ŠKOLSKÁ FYZIKA

praktický časopis pro výuku fyziky

4

2012

Ročník IX. **Číslo 4/2012**

Praktický časopis pro výuku fyziky a práci s talentovanými žáky na základních a středních školách

Vydává: Katedra matematiky, fyziky a technické výchovy Fakulty pedagogické Západočeské univerzity v Plzni ve spolupráci s ústřední komisí FO, dalšími fakultami připravujícími učitele fyziky a Českou nukleární společností pod patronací Jednoty českých matematiků a fyziků

Adresa redakce: Školská fyzika, KMT FPE ZČU, Klatovská 51, 306 14 Plzeň,
Telefon: 377 636 303

Vychází: čtyřikrát ročně

Předplatné: zdarma

URL (Internet): http://sf.zcu.cz/

Evidováno: u Ministerstva kultury ČR pod číslem MK ČR E 11868

ISSN 1211-1511

Toto číslo vyšlo 8. února 2013.

Obsah

Kdyby gepard vyrazil coby prašelma, už by dorazil na Proximu Centauri I.

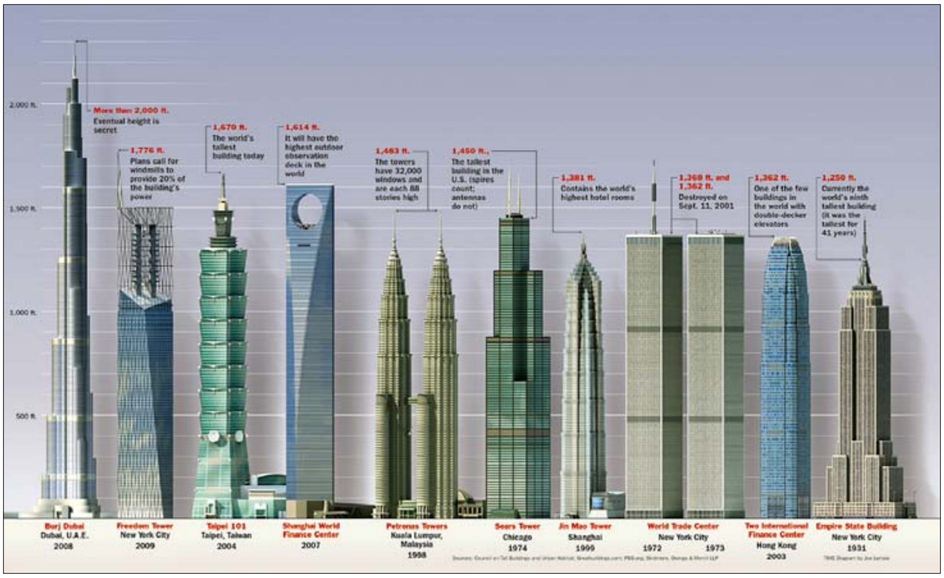
Zuzana Suková[1], Fakulta pedagogická Západočeské univerzity v Plzni

První část článku je věnovaná modelům, které znázorňují planety naší sluneční soustavy ve správném poměru velikostí. Žáci základních škol si díky nim snadněji představí náš sluneční systém.

Astronomie se jako samostatný předmět na českých školách nevyučuje a nenašli bychom většinou ani jí věnovaný povinně volitelný seminář (nabízí jej například Základní škola a Mateřská škola Bohumila Hynka Cvikov[2]). Přesto se naši žáci s ní během studia opakovaně seznamují. Poprvé se setkávají s prvky astronomie už na prvním stupni základní školy. Druhá část tohoto tématu je potom probírána v 6. ročníku v rámci předmětu zeměpis. Další ucelenější pohled mají získat podle Rámcového vzdělávacího programu žáci devátých tříd ve fyzice, kdy se probírá i přímo téma naší sluneční soustavy.

Astronomie je na rozdíl od ostatních přírodních věd specifická objektem svého zkoumání. Vesmír je jen jeden, nemůžeme se na něj podívat „zvenku" a většinu astronomických dějů nelze v laboratoři přímo ukázat. Přesto i zde by mělo platit, že hodina nemá být pouze „suchým" výkladem občas proloženým obrázkem. Je třeba ji něčím ozvláštnit, abychom žáky zaujali a nejlépe i nadchli pro další studium přírodních věd. Astronomie v sobě sama o sobě skrývá obrovský motivační potenciál, protože se zaobírá pro žáky přitažlivým a stále ještě tajemným vesmírem, a byl by hřích tento potenciál nevyužít. Nad nápady, jak přiblížit žákům rozměry, jevy a procesy ve vesmíru, se zamýšlí i Hanisko [1]. Také on přichází s nápadem vytvořit pro lepší představu žáků model sluneční soustavy, ale ve své práci jej blíže nespecifikuje.

Zkusme si žáky devátých ročníků vyzkoušet, jakou mají představu o rozměrech blízkého vesmíru. Sluneční soustava je v našich pozemských měřítkách obrovská, žáci by ale měli mít o jejích rozměrech představu. Těžko si planety seřadíme do řady a porovnáme jejich velikosti, to lze udělat pouze u menších předmětů v našem okolí. Jak bychom si poradili s těmi většími? Kdybychom chtěli porovnat výšku budov, můžeme na internetu nalézt vhodné srovnání (např. obr. 1).



Obr. 1 – Porovnání výšky 10 nejvyšších budov na světě[3]

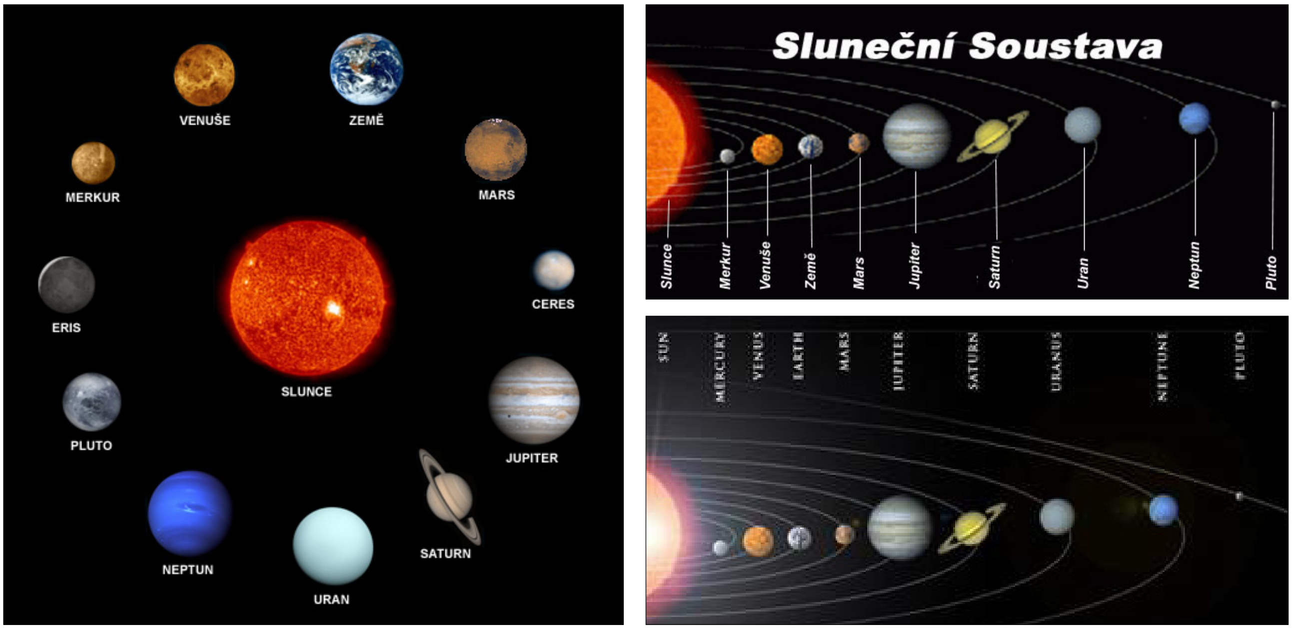
Použijeme-li podobný postup a do vyhledávače zadáme heslo „sluneční soustava", získáme sice řádově stovky milionů obrázků, ale představu o poměru velikostí si bohužel můžeme z většiny z nich vytvořit nesprávně.

Na obr. 2 nás na první pohled zaskočí, že Slunce nemá poloměr ani dvojnásobný oproti Jupiteru a obří plynná planeta Saturn je menší než trpasličí planeta Eris. Tento obrázek by nejspíš vyloučili sami žáci nižších ročníků

1 zsukova@kmt.zcu.cz

2 http://www.cvikov.cz/

3 http://www.karnet.cz/clanky.php?clanek=25



Obr. 2, 3, 4 – Ukázky výsledků vyhledávání hesla „sluneční soustava“ [4, 5]

základní školy, ale už obr. 3 a 4 vypadají na první pohled mnohem „vědečtěji“. Přesto poměry velikostí nejsou správné. Dokonce není zachováno ani pořadí podle rozměrů planet (Venuše je větší než Země, Saturn má poloměr jako Uran, …).

Samozřejmě, že není vhodné, aby žáci nazpaměť jako básničku odříkali poloměry a vzdálenosti vesmírných těles. Stejně by to velmi brzy zapomněli a k ničemu by jim to v životě nebylo. Za podstatné naopak považuji, když je kladen důraz na porozumění a přibližnou představu. Konkrétní hodnoty si můžeme vždy snadno zjistit na internetu.

Níže popsané aktivity by studentům měly pomoci vytvořit si o rozměrech a poměrech velikostí nejen v naší sluneční soustavě lepší představu. Nejedná se o jednu vyučovací hodinu, ale spíše o náměty, kterými lze výuku astronomických poznatků proložit. Osobně jsem tento projekt realizovala u věkově nehomogenní skupiny 16 dětí v září 2012 v rámci soustředění talentovaných žáků (řešitelů fyzikální a astronomické olympiády) Fyzikální kemp[6].

1 Modely naší sluneční soustavy

1.1 Trocha ovoce a zeleniny

Zůstaňme chvilku v naší sluneční soustavě, jen ji miliardkrát zmenšíme. V tomto měřítku má trpasličí planeta Pluto rozměry jako zrnko pepře (myšlena kulička o průměru 2 mm).

Žáky poprosíme, aby si představili naši bývalou devátou planetu, dnes trpasličí planetu Pluto, velkou jen jako zrnko pepře a zkusili odhadnout, jak velké bude v tomto měřítku Slunce a planety naší sluneční soustavy (případně i Měsíc, …). Správné rozměry modelu zjistíme převedením skutečných hodnot v poměru 1 : 1 000 000 000, ale před samotným a pro žáky trochu nudným výpočtem je toto tipování vhodnou aktivizační metodou. Při něm se totiž zapojí ochotně všichni. Emoční prožitek se také projeví téměř u všech, na rozdíl od výpočtu, kde se u většiny žáků nijak nebude zapojovat osobní prožití (buďme upřímní: Bohužel jen málo studentů vnímá skutečnou radost nad tím, že jim vyšel správný výsledek, a mnoho z nich se snaží hodiny přetrpět a pouze opisuje z tabule).

4 *http://planety.mysteria.cz/, https://moodle.kge.tul.cz/pluginfile.php/5666/mod_resource/content/0/2008/filip_soucek/filip_uvod_slunce.html, http://pavel.lasakovi.com/kdo-jsem/zivotopis-neoficialni/kde-bydlim/*

5 *Gramaticky správně se píše „sluneční soustava“.*

6 *http://www.podporatalentu.cz/kempy-prirodovednych-oboru.htm*

Navíc budou žáci pravděpodobně dávat větší pozor i při výpočtu, protože budou zvědaví, jak blízko správnému výsledku byli a jestli byli lepší než ten či ta, se kterými buď kamarádí, nebo naopak soupeří. Bude je jistě zajímat, kdo ve třídě byl nejlepší. Zároveň si tuto pozici může „užít" i žák, který jinak ve fyzice nedosahuje excelentních výsledků. Díky zapojení emocí si samozřejmě výsledky daleko snáze zapamatujeme. Mnohem lépe si do dlouhodobé paměti uložíme něco, co máme spojeno s pocity (ať už pozitivními nebo negativními). Proto se dobrý pedagog snaží občas ozvláštnit svůj výklad nějakou zajímavou historkou, kterou si pak žáci zapamatují častěji než suchý výklad, ale zároveň je také nabudí a oni dávají chvíli více pozor.

Děti rozdělíme do skupinek po asi 6 žácích a necháme je model vytvořit. Cílem této aktivity je prvotní motivace, kdy chceme žáky zaujmout, vtáhnout je do děje. Během ní si žáci nejprve uvědomí, v jakém pořadí podle velikosti jdou jednotlivá tělesa za sebou, a následně ve skupinkách diskutují o své představě modelu. Při řešení úkolu ve skupině jsou rozvíjeny klíčové kompetence k řešení problému, komunikační a sociální.

Do hodiny je vhodné přinést různé druhy koření, ovoce a zeleniny přibližně kulatého tvaru (nebo libovolné jiné vhodně veliké předměty). Žáky pak bude práce více bavit než pouhé abstraktní představování. Já jsem zvolila pepř, nové koření, lískové a vlašské ořechy, hroznové víno, cherry rajčata, nektarinky, grapefruity, hlávkové zelí a meloun. Kromě toho měli žáci možnost si libovolný jiný potřebný rozměr nakreslit na balicí papír.

Necháme žáky asi 5 minut pracovat a poté se jednotlivých skupin ptáme, jaké přirovnání je napadlo. Můžeme nechat třídu, aby zkusila vybrat 1 model, důležité je nekritizovat špatné odpovědi. Myslím si, že by při podobném odhadu s přesností svého modelu neuspěl i nejeden vyučující.

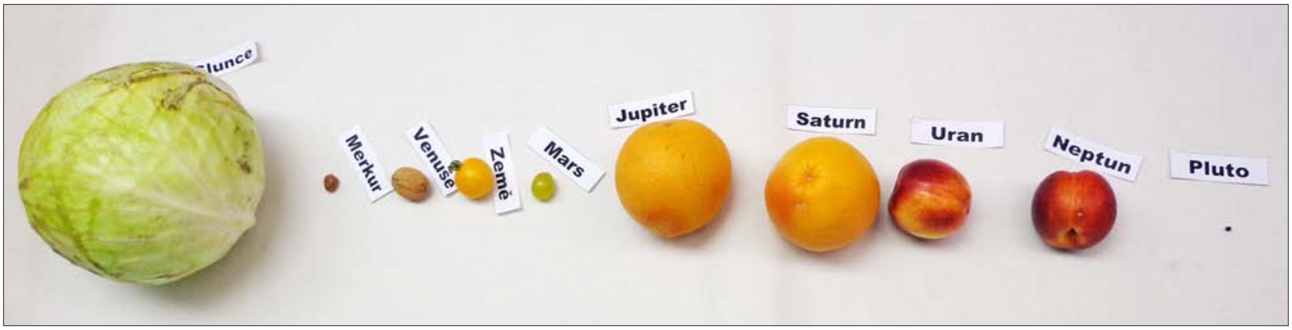
Přestože jsem projekt ověřovala ve vzorku žáků, kde byli zastoupeni řešitelé astronomické olympiády, obě skupiny vytvořily model s chybami, jak naznačují obr. 5, 6 a 7. Hlavním nedostatkem bylo zmenšení rozdílů ve velikostech mezi jednotlivými objekty, možná právě pod vlivem nepřesných obrázků sluneční soustavy, se kterými se na internetu běžně setkáváme. Konkrétně odhad větších poloměrů kamenných (terestrických) planet a naopak řádově mnohem menší rozměr Slunce.

Při této činnosti si žáci uvědomí, jak moc zkreslený je nejen jejich pohled na poměr velikostí planet a Slunce, ale díky přirovnání k něčemu známému si správný model snadněji zapamatují i představí. Cílem by mělo být také utváření kritického přijímání informací z internetu. Toho můžeme dosáhnout právě ukázáním obrázků jako například obr. 2, 3 a 4, kde není zobrazen správný poměr velikostí. Zvláště mladší žáci při hledání informací na internetu dogmaticky přijmou první nalezený údaj a nepřemýšlí, zda je reálný, zda je zdroj důvěryhodný.

Kdybychom jim pouze sdělili rozměry modelu, tak si sice v první chvíli budou pamatovat, že Země má poloměr trochu větší než půl centimetru a Slunce 70 cm, ale to velmi brzy zapomenou. Naopak fakt, že Země v podobě

Obr. 5 – Jedna z aktivit – model sluneční soustavy[7]

Obr. 6 – Navržený model sluneční soustavy 1. skupiny[8]



Obr. 7 – Navržený model sluneční soustavy 2. skupiny[9]

lískového oříšku obíhá kolem obří dýně, jim utkví v paměti mnohem lépe. Tím, že model skutečně vidí a zároveň s předměty manipulují, se zapojuje nejen vizuální, ale i kinestetická paměť. Při diskusi si potom přijdou na své i žáci s auditivní pamětí.

V dalším kroku vypočítáme správné rozměry těles. Žákům můžeme například rozdat následující tabulku a necháme je ve dvojicích vypočítat správné hodnoty (můžeme první řádek pro ukázku vyplnit za přispění žáků společně na tabuli). Zdroje číselných údajů jsou z multimediálního učebního textu Astronomia[10].

Objekt sluneční soustavy	Skutečný poloměr tělesa v km [11]	Poloměr tělesa v měřítku 1 : 1 000 000 000 v cm	Přirovnání k něčemu z našeho okolí (kulatého tvaru)
Slunce	696 300		
Merkur	2 400		
Venuše	6 100		
Země	6 400		
Měsíc	1 700		
Mars	3 400		
Jupiter	69 900		
Saturn	58 200		
Uran	25 600		
Neptun	24 700		
Pluto	1 100		zrnko pepře

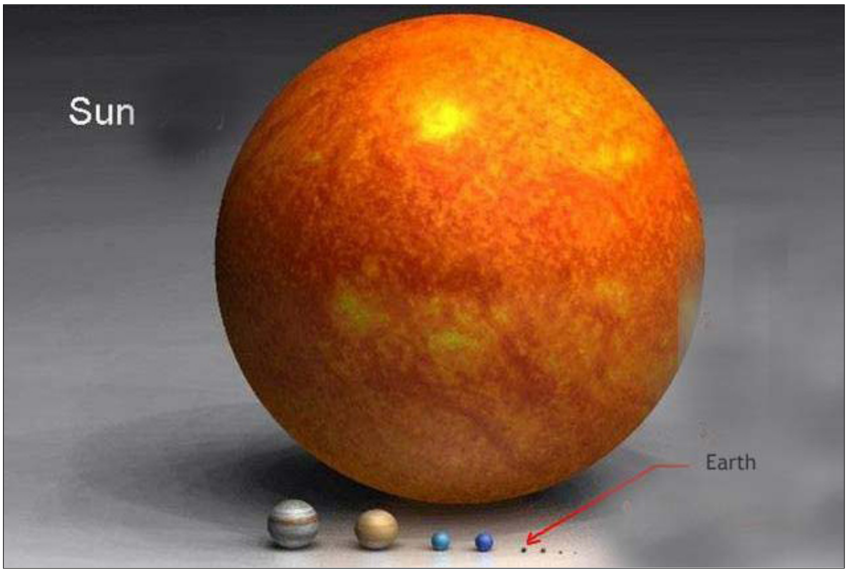
7, 8, 9 fotografie autora
10 http://astronomia.zcu.cz/
11 Jedná se o průměrný objemový poloměr a hodnoty jsou zaokrouhleny na stovky kilometrů.

Na konci práce uděláme společnou kontrolu, aby měli všichni žáci správně vyplněnou tabulku. Poslední sloupec představuje jen jedno z možných řešení. V tomto případě jsou přirovnání převzata z práce Macháčka [2] a doplněna o Slunce a Měsíc.

Objekt sluneční soustavy	Skutečný poloměr tělesa v km	Poloměr tělesa v měřítku 1 : 1 000 000 000 v cm	Přirovnání k něčemu z našeho okolí (kulatého tvaru)
Slunce	696 300	69,63	Obří dýně „goliáš"
Merkur	2 400	0,24	Hrášek
Venuše	6 100	0,61	Lískový oříšek
Země	6 400	0,64	Lískový oříšek
Měsíc	1 700	0,34	Kulička nového koření
Mars	3 400	0,34	Hrášek
Jupiter	69 900	6,96	Grapefruit
Saturn	58 200	5,82	Grapefruit
Uran	25 600	2,56	Mandarinka
Neptun	24 700	2,47	Mandarinka
Pluto	1 100	0,11	Zrnko pepře

Správné porovnání velikostí můžeme žákům ukázat na obrázku z internetu – je ale potřeba do vyhledávače zadat i spojení „srovnání velikostí".

Připomeneme ještě, že ve sluneční soustavě je mnoho dalších objektů (planetky, komety, trpasličí planety, měsíce, meteoroidy, …), ale ty by v našem modelu byly jen prachem. Představili jsme si také jen část sluneční soustavy, protože ta rozhodně nekončí Neptunem ani Plutem, ale zahrnuje obrovské oblasti zvané Kuiperův pás a Oortův oblak.



Obr. 8 – Porovnání velikostí Slunce a planet[12]

1.2 A jak je to se vzdálenostmi?

Jak je rozlehlá část sluneční soustavy s planetami v našem modelu? Zkusíme nejprve opět kvůli motivaci nechat žáky hádat střední vzdálenost Pluta od Slunce. Jak daleko asi bude „zrnko pepře" od „obří dýně"? Budeme přijímat tipy od žáků, psát je na tabuli a pak necháme hlasovat, ke které variantě se kdo kloní. Můžeme napsat na tabuli následující tabulku s intervaly a necháme žáky vybrat si jednu možnost. Lze tím ukázat, že veřejné mínění nemusí mít vždy pravdu. Díky této aktivitě se opět zapojí celá třída a navíc bude každý žák netrpělivě očekávat správný výsledek, aby se ujistil, jak blízko byl pravdě a zda má lepší odhad než jeho kamarád.

12 http://www.qwertasip.estranky.cz/clanky/e-mc-2.html

Vzdálenost Pluta od Slunce	Počet žáků	Vzdálenost Pluta od Slunce	Počet žáků
0–10 m		500 m–1 000 m	
10 m–50 m		1 000 m–5 000 m	
50 m–100 m		5 000 m–10 000 m	
100 m–500 m		10 000 m–50 000 m	

Správné hodnoty zjistíme výpočtem. Model máme stále v měřítku 1 : 1 000 000 000. Skutečná střední vzdálenost Pluta je přibližně 40 AU (1 AU je střední vzdálenost Země od Slunce, přibližně se jedná o 150 000 000 km), tedy 6 000 000 000 km. Pro model nám vyjde neuvěřitelná hodnota 6 000 m. V kruhu o poloměru 6 km (považujeme-li trajektorii Pluta za kruhovou)[13], tedy na ploše o výměře 110 km^2, se vyskytuje 1 obří dýně, 4 citrusy, 2 oříšky, 2 hrášky a pak už jen smetí. Tato rozloha odpovídá městům Liberec nebo Hradec Králové[14]. A to naše sluneční soustava patří k těm hustějším oblastem vesmíru, protože mnohem méně hmoty bychom našli za naší sluneční soustavou nebo ještě lépe mezi jednotlivými galaxiemi. Na to bychom žáky také měli upozornit.

1.3 A co třeba model velikosti Prahy?

Zkusme teď model zvětšit, aby se do trajektorie poslední planety Neptun vešlo celé město Praha (aby střední vzdálenost Neptuna byla shodná s průměrem opsané kružnice okolo katastrálního území města Prahy). Jak velké bude Slunce? A jak Země? Můžeme před výpočtem nechat žáky opět hádat, a pak společně vypočítáme správné hodnoty.

Střední vzdálenost Neptunu od Slunce je přibližně 30 AU, tedy zhruba 4 500 000 000 km. Poloměr Prahy určíme z hodnoty rozlohy 500 km^2 (považujeme ji za kruh) a získáme přibližně 13 km. Měřítko tedy bude přibližně 1 : 350 000 000. Poloměr skutečného Slunce je přibližně 700 000 km, v našem modelu bude jen 2 m. Poloměr Země je přibližně 6 400 km, v modelu jen 1,8 cm. Země nám tedy oproti minulému modelu vyrostla z lískového oříšku na ořech vlašský.

Na rozloze celé Prahy se tedy povaluje jedna koule o průměru 4 m a 8 mnohem menších kuliček.

Zkuste si rovněž vypočítat, jak bude sluneční soustava vypadat v měřítku vašeho města či vesnice. V případě menších sídel je možné i vytvoření planetární stezky, kdy mají žáci možnost si sluneční soustavu užít i „nohama“. Je jasné, že nám často stačí vlastně jen koření a smetí…

Závěr

V první části článku jsem chtěla těžko představitelné rozměry naší sluneční soustavy alespoň trochu přiblížit žákům deváté třídy základní školy. Sice si nebudou nejspíš pamatovat poloměry planet, ale věřím, že si zapamatují alespoň některý z výše uvedených modelů a získají tak lepší představu o poměrech velikostí planet a jejich vzdálenostech.

A jak je to s gepardem a jeho cestou ke hvězdě Proxima Centauri? Zkuste si do příště odhadnout nebo vypočítat, jak dlouho by mu takový běh trval. Druhý díl článku bude věnován právě vzdálenosti Země od této hvězdy a tvaru naší Galaxie.

Literatura

[1] Hanisko P.: *Inovačné metódy vo vyučovaní astronómie.* Ve: Krupa D. a Kireš M. (red.). *Tvorivý učiteľ fyziky II Národný festival fyziky 2009.* Equilibria, Košice 2009, s. 48.

[2] Macháček M.: *Fyzika pro gymnázia – Astrofyzika.* Prometheus, Praha 2008.

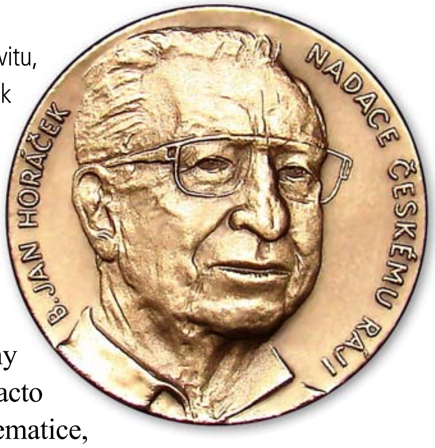
[3] <http://astronomia.zcu.cz/> *Astronomia: Astronomický server Fakulty pedagogické ZČU v Plzni.* (česky).

13 *Trajektorie Pluta ve skutečnosti není kruhová, její numerická excentricita je 0,25.*

14 *http://cs.wikipedia.org/wiki/Seznam_m%C4%9Bst_v_%C4%8Cesku_podle_po%C4%8Dtu_obyvatel*

Praemium Bohemiae 2012 olympionikům

Bohumil Vybíral[1], *Přírodovědecká fakulta Univerzity Hradec Králové*



Nadace B. Jana Horáčka Českému ráji od roku 2001 každoročně koná velmi záslužnou aktivitu, když oceňuje nejlepší středoškolské přírodovědné talenty z celé České republiky. Děje se tak prostřednictvím prestižních cen Praemium Bohemiae.

Slavnost udílení cen za rok 2012 se tradičně konala na zámku Sychrov v úterý 4. prosince, tentokrát v den 88. výročí narození mecenáše a filantropa Bohuslava Jana Horáčka, zřizovatele Nadace. Za 12 ročníků této ojedinělé akce na podporu rozvoje přírodních věd u nejmladší generace Nadace udělