivých magnetických sil budou krabičky od filmu „levitovat“ v prostoru (viz obr. 10).

### **Difrakce světla I.**

Difrakce světla je jev, který se často vyskytuje v přírodě, v praxi, ... ale „vyrobit“ ho na požádání tak, aby byl dobře vidět je dost obtížné. Nicméně dá se!

Pomůcky:

žárovka umístěná na krabičce od filmu (viz odstavec „*Krabička od filmu jako stojánek na žárovku (LEDku, vypínač, ...)*“), zdroj napětí 4,5 V, spojovací vodiče, brýle

Provedení:

V zatemnělé učebně tvoří malá žárovka téměř ideální bodový zdroj světla, na kterém je možné difrakci pozorovat přes orosené brýle. Ve třídě se (bohužel) najde dost studentů, kteří brýle mají, takže stačí jen na brýle dýchnout a podívat se na žárovku. Ideální je dýchnout pouze na jedno sklo a pak pozorovat jen jedním okem. Druhé sklo může použít pak kamarád, který brýle nenosí. Místo brýlí je možné použít i vhodné sklo. Ne každé je ale vhodné - nutno vyzkoušet předem.

### **Difrakce světla II.**

Stejný jev je možné demonstrovat i jiným (pro někoho možná jednodušším) způsobem.

Pomůcky:

svíčka (případně žárovka umístěná na krabičce od filmu - viz odstavec „*Krabička od filmu jako stojánek na žárovku (LEDku, vypínač, ...)*“), sirka, slepičí pírka (či pírka jiného ptáka)

Provedení:

V zatemnělé učebně bude tvořit i zapálená svíčka téměř ideální bodový zdroj světla. Nyní stačí studentům rozdat (případně nechat kolovat) jemná ptačí pírka (slepičí, papouščí, ...) a přes ně se jedním okem podívat na hořící svíčku (druhé oko je zavřené). Tak lze pozorovat krásné difrakční obrazce.

### **Absorpce záření s krabičkou od filmu**

K tomuto experimentu jsem dospěl při přípravě výkladu přenosu vnitřní energie. Pokus je též vhodný k demonstraci objemové roztažnosti plynů a kapalin.

Pomůcky:

dvě krabičky od filmu, alobal, lepidlo, dvě brčka, lampa se žárovkou

Postup:

Do víček obou krabiček uděláme díru (buď průbojníkem nebo nažhaveným hřebíkem) tak, aby jí těsně prošlo brčko. Brčko zasuneme tak, aby po nasazení víčka na krabičku, bylo asi 1 - 2 cm ode dna krabičky. Na druhé straně necháme brčko přechýlet z víčka asi 10 cm.

Jednu z krabiček potřeme lepidlem a namotáme na ní předem připravený aršík alobalu, druhou necháme v původním stavu.

Provedení:

Do obou krabiček nalijeme stejné množství vody a krabičky zavřeme. Při zavírání krabiček dbáme na to, aby voda v brčkách u obou krabiček vystoupila do stejné výšky. (Tato část experimentu není až tak jednoduchá, protože při zavírání krabičky stlačený vzduch vytlačí vodu v brčku do určité výšky, která na poprvé nemusí být totožná s výškou vody ve druhém brčku. Po několika pokusech se ale podaří hladiny vyrovnat. V případě, že to nepůjde, je možné doladit výšku vody v obou brčkách pomocí injekční stříkačky.)

Nyní umístíme obě krabičky blízko u sebe, ale tak, aby se nedotýkaly. Zapneme lampu s žárovkou (případně s infražárovkou) a budeme sledovat výšky hladin vody v obou brčkách.

Při použití infražárovky je třeba dávat pozor: mohlo by dojít k propálení krabičky bez alobalu!!!

Vysvětlení:

Výše vystoupí voda u krabičky, která není polepena alobalem. Lesklý povrch alobalu totiž většinu záření odráží a tím pádem se voda ohřívá méně intenzivně. S rostoucí teplotou vody a vzduchu v uzavřené krabičce se zvětšuje objem vzduchu a vody a tím pádem voda v brčku vystoupí výše.

### ***Teplotní roztažnost kapalin s krabičkou od filmu***

Pomůcky:

několik krabiček od filmu, brčka, různé kapaliny (voda, olej, líh, ...), zdroj tepla (teplá voda, infralampa, ...)

Postup:

Na základě popisu uvedeného v odstavci „*Absorpce záření s krabičkou od filmu*“ vyrobíme několik pomůcek, které jsou tvořeny krabičkou od filmu, do jejíhož víčka je zasazeno brčko, které krabičku přechází asi o 10 cm.

Provedení:

Do každé krabičky umístíme jinou kapalinu (voda, olej, líh, ...), zavřeme a zajistíme, aby hladiny kapalin byly ve stejné výšce. Nyní krabičky vystavíme zdroji tepla (tj. umístíme do průhledného akvária, v němž je na dně teplá voda nebo vystavíme působení infralampy) a pozorujeme růst hladin kapalin v brčku jednotlivých krabiček.

### ***Fotoefekt aneb fotobuňka s krabičkou od filmu***

Krabičky od filmu v tomto pokusu slouží pouze jako stojánek na příslušný elektrotechnický prvek.

Pomůcky:

2 krabičky od filmu, červená LED, fototranzistor, rezistor o odporu 200 ohmů, spojovací vodiče, pouzdro na 9tíkovou baterii, 9tíková baterie

Postup:

Do jedné krabičky od filmu uděláme v dolní části dva malé otvory, kterými přivedeme dovnitř dva dlouhé vodiče (cca 1 - 2 m). Do víčka zasadíme fototranzistor tak, aby po uzavření krabičky víčkem byl fototranzistor na vnější straně.

Do druhé krabičky uděláme v dolní části čtyři malé otvory: dvěma z nich přivedeme dlouhé vodiče od první krabičky a druhými dvěma vyvedeme ven pouzdro, do něhož je možné nasadit 9tíkovou baterii. Do víčka této krabičky zasadíme červenou LED (tak, aby po uzavření krabičky byla LED venku) a k ní připojíme ochranný odpor.

Pomocí pájky nyní obvod spojíme tak, že LED, ochranný odpor, fototranzistor a pouzdro na baterii spojíme do série.

**POZOR!!!** Při zapojování obvodu je třeba dávat pozor na polaritu LED a fototranzistoru. Správnou polaritu lze zjistit v katalogu součástek nebo přímo u prodejce elektrotechnických prvků.

Provedení:

Do pouzdra na baterii vložíme 9tíkovou baterii a krabičkou s fototranzistorem pohybujeme v různě osvětlených částech místnosti, případně pomocí kapesní svítilny střídavě fototranzistor osvětlujeme a zatemňujeme. LED reaguje různou intenzitou světla.

Vysvětlení:

Tento pokus je vhodný k demonstraci vnitřního fotoefektu.

Pro úplnost ještě spojení na mne: [reichl@panska.cz](mailto:reichl@panska.cz).

Na webové stránce: <http://vyuka.panska.cz/reichl> mohou jak učitelé tak i studenti nalézt řadu materiálů do výuky fyziky a matematiky.

## Výuka fyziky pro „nefyziky“

*(Zamýšlení nad přístupem k výuce fyziky a motivaci většiny našich studentů)*

JAROSLAV ČÍŽEK

*Gymnázium Koryč. Paseky*

Když jsem před rokem navštívil výstavku knih při veletrhu učebních pomůcek, byl jsem doslova šokován odborníci, jež mi nabídla jako astronomickou odbornou literaturu astrologické horoskopy. Uvědomil jsem si při tom, kolik mých kolegů a vzdělaných lidí v mém okolí věří podobným věcem. Příčin je samozřejmě mnoho, většinu z nich ponechám filosofům, ale u jedné bych setrval, protože se na ní podílíme my učitelé. Vedení snahou (mimořádně zakotvenou v osnovách) naučit všechny studenty fyziku komplexně, naučíme paradoxně většinu studentů o fyzice žalostně málo. Tito studenti, později vysokoškolsky vzdělaní lidé, pak snadno podlehnou jiným vysvětlením, protože vysvětlení, které jim poskytla škola, se u nich prakticky zakládalo taky jen na víře. Příčinou je velké množství učiva „nacpaného“ do stále se snižujícího počtu hodin.

Navrhuji proto diferencovat výuku fyziky na:

a) **výuku pro odborníky**, kteří fyziku užívají ve své profesi. Tedy výuku pro ty studenty, jejichž orientací jsou přírodní a technické vědy, ale mohou sem patřit i budoucí lékaři a lidé se zvýšenou zvědavostí. Tato výuka by se řídila současnými pravidly. Byla by dotována v míře před omezením osnov fyziky, což v podstatě lze dosáhnout navyšováním volitelnými předměty ve vyšších ročnících;

b) **výuku pro většinu studentů**, kteří užívají fyziku ve své vybrané orientaci jen stopově. Výuka by byla dotována jako v současné době, ale neprobíraly by se poznatky v úplném rozsahu. Výuka by se zaměřila na vybraná zajímavá témata, na nichž se tento přístup dá nejlépe ilustrovat. Témata by mohla být vybrána z navrhovaných, předmětovou komisí školy s ohledem na její možnosti. Hlavním smyslem výuky by bylo vést studenty na vybraném tématu k samostatné práci, při níž by pochopili účel fyziky. Tento systém by umožnil výběrem vhodných úkolů podchytit zájem i matematicky méně nadaných studentů. Navíc by se získal větší prostor pro práci s informacemi a to i v cizím jazyce. **Všem tématům by předcházela povinná úvod** obsahující: Obsah a metody fyziky, význam fyziky, fyzikální veličiny a jejich jednotky, soustavu fyzikálních veličin a jednotek SI.

Omezím se na ilustraci varianty b), jelikož variantu a) považuji za velmi dobře, a to v mnoha učebnicích fyziky, propracovanou. Konkrétně bych se ji pokusil nastínit v prezentovaném posteru na jednom z možných dle mého názoru vhodných témat. Pro ilustraci v doprovodném posteru jsem si vybral astronomické téma a to ze dvou důvodů: 1. astronomie je od mých 10 let mým koníčkem. 2. většina učitelů fyziky se v této oblasti může ještě dovědět něco nového. Výběr vybraného tématu **Lety do vesmíru a možnosti života v něm** umožňuje: a) Probrat tyto části standardních osnov: Kinematika, dynamika, pohyby hmotného bodu, Newtonovy zákony, energii, rotační pohyb tuhého tělesa, gravitační zákon, pohyby těles v gravitačním poli, Keplerovy zákony, základy kosmonautiky, speciální teorii relativity, zobrazování optickými soustavami, elektromagnetické záření a jeho energii, astrofyziku a základy astronomie; b) Na praktických příkladech procvičit tvořivou, samostatnou práci, uplatnit a dále rozvíjet znalosti získané v angličtině, informatice, matematice. Neméně závažná je i možnost naučit se pracovat s informacemi a to nejen na síti www. Dále systém umožňuje zadávat studentům úkoly diferencovaně, podle jejich zájmů a možností a tím zvýšit motivaci studentů pro studium exaktních věd vůbec. Uplatnit a rozvinout ve větší míře samostatné a tvůrčí schopnosti studentů

**Součástí tohoto příspěvku byl Poster, jehož ukázky jsou uvedeny na dalších stránkách.**

***Příklady úloh používající informace z www stránek NASA***

**1) Přeložte a nalezněte na Internetu. Sami vytvořte na základě článku úkoly a řešte je!**

Deep space 1: 1,280 volts of electric potential. The force of this electric charge exerts a strong "electrostatic" pull on the xenon ions speed of more than 100,000 kilometers per hour --2,500 watts of electrical power and put out 90 millinewtons ---The total mass of the spacecraft is about 489.5 kg, composed of 380 kg dry spacecraft, 28 kg of hydrazine, and 81.5 kg of xenon.

**2) Přeložte a vypočtete zrychlení. Co se dá z článku zjistit?**

The last few weeks have been busy ones for the mission team. On Tuesday, April 27, Deep Space 1 completed a six-week period of thrusting with its ion propulsion system. It took less than 5 kilograms (under 11 pounds), of xenon to provide the steady push for the six weeks of thrusting that ended on April 27, during which the spacecraft's speed was increased by nearly 300 meters per second (about 650 miles per hour). If the spacecraft had expended the same amount of standard rocket propellant instead of using ion propulsion, the speed would have changed by a mere 50 miles per hour. Deep Space 1 now has completed a total of more than 73 days of thrusting.

**3) Daný text III použijte jako základ k vyhledání www. zdrojů o dané problematice. Nalezněte další informace a vypracujte o daném tématu referát!**

**4) Na www. stránkách nalezněte údaje o možných exoplanetách, to jest planetách u jiných hvězdných systémů. Napište o dané problematice článek. Pokuste se nalézt jistou společnou vlastnost všech domnělých exoplanet a vysvětlit ji. Článek doplňte o budoucí možnosti hledání exoplanet pozemského typu.**

**5) Na základě údajů o tělesech sluneční soustavy nalezněte potenciální nositele "života"? Na základě údajů z www. stránek pojednejte o stavu jejich zkoumání v minulosti, současnosti i v budoucnosti.**

**6) Z fyzikálního hlediska pojednejte o možnostech opuštění zemského povrchu! Nevyhýbejte se ani fiktivním, nerealizovatelným možnostem.**

**7) Rozeberte z fyzikálního hlediska možnosti cest ke hvězdám!**

**8) Vysvětlete vznik neutronových hvězd a objasněte jejich velmi rychlou rotaci! Pro ilustraci uveďte příklad výpočtu!**

**Poznámky k řešení úloh**

**1. a) převod jednotek  $100\,000\text{ km/hod} = 27\,777\text{ m/s}$ ,  $F = 0,09\text{ N}$ ,  $m_0 = 489\text{ kg}$ ,  $m_k = 380\text{ kg}$ ,  $P = 2,5\text{ kW}$ ,  $U = 1,28\text{ kV}$**

**b) Vypočtete zrychlení  $a_0$  s plnou nádrží a zrychlení  $a_k$  s prázdnou nádrží**

$$a_0 = F / m_0 = 0,09 / 489\text{ m/s}^2 = 1,8 \cdot 10^{-4}\text{ m/s}^2 = 0,018\text{ cm/s}^2$$

$$a_k = F / m_k = 0,09 / 380\text{ m/s}^2 = 2,3 \cdot 10^{-4}\text{ m/s}^2 = 0,023\text{ cm/s}^2$$

- c) Jak dlouho musí být motory zažehnuty, aby se loď urychlila o 1 km/s?

$$dt = dv/a = 1000/0,0002 \text{ s} = 5 \cdot 10^6 \text{ s} = 1380 \text{ h} = 57,8 \text{ dnů}$$

Studenti by měli zvážit změnu hmotnosti během činnosti motoru a zahrnout ji do přesnějšího výpočtu. Nemožnost použití tohoto typu motoru při startu z hmotnějších kosmických těles by měla být rovněž zmíněna.

- d) Lze také počítat příklady s urychlováním iontu xenonu v el. poli a řadu dalších aplikací, záleží jen na tvořivosti studenta.

2. a) překlad:

Poslední týdny byly hektické pro tým řídící misi Deep space 1. V úterý 27. dubna dokončila sonda 6. týdenní období letu se zapnutým iontovým pohonem. Spotřeba byla při tom méně než 5 kg xenonu, který ji poskytoval stabilní tah po období 6. týdnů. Toto období skončilo 27. dubna a sonda se během něho urychlila o téměř 300 m/s (okolo 650 mil/hod). Jestliže by sonda použila stejné množství standardního paliva rychlost by se zvětšila pouze o 50 mil/hod. Celkově sonda nyní dokončila více než 73 dnů se zažehnutým pohonem.

b) výpočet:

$$dt = 6 \cdot 7 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s} = 3,62 \cdot 10^6 \text{ s}; a = dv/dt = 300/3,62 \cdot 10^6 \text{ m/s}^2 = 8,26 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}^2$$

- c) Dále z článku můžeme zjistit, kolikrát je iontové palivo účinnější než palivo klasické:  $n = 650/50 = 13$  (krát). Zajímavé je sledovat formulaci v originále, která nepoužívá důsledně jednotek SI (Důvod krachu jedné mise k Marsu).

- d) Zajímavé je srovnání výsledku s předchozím příkladem, který vychází ze stejného textu. Hodnota zrychlení je v 2. př. 2x menší, což asi odpovídá menšímu průměrnému tahu než je uváděn.

- e) Text je inspirativní k zamyšlení nad principem iontového motoru a měl by studenty dále vést ke studiu činnosti sondy.

3. Snímek v názvu tématu je příkladem hvězdotočivé oblasti mlhovina Tarantule (30 Doradus), obsahující minimálně 11 velmi hmotných hvězd vzdálených 2 milióny světelných let.

4. V příloze I je uvedena tabulka exoplanet. Všechny planety v tabulce mají hmotnosti mnohem větší než naše Země a jejich vzdálenosti od hvězdy jsou většinou menší než u Země. Studenti by si měli uvědomit, že skutečnost z tabulky vyplývající není náhoda, ale má fyzikální zdůvodnění. Jedná se o gravitační projev a ten je podle Newtonova zákona přímo úměrný hmotnosti a nepřímo úměrný druhé mocnině vzdálenosti planet. Na WWW. stránkách by měli studenti objevit programy zabývající se touto problematikou, např. projekt "Origin".

5. Studenti by měli uvést do souvislosti život se zdroji energie a vody (atmosférou) a na základě tohoto faktu uvést Mars, Europu, Titan. Dále by se měli zmínit o sondách tato tělesa zkoumající v minulosti, současnosti i budoucnosti a uvést dosažené výsledky. Viz příloha II. 6. a) Klasická možnost energie před startem větší než rozdíl gravitačních potenciálů, odtud vypočítá únikovou rychlost (možnost pohnat si s velikostí tělesa - určit velikost, kde by k úniku stačila "síla svalů"). Prakticky se ovšem rychlost neuděluje v okamžiku, ale udělení trvá řádově 10 minut. Studenti by měli na síti vyhledat konkrétní údaje a vypočítat příslušné zrychlení.

- b) Je možné působit silou větší než tíha tělesa po dobu výstupu - klasický výtah nebo Jack a fazole (místem uchycení stacionární družice - rajske fontány).

- c) Teoreticky možnost zvýšit rychlost rotace tělesa a gravitační sílu eliminovat silou inerciální. Spočítat energii pro urychlení Země a rozebrat důsledky pro planetu.

7. Studenti by sami, úvahou, měli přijít na tyto skutečnosti:

- a) Nemožnost startu ze Země, tj. složení lodi na trajektorii kolem většího tělesa.

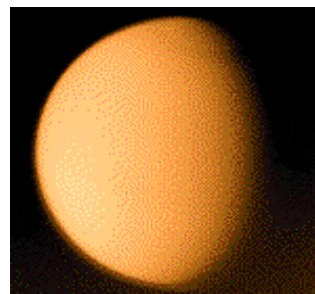
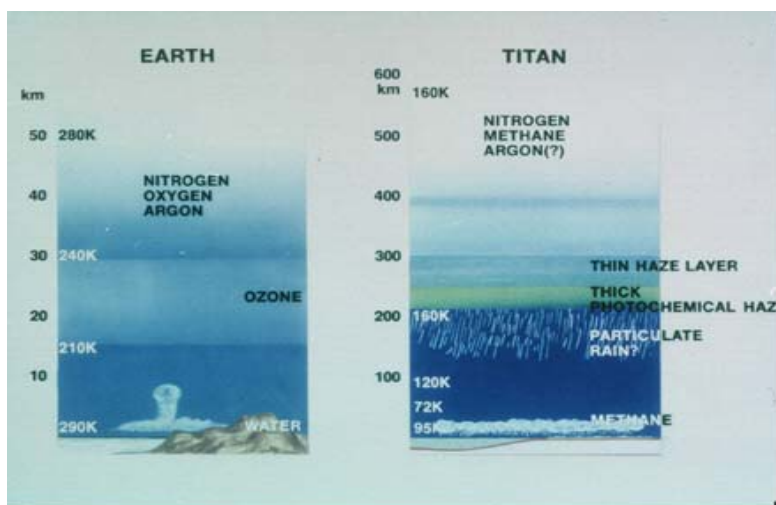


- b) Nemožnost dosažení rychlosti blízké rychlosti světla (vysoké energetické nároky - teorie relativity). Odtud plyne minimální délka této cesty, i při zvládnutí nové formy pohonu (fúze, anihilace), 10 let k nejbližší hvězdě.
- c) Nutnost vést sebou palivo na zpomalení u hvězdy (předpokládáme získání paliva na cestu zpět u hvězdy). Ilustrovat přibližným výpočtem hmotnosti paliva potřebného ke zpomalení za předpokladu téměř 100 % účinnosti přeměny hmoty v energii. Přesnější výpočet vyžaduje řešení diferenciálních rovnic.
- d) Uvážit možnosti netradičních způsobů pohonu - laser a fotonové zrcadlo.
8. a) Studenti by měli zvážit situaci po vyhoření paliva a narušení rovnováhy hvězdy, rozepsat všechny možnosti a zaměřit se na stlačení hmoty až na vznik neutronu. Odtud z hustoty neutronu  $s$  a hmotnosti  $m$  hvězdy vypočítat poloměr neutronové hvězdy  $r$ . Hustota neutronu  $s = m/V$
- $$s \sim 1,6 \cdot 10^{-27} / 10^{-45} \text{ kg/m}^3 \sim 10^{18} \text{ kg/m}^3$$
- odtud  $r = (3m/4\pi \cdot s)^{1/3}$ , po dosazení  $r \sim 10^4 \text{ m}$ .
- b) Výpočet rotace slunce po teoretické přeměně v pulzar. Předpokládejme rotaci  $T = 25 \text{ dnů} = 2,16 \cdot 10^6 \text{ s}$ ,  $R = 700\,000 \text{ km}$ ,  $t = ?$ ,  $r = 7 \text{ km}$ . Vyjdeme ze zákona zachování kinetické energie rotace tuhého tělesa (není zcela přesné, uvážit proč).
- $$\frac{1}{2} J \omega^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{5} m R^2 \cdot (2\pi/T)^2 = 4\pi^2 m R^2 / 5 T^2 = \text{konst.}$$
- $$4\pi^2 m / 5 \text{ můžeme zkrátit,}$$
- odtud  $R^2/T^2 = r^2/t^2$   $t^2 = (r/R)^2 \cdot T^2$
- $$t = r/R \cdot T = 10^{-5} \cdot 2,16 \cdot 10^6 \text{ s} = 2,16 \cdot 10^1 \text{ s}.$$
- Tedy řádově sekundy, což je o něco víc, než pozorujeme. Vysvětlit!

## příloha I

### Titan

Alone of all the satellites in the solar system, Titan has a significant **atmosphere**. At the surface, its pressure is more than 1.5 bar (50 % higher than as is Earth's). It is composed primarily of molecular nitrogen with no more than 6 % argon and a few percent methane. Interestingly, there are also trace amounts of at least a dozen other organic compounds (i.e. ethane, hydrogen cyanide, carbon dioxide) and water. The organics are formed as methane, which dominates in Titan's upper atmosphere, is destroyed by sunlight. The result is similar to the smog found over large cities, but much thicker. In many ways, this is similar to the conditions on Earth early in its history when life was first getting started.



příloha II obsahovala tabulku exoplanet, jejíž aktualizovaná verze je na:  
<http://exoplanets.org/almanacframe.html>



## Příloha II

### Cassini- Huygens

Titan is the fifteenth of Saturn's known satellites and the largest:

orbit: 1,221,830 km from Saturn

diameter: 5150 km

mass: 1.35e23 kg

#### Open Issues

- Are there liquids on the surface?
- Is the interior still hot?
- Why does Titan have a dense atmosphere while the other large moons do not?
- There are a lot of organic compounds and a potentially liquid environment on Titan. It is extremely cold for life, but could it be possible? Titan is one of the best possibilities. In any case, it's interesting as a comparison with the early environment on Earth.

#### Future Missions JPL Missions

##### Galaxy Evolution Explorer

Planned Launch: Mid-October 2002

This mission will use ultraviolet wavelengths to measure the history of star formation 80 percent of the way back to the Big Bang.

##### Space Infrared Telescope Facility

Planned

Launch: January 2003

This mission is an infrared telescope that will study the early universe, old galaxies and forming stars, and will detect dust discs stars where planets may be forming around.

##### Mars Exploration Rovers

Planned

Launches: May-July 2003

Two landers will convey to Mars a pair of powerful rovers able to trek up to 100 meters (about 110 yards) across the planet's each Martian day.

##### Large Binocular Telescope Interferometer

Planned

Launch: 2004

Two 8-meter (26-foot) telescopes on Mount Graham, Arizona will be connected. The system will identify faint dust clouds around other stars that might hinder planet-finding missions. The mission is managed by the University of Arizona, Tucson in conjunction with multiple international partners.

##### Deep Impact

Planned

Launch: 2004

Deep Impact is a spacecraft that will travel to Comet Tempel 1 and release a small impactor, creating a hole in the side of the comet.

##### Mars 2005 and beyond

In 2005 and

beyond,

missions proposed under the Mars Exploration Program include a powerful scientific orbiter and a "smart" lander to test new landing technologies. A robotic mission to return Martian samples to Earth is envisioned later.

##### Kepler Mission

Planned

Launch: 2007

The Kepler Mission will search for Earth-like planets with the "transit" method. A one-meter diameter (39-inch) telescope equipped with the equivalent of 42 high quality digital cameras will continuously monitor the brightness of 100,000 stars, looking for planets that cross the lines-of-sight between Kepler and their parent stars.

##### Dawn

**A competitively selected mission under NASA's Discovery Program, Dawn will orbit Vesta and Ceres, two of the largest asteroids in the solar system.**

**Space Interferometry Mission**

**This mission is an orbiting interferometer, which will link multiple telescopes to function in unison as a much larger "virtual telescope." The main goal is to detect planets of varying sizes - from huge planets the size of Jupiter to planets a few times as massive as Earth.**

**TEXT III**

Spaceflight Now | Breaking News | A drama of star formation and evolution

A drama of star formation and evolution

NASA NEWS RELEASE

Posted: April 26, 2002

The Chandra image of the Tarantula Nebula gives scientists a close-up view of the drama of star formation and evolution. The Tarantula, also known as 30 Doradus, is in one of the most active star-forming regions in our Local Group of galaxies. Massive stars are producing intense radiation and searing winds of multimillion-degree gas that carve out gigantic super-bubbles in the surrounding gas. Other massive stars have raced through their evolution and exploded catastrophically as supernovas, leaving behind pulsars and expanding remnants that trigger the collapse of giant clouds of dust and gas to form new generations of stars.

The Tarantula Nebula (30 Doradus). Credit: NASA/CXC/Penn State/L.Townsley et al.

30 Doradus is located about 160,000 light years from Earth in the Large Magellanic Cloud, a satellite galaxy of our Milky Way Galaxy. It allows astronomers to study the details of starbursts - episodes of extremely prolific star formation that play an important role in the evolution of galaxies.

At least 11 extremely massive stars with ages of about 2 million years are detected in the bright star cluster in the center of the primary image (left panel). This crowded region contains many more stars whose X-ray emission is unresolved. The brightest source in this region known as Melnick 34, a 130 solar-mass star located slightly to the lower left of center. On the lower right of this panel is the supernova remnant N157B, with its central pulsar.

Two off-axis ACIS-S chips (right panel) were used to expand the field of view. They show SNR N157C, possibly a large shell-like supernova remnant or a wind-blown bubble created by OB stars. Supernova 1987A is also visible just above and to the right of the Honeycomb Nebula at the bottom center. In the image, lower energy X-rays appear red, medium energy green and high energy are blue.

Optical image of The Tarantula Nebula (30 Doradus). In the most active starburst region in the local universe lies a cluster of brilliant, massive stars, known to astronomers as Hodge 301. Credit: AU/STScI/NASA

## Fyzika kam se podíváš

Zdeňka Pinkavová,  
ZŠ Ústavní Praha 8

### I. Kouzla s fyzikou

V úvodu předmětu fyziky děti z 6.B /24 žáků/ projevily zájem předvádět rozličné pokusy v hodinách fyziky. Tohoto zájmu jsem využila, a tak od září do prosince předváděli v úvodu vyučovací hodiny 1 až 3 žáci pokusy, které si samostatně připravili. Náměty čerpali z vlastní zkušenosti, z encyklopedií, z materiálu Malých debružárů, z knížky prof. E. Svobody „Pokusy s plastovými lahvemi“. Provedení a vysvětlení experimentů konzultovali s vyučující a s rodiči.

V lednu jsme znovu soustředili materiály na pokusy předváděné v prvním pololetí. Příprava zasáhla do 2 vyučovacích hodin. Spočívala v připravení dostatečného množství pomůcek k experimentům, připravení cedulek (jméno žáka, název pokusu, pomůcky, vysvětlení experimentu), opětného procvičení předvedení a správného vysvětlení pokusů.

Na den 22. 1. 2003 jsme pozvali žáky 3. a 4. tříd na akci „Kouzla s fyzikou“.

#### Organizace daného dne:

Zvolila jsem si den, kdy jsem učila zejména tuto třídu a byl minimální problém se zajištěním suplování.

1. vyučovací hodina – příprava učebny pro demonstraci pokusů. Experimentátoři byli rozestavěni po obvodu učebny jako jakési stánky.
2. – 4. vyučovací hodina – předvádění pokusů žákům prvního stupně. Děti pozvaných tříd obcházely jednotlivá stanoviště, žáci 6. B jim pokusy předváděli a vysvětlovali, v rámci možnosti si některé experimenty vyzkoušeli i žáci nižších tříd. Akci navštívili také paní zástupkyně a někteří vyučující.
5. vyučovací hodina – úklid pomůcek a učebny.

Odezva na celou akci byla ze strany žáků, učitelů i vedení školy natolik pozitivní, že se vyučující prvního stupně, na jejichž třídy se při první akci nedostalo, dožadovali opakování celé akce. Musím přiznat, že se mi zpočátku příliš nechtělo celé to martyrium absolvovat znova. Přesvědčil mě až zájem dětí z paralelní šesté třídy rovněž předvádět pokusy.

Třída 6. A nebyla jako celek pro věc tak zapálena, děti z této třídy mnohdy neplní úkoly včas. Připravila jsem tedy pokusy pouze s aktivními zájemci /12 žáků/ a přibrala ještě nadšence z 6. B / 5 žáků/ a 8. B /2 žáci/. Děti, které nedonesly experimenty v požadovaném termínu, nebyly zařazeny. Dne 23. 4. 2003 se na naší škole uskutečnila akce „Kouzla s fyzikou 2“.

Organizace probíhala obdobně jako předchozí. Bylo však potřeba větší pomoci ze strany vedení školy a zejména kolegů, kteří za mne museli přebrat výuku a některé hodiny měli narušeny.

Snažím se výuku fyziky na naší škole oživit. Musím přiznat, že mi vedení školy veškeré aktivity toleruje a řada kolegů už si přinejmenším zvykla. V letošním roce se jich i řada zapojila se svými žáky do celoškolského projektu Světlo. Některé nápady uvádím na webových stránkách [sweb.cz/zdenka-projekty](http://sweb.cz/zdenka-projekty).



1



2





3



4



5



## II. Moje fyzikální dílna

*Tento celoroční mezipředmětový projekt pro 6. ročník ZŠ spojující předměty fyzika a technické práce jsem realizovala se třídou 6. A.*

Děti v průběhu školního roku vyráběly při technických pracích nebo doma pomůcky v návaznosti s právě probíraným učivem v hodinách fyziky. Po celý školní rok měly v kabinetě fyziky ve vlastních krabicích uložené tyto výrobky. V běžných hodinách fyziky nebo při laboratorních pracích používaly svoje výrobky. Pokud úlohy vyžadovaly přesné měření, ve výjimečných případech žáci pracovali současně i s „oficiálními“ pomůckami. Náměty na výrobky jsem volila z vlastní zkušenosti, případně jsem se nechala inspirovat materiály Mladých Debrujárů, časopisů ABC, zálesáckého zápisníku či z dřívější výměny zkušeností s ostatními kolegy.

Měsíc	fyzikální učivo	výrobek nebo činnost
září	tělesa a látky, vzájemné působení těles	Vodováha
	gravitační síla	olovnice
		pružinové váhy
říjen	částice látky, pevné látky	difúze - série obrázků nebo fotografií
		krystalizace soli nebo cukru
listopad	elektrické a magnetické pole	krabičky s kousky papírků nebo polystyrenu
		krabičky se železnými pilinami
		Magnetka
prosinec	fyzikální veličiny – délka	modely historických délkových měř (výzdoba učebny)
		kartička - rozměry mého těla
leden	objem, hmotnost	odměrné válce
		rovnoramenné váhy
		Závaží
únor	Hustota	tři tělesa z různých materiálů o stejné hmotnosti
	Čas	tři tělesa z různých materiálů se stejnými rozměry
		funkční hodiny
březen	měření teploty	teploměr nebo ukazatel teplotní roztažnosti kovů
duben	elektrický proud a napětí	lampička nebo zkoušečka
	vodiče a izolanty	
	tepelné spotřebiče	
květen	elektromagnetismus	elektromagnet nebo galvanometr
	galvanometr, elektromagnet, zvonek	trvalý magnet
	sériové a paralelní zapojení	
červen	vedení proudu v kapalinách a plynech	laboratorní práce a žákovské experimenty

Cílem projektu bylo, aby žáci získali více dovedností při práci s pomůckami. Umožnil dětem lépe pochopit princip a činnost jednotlivých fyzikálních pomůcek a prakticky si vyzkoušet vytváření

stupnic měřících přístrojů. Dále vycházel z předpokladu, že žáci si více zapamatují znalosti spojené s nějakým zážitkem a ke kterým mají nějaký emocionální (popř. vlastnický) vztah.

Žáci při laboratorních pracích – *Určování hmotnosti těles*



***Ukázky výrobků žáků:***



## **Efektívna forma didaktického vzdelávania fyzikov-pedagógov**

(Poznámky o úspešnej desiatke Kaleidoskopov učiteľa fyziky)

*Ivan Baník, František Špulák*

Cieľom tohto príspevku je informovať českého čitateľa o zaujímavej publikačnej aktivite v krajine za riekou Moravou - na Slovensku. Ide o úspešnú dekádu Kaleidoskopov učiteľa fyziky [1], ktoré vychádzali v Bratislave v období rokov 1992-2000. Kaleidoskopy vydávalo Metodické centrum mesta Bratislavy.

Prvé číslo Kaleidoskopu vyšlo v roku 1992, teda – ako sa píše v úvode - v roku 400-ho výročia narodenia J.A.Komenského. Cieľom publikácie bolo podľa vyjadrenia autorov prinášať fyzikom-pedagógom námety na jednoduché motivačné fyzikálne experimenty, rôzne dobré rady a užitočné informácie a zaujímavé fyzikálne čítanie. Súdiac podľa toho, že prvé číslo, nemá na titulnej strane napísanú očakávanú číslicu 1, možno predpokladať, že Kaleidoskop nebol pôvodne zamýšľaný ako „seriálová publikácia“. Túto domnienku potvrdili v úvode k záverečnému-desiatemu číslu Kaleidoskopu aj samotní autori.

Stručný prehľad o jednotlivých číslach kaleidoskopov [1] poskytujú tieto údaje:

Ka-1, 1992, 60 s., ISBN 80-7164-211-7, Ka-2, 1993, 78 s., ISBN 80-7164-009-3, Ka-3, 1994, 151 s., ISBN 80-7164-031-X, Ka-4, 1995, 150 s., ISBN 80-7164-071-9, Ka-5, 1996, 232 s., ISBN 80-7164-132-4, Ka-6, 1997, 209 s., ISBN 80-7164-214-2, Ka-7,8 (dvojčíslo/ 1998, 225 s., ISBN 80-7164-229-0, Ka-9, 1999, 118 s., ISBN 80-7164-252-5, Ka-10, 2000, 178 s., ISBN 80-7164-294-0).

Z uvedeného je vidieť, že ide o publikáciu so slušným celkovým rozsahom okolo 1400 strán, čo v dobe obmedzovania výdavov už samo naznačuje, že publikácia si získala dobré meno. Inak by sa sotva bola dožila svojho desiateho čísla. Kaleidoskop učiteľa fyziky sa stal obľúbenou pomôckou slovenských učiteľov fyziky. Nové čísla vychádzali vždy pri príležitosti Šoltésových dní, ktoré sa každoročne konajú koncom kalendárneho roka v Bratislave. Toto podujatie organizuje pravidelne Metodické centrum mesta Bratislavy.

Názov publikácie je priliehavý - ide skutočne o kaleidoskop rôznych nápadov a zaujímavostí. Publikácia je z mnohých hľadísk netradičná. Nejde len o výber vhodných námetov a nápadov, ale aj o živo a pútavo podané informácie i humorom podfarbené čítanie.

Za najcennejšie, čo Kaleidoskopy pedagógom prinášali považujem kvantum prevážne originálnych námetov autorov na jednoduché fyzikálne experimenty. Pokrývajú rôzne oblasti fyziky - mechaniku, kmity-vlny-akustiku, hydromechaniku, termiku, elektromagnetizmus, ale aj geometrickú a vlnovú optiku. Od netradičných a efektných pokusov na zotrvačnosť telies, cez pokusy s nitkovými váhami, merania s torzným kyvadlom „motýľ“, až po meranie vlnovej dĺžky svetla pomocou CD platne jednak na vzduchu, jednak vo vode, o pozorovanie čiarových a spojitých spektier rôznych svetelných zdrojov, pozorovanie žltej sodíkovej čiary v domácich podmienkach. V Kaleidoskope možno nájsť opis pokusov na pozorovanie stojatých vĺn vyrobených pomocou ručnej vrtáčky, ale aj kapitolu „Akustický kaleidoskop“, návod na meranie mólovej tepelnej kapacity vzduchu pomocou sušiča na vlasy, návod na jednoduchý elektromotor, návody na pozorovanie otáčania polarizačnej roviny svetla, atď.

Treba vysoko oceniť sústavné a cieľavedomé úsilie autorov pri propagácii jednoduchých motivačných fyzikálnych experimentov, pri príprave vtipných námetov na také experimenty i pri rozpracovaní metodiky ich využívania. Jednoduchý experiment považujú autori - podľa ich vyjadrenia - za materské mlieko školskej fyziky. Toto ich postavenie neohrozí – ako sa domnievajú – ani technický a technologický pokrok a ani nijaká nová forma počítačovej inteligencie. Obzvlášť pozitívne treba hodnotiť snahu podnecovať domácu experimentálnu aktivitu žiakov a študentov, čo má prispieť k zvýšeniu záujmu mladých o fyziku techniku a prírodovedné disciplíny vôbec. Domáce experimentovanie má pomôcť eliminovať formálne a bezobsažné „učenie sa“ fyziky, ktoré často možno pozorovať. Námety na domáce experimentovanie majú poskytnúť mladým príležitosť

pozorovať a skúmať prírodné javy na domácej pôde a bádať ich vo vlastnej réžii. Také pokusy a merania majú podnecovať tvorivý prístup k poznávaniu sveta v najbližšom okolí.

Z oblasti zaujímavého čítania spomeňme napríklad sviežo a veľmi pútavo napísané články „Peripétie okolo prvého metra“, „Čo sa skrýva za úsmevom Gay-Lussaca“, „Priblížili hviezdy“, „Ďalekohľad a jeho desaťročný objaviteľ“. Autori sú majstrami v rozčlenení článku na jednotlivé odseky a vhodne volené podnadpisy provokujú zvedavosť čitateľa.

V každom čísle Kaleidoskopu učiteľa fyziky možno nájsť aspoň jednu prístupnú a metodicky vhodnou formou spracovanú širšiu základnejšiu fyzikálnu tému. Ide napr. o témy Videotechnika, CD-systém, Tomografia, Mosbauerov efekt a pod. V čísle 5 je na asi tridsiatich stranách metodicky zaujímavá spracovaná téma Prevodníky.

Autori sa nevyhýbajú ani témam, na ktoré súčasná fyzika nestačí. Tak napríklad pod titulom „Čo vy na to, fyzici“ píše o jasnovidcovi menom Cayce. Na inom mieste píše o poľskej dievčine Siaske, ktorá pohľadom dokáže ohnúť lyžicu, alebo na diaľku zo zadnej lavice v triede vytrhnúť učiteľovi pri tabuli kriedu z ruky. Na inom mieste píše zase o svojom vlastnom pokuse s virgulou, ktorá na dvore ich rodičovského domu ukázala miesto vhodné na kopanie studne. Pri kopaní na tomto mieste natrafili potom na kamennú obrubu starej - dávno zasypanej studne, o existencii ktorej sa dozvedeli dodatočne až po dlhšom čase od najstarších pamätníkov v dedine. Ako vidieť, Kaleidoskop učiteľa fyziky má pokiaľ ide o výber tém veľmi voľné hranice a nevyhýba sa ani otvoreným témam. Autori vyjadrujú mienku, že „fyzik môže pripustiť aj to, čo súčasná fyzika ešte nepripúšťa“.

O netradičnom prístupe autorov svedčí aj skutočnosť, že vo viacerých číslach Kaleidoskopu možno objaviť aj básničku. Jedna z nich s názvom Madam Mária je venovaná Márii Curie. Je pripojená k článku s názvom Jednoducho Mária a Piere. Inde je zase uvedená básnička venovaná kráse Vysokých Tatier a pod.

Pokiaľ ide o fyzikálny humor, pripomeňme napr. obrázok, na ktorom je zobrazený žiak stojaci pod jablňou a držiaci knihu v okamihu, keď mu na hlavu padlo jablko. S hrčou na hlave hovorí „Viem, Newtona to práve vtedy napadlo, lenže ja som to akurát vďaka tomu jablku zabudol“. Na inom obrázku vidíme Galvaniho a žabu ako pozerajú sa na seba. Žaba Galvanimu vyčítavo hovorí: „Galvani Galvani, nebol by si ty veru slávny bez mojich stehienok“. Fyzikálny humor s obrázkami dielo osviežuje, takže jednotlivé čísla Kaleidoskopu si rád prelistuje aj nefyzik. Kaleidoskop má aj svoju umeleckú dimenziu.

Je na škodu veci, že Kaleidoskopy vychádzali v pomerne obmedzenom rozsahu a že sa na český trh vôbec nedostali. I keď niektoré námety opísané v Kaleidoskopoch boli publikované v časopisoch dostupných českej verejnosti (napr. [2,3,4]), stálo by za zváženie vydať kompletne Kaleidoskopy v preklade aj v ČR a to buď v pôvodnej, alebo v inovovanej podobe. Boli by prínosom nielen svojim obsahom, ale aj formou spracovania. Boli by inšpirátorom netradičných foriem písania i netradičných foriem vyučovania a iste by vhodne doplnili českú literatúru z danej oblasti.

#### Literatúra:

- [1] Baník, I., Baník, R.: Kaleidoskop učiteľa fyziky (1-10), 1.vyd., Bratislava: MC, 1992-2000, 1400s.
- [2] Baník, I., Baník, R.: Meranie vlnovej dĺžky svetla pomocou CD platne, Matematika, fyzika, informatika 5, 1996, Praha, 1996, s. 26-29
- [3] Baník, I.: Elektromotor v šálke kávy, Matematika, fyzika, informatika 2, 1994, s. 87-89
- [4] Baník, I.: Dva malé triky hydrodynamiky, MFI č. 7. roč. 8. 1999, s. 443 - 444



# Krasobruslař při piruetě

Břetislav Patč

Potřeby: mechanický model krasobruslaře, demonstrátorovy ruce.

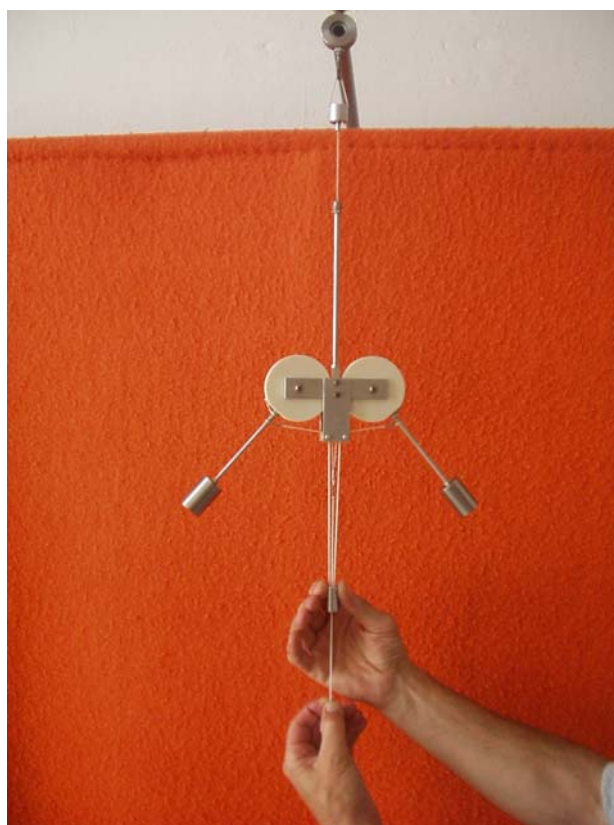
Provedení:

Konstrukce modelu je patrná z obrázku. Jedná se o otáčivě zavěšené těleso, připomínající Wattův odstředivý regulátor, doplněný dvěma kladkami s vlákny, jimiž je možno zátěže na kyvných ramenech zvednout nebo snížit a tím současně měnit jejich vzdálenost od svislé osy otáčení, což vyvolává změny momentu setrvačnosti.

Model zavěsíme na stativ a rukou jej roztočíme takovou úhlovou rychlostí, která vychýlí ramena o 30 - 45° od osy otáčení. Pak působilme rukou na jedno z vláken silou ležící v ose otáčení směrem dolů, ramena se ještě více zvednou, oddálí od osy a zvětšený moment setrvačnosti má za následek nápadné snížení úhlové rychlosti. Pak vlákno uvolníme a zapůsobilme obdobně na druhé. Tím ramena klesnou, přiblíží se k ose a zmenšený moment setrvačnosti vyvolá velké zvýšení úhlové rychlosti.

Síla, kterou ruka působí na těleso je sice silou vnější, ale protože leží v ose otáčení a není tedy silou tečnou, nemá na rychlost otáčení vliv. Protože velikost momentu setrvačnosti závisí na druhé mocnině vzdálenosti hmoty tělesa od osy, jsou změny úhlové rychlosti velké, zvláště ve druhé části pokusu.

*V čem se skutečný krasobruslař od pokusu liší. Není zavěšen, ale stojí na ledě, je tedy v poloze labilní a proto také může upadnout. Zpočátku se roztáčí s roztaženými rukama, stojí na jedné noze a druhou unoženou vyvolává vnější tečnou sílu mezi bruslí a ledem. Pak připaží a přinoží, čímž zrychlí svou rotaci. Pokud chce piruetu rychle ukončit, postupuje obráceně. Obdobně se chová při skoku s rotací, zvláště čtverném, neboť čas pro 8rotaci, tentokrát volně nad ledem, má omezen .*



## Seznam účastníků Veletrhu nápadů učitelů fyziky 8

PŘÍJMENÍ	JMÉNO	INSTITUTE	ADRESA	PSČ	MĚSTO	MAIL
Adamcová	Šárka	Gymnázium	Chvalšínská 112		Český Krumlov	
Adámek	Petr	PF JCU CB	Jeronymova 10	371 15	České Budějovice	adam@pf.jcu.cz
Bartoš	Jiří	ÚTFA PŘF MU	Kotlářská 2	611 37	Brno	bartos@physics.muni.cz
Bdinková	Věra	Junior DDM	Dornych 2	656 20	Brno	
Broklová	Zdeňka	MFF UK Praha	Ke Karlovu 3	120 00	Praha 2	zdenka.brokllova@matfyz.cz
Buchar	Miroslav	Podještědské gym.	Sokolovská 328	460 14	Liberec 14	miroslav.buchar@post.cz
Burda	Oldřich	ZŠ Roudnice	Jungmanova 660	413 01	Roudnice n. Labem	
Burda	Miroslav	SP Strojnická	Sokolská 1	602 00	Brno	miroslav.burda@spssbrno.cz
Bureová	Michaela	Gymnázium Stavbařů	Resslova 814/42	400 03	Ústí nad Labem	michbur@email.cz
Čechová	Eva	Gymnázium	Chvalšínská 112		Český Krumlov	
David	Pavel	PF JCU CB	Jeronymova 10	371 15	České Budějovice	
Dimitrova	Veselina	University of Sofia				veselina99@yahoo.co.uk
Drozd	Zdeňek	KDF MFF UK Praha	Ke Karlovu 3	121 16	Praha 2	zdenek.drozd@mff.cuni.cz
Dvořák	Karel	Masarykova ZŠ	Národ. Mučedníků 185	339 01	Klatovy	dvorak@maszskt.investtel.cz
Dvořák	Leoš	MFF UK Praha	Ke Karlovu 3	121 16	Praha 2	leos.dvorak@mff.cuni.cz
Dvořáková	Zdeňka	ZŠ Nalžovské Hory	Nalžovské Hory	341 01	Nalžovské Hory	
Grůšová	Jarmila	SOŠ a SOU	Vratimovská 681	707 00	Ostrava - Kunčice	
Handlířová	Blanka	SZŠ a SOŠS Kyjov	Komenského 46		Kyjov	blanka.handlirova@seznam.cz
Havel	Václav	KOF PF ZCU	Univerzitní 16	306 14	Plzeň	
Havlíčková	Alena	MFF UK Praha	Ke Karlovu 3	121 16	Praha 2	alena.havlickova@mff.cuni.cz
Havránek	Vlastimil	Klvanovo gymnázium	Komenského 549	697 11	Kyjov	
Hejnová	Eva	kat. fyz. PF UJEP	České mládeže 8	400 96	Ústí n. Labem	hejnova@pf.ujep.cz
Hemžáková	Miluše	SOPMA	Ortenovo náměstí 34	181 00	Praha 7	
Hoffer	Gerhard	KOF PF ZCU	Univerzitní 16	306 14	Plzeň	
Holubová	Renata	KEF PŘF UP	Tř. Svobody 26	771 46	Olomouc	holub@risc.upol.cz
Hotmar	Jan	Fy Peiron Praha	Kroftova 1	150 00	Praha 5	
Hotová	Ivana	Gymnázium	Břešťanská 9		Bílina	hotova@gymbilina.cz
Houfková	Jitka	MFF UK Praha	Ke Karlovu 3	121 16	Praha 2	jitka.houfkova@mff.cuni.cz
Hubeňák	Josef	KF PF UHK	V. Nejedlého 573	500 03	Hradec Králové	josef.hubenak@uhk.cz
Hubeňáková	Margita	GJKT	Tylovo nábreží 682	500 02	Hradec Králové	hubenakova@gjkt.cz
Husková	Jitka	ZŠ Rakovského	Rakovského 3136		Praha 12 - Modřany	huskova.j@seznam.cz
Hutečka	Petr	Gym. Jakuba Škody	Komenského 29	750 02	Přerov	hutecka@gjs.cz
Chaloupková	Marie	Gymnázium Strakonice	Máchova 174	386 48	Strakonice	chaloupkova@gymnazium-strakonice.cz
Charvát	Martin	ZŠ Plaňany	Pražská 28	281 03	Plaňany	makuk@volny.cz
Chovancová	Alice	Gymnázium Stavbařů	Resslova 814/42	400 03	Ústí nad Labem	alice.usti@centrum.cz
Janda	Otto	P.O. BOX 241	Karlovy Vary	360 21		
Jelínek	Petr	PF JCU CB	Jeronymova 11	372 15	České Budějovice	
Jílek	Miroslav	KDF MFF UK Praha	Ke Karlovu 3	121 16	Praha 2	miroslav.jilek@matfyz.cz
Jirásková	Jitka	Gymnázium TGM	Dukelské nám. 7	693 01	Hustopeče	j-jiraskova@gymhust.cz
Kárászová	Viktoría	Schola Ludus FMFI UK F2	Mlynská dolina	842 48	Bratislava 2	nemcova@fmph.uniba.sk
Kaslová	Zdeňka	Obchodní Akademie	Polská 1543	708 00	Ostrava - Poruba	zdena.kaslova@email.cz
Kekulová	Jana	ZŠ Mozartova 24	Jablonec nad Nisou	466 04		
Kleveta	Alois	Videostudio ALKA	Masarykovo nam. 43	682 01	Vyškov	alois@kleveta.cz
Kliková	Běla	2 ZŠ Rakovník	Husovo nám.3.	269 01	Rakovník	leos.klik@tiscali.cz
Kmenta	Libor	E. Pajurka 1528	Frýdlant nad Ostravicí	739 11		
Konečný	Pavel	Př.F. Mas. Univerzity	Kotlářská 2	611 37	Brno	pavelk@physics.muni.cz
Koupil	Jan	KDF MFF UK Praha	Ke Karlovu 3	120 00	Praha 2	jan.koupil@matfyz.cz
Kříž	Pavel	PF JCU CB	Jeronymova 12	373 15	České Budějovice	
Kuboňová	Ilona	Gymnázium	Čs. Dobrovolníků	415 01	Teplice	kubonova@osf.cz
Kunzová	Hana	Gymnázium Trhové Sviny	Školní 995	374 01	Trhové Sviny	Kunzova.hana@seznam.cz
Ladislav	Karel	PF JCU CB	Jeronymova 10	371 15	České Budějovice	karell00@centrum.cz
Lichtenbergová	Marie	GJVJ	F. Šrámka 23	370 04	České Budějovice	licht@gjvj.cz
Lustig	František	MFF UK Praha	Ke Karlovu 3	121 16	Praha	frantisek.lustig@mff.cuni.cz
Marenčáková	Andrea	Schola Ludus FMFI UK F2	Mlynská dolina	842 48	Bratislava 2	marencakova@fmph.uniba.sk
Micka	Zdenek	Ariane schola	Papírenská 114/5	160 00	Praha6	posta@ariane-schola.cz
Mojžíšová	Eva	Gymnázium	Čs.Dobrovolníků 11	415 01	Teplice	mojzisoza@gymtce.cz
Olejníček	Jiří	PF JCU CB	Jeronymova 10	371 15	České Budějovice	
Onderová	Ludmila	ODF ÚFV UPJ Košice	Park Angelinum 9	041 54	Košice	onderkova@kosice.upjs.sk

Ondrák	Tomáš	Tereza, sdr.pro.ek.výchovu	Hastalská 17	110 01 Praha 1	
Osobová	Emilie	Prométheus s.r.o.	Čestmírova 10	140 00 Praha 4	osobova@prometheus-nakl.cz
Patč	Břetislav	Základní škola	Palachova 337	250 01 Brandýs nad Labem	reditel@fzs-palachova.cz
Pinkavová	Zdeňka	ZŠ Ústavní	Hlivická 1/400	181 00 Praha 8	zdenkapink@seznam.cz
Piskač	Václav	Gymnázium	třída Kpt. Jaroše 14	603 00 Brno	piskac@jaroska.cz
Poláček	Luboš	PřF MU	Kotlářská 2	611 37 Brno	lupo@physics.muni.cz
Polák	Zdeněk	Jiráskovo gymnázium	Řezníčková 451	547 44 Náchod	polak@gymnacho.cz
Pudíková	Ludmila	ZŠ Tylova	Tylova ulice	379 01 Písek	pudik@volny.cz
Pudilová	Alena	Bezdrevská 37	Strakonice	386 02	
Pulíček	Jindřich	Gymnázium a SG	Dr. Randy	146 01 Jablonec n. N.	pulicek@sportgym.jn.cz
Reichl	Jaroslav	SPŠ ST	Panská 3	110 00 Praha 1	reichl@panska.cz
Richter	Leszek	ZŠ s výukou pol. Jazyka	Havlíčková 13	737 01 Český Těšín	lesek.richter
Rojko	Milan	KDF MFF UK Praha	Ke Karlovu 3	121 16 Praha 2	milan.rojko@mff.cuni.cz
Sendlerová	Karla	ZŠ P. Bezruče	T.G. Masaryka 454	738 01 Frydek-Místek	kaja.sendlerova@seznam.cz
Sendlerová	Karla	ZŠ P. Bezruče	T.G. Masaryka 454	738 01 Frydek-Místek	kaja.sendlerova@seznam.cz
Scháněl	Jiří	Gymnázium Trhové Sviny	Školní 995	374 01 Trhové Sviny	jshanel@seznam.cz
Scháněl	Jiří	Gymnázium Trhové Sviny	Školní 995	374 01 Trhové Sviny	jshanel@seznam.cz
Siváková	Květoslava	SOŠ a SOU	Vratimovská 681	707 00 Ostrava - Kunčice	
Slabá	Lenka	SP stavební	Resslova	370 01 České Budějovice	slaba@spsstavcb.cz
Soukupová	Jitka	G+OA Stříbro	Soběslavova 1426	349 01 Stříbro	jitule@seznam.cz
Stach	Vojtěch	PF JCU CB	Jeronýmova 10	371 15 České Budějovice	stach@pf.jcu.cz
Straňák	Vítězslav	PF JCU CB	Jeronýmova 10	371 15 České Budějovice	stranv00@centrum.cz
Svoboda	Emanuel	KDF MFF UK Praha	Ke Karlovu 3	121 16 Praha 2	emanuel.svoboda@mff.cuni.cz
Svobodová	Marie	ZŠ Třešť	Josefa Hory 1050	589 01 Třešť	
Šerý	Michal	PF JCU CB	Jeronýmova 10	371 15 České Budějovice	kyklop@pf.jcu.cz
Šilhánková	Vladimíra	Prométheus s.r.o.	Čestmírova 10	140 00 Praha 4	silhankova@prometheus-nakl.cz
Špulák	František	PF JCU CB	Jeronýmova 10	371 15 České Budějovice	spul@pf.jcu.cz
Štros	Miroslav	ZŠ Roudnice	Jungmanova 660	413 01 Roudnice n. Labem	
Tesař	Jiří	PF JCU CB	Jeronýmova 10	371 15 České Budějovice	raset@pf.jcu.cz
Thomas	Jan	PČRGym. K. Vary	Národní 25	360 20 Karlovy Vary	thomas@gymkvary.cz
Tobiáš	Martin	Pekařská 3122	Frýdek - Místek	738 01	
Trna	Josef	PF MU Brno	Poříčí 7	603 00 Brno	trna@ped.muni.cz
Valášek	Jiří	Jeronýmova 24/62		460 07 Liberec	
Vargová	Ivana	Vyš. Odb. škola a SPŠE	Koterovská 85	326 00 Plzeň	vargova@spse.pilsedu.cz
Vavroš	Michal	Gymnázium	Čs. Exilu 669	708 00 Ostrava - Poruba	michal.vavros@osu.cz
Veselý	Marek	ZŠ Buštěhrad	Tyršova 77	273 43 Beuštěhrad	vesely.marek@seznam.cz
Vícha	Vladimír	Gymnázium	Dasická 1083	530 03 Pardubice	
Vinter	Jiří	Gymnázium	Nám. 25.3. 100	196 00 Čakovice	jiri.vinter@post.cz
Votruba	Václav	ZŠ Palmovka	Palmovka 8	181 00 Praha 8	v.votruba@volny.cz
Waldhauf	Stanislav	Gymnázium	Chvalšínská 112	Český Krumlov	
Wernerová	Jana	2.Z.Š Kolín	Kmochova 946	280 00 Kolín 2	wernerova@post.cz
Žilavý	Peter	KDF MFF UK Praha	Ke Karlovu 3	121 16 Praha 2	zilavy@telecom.cz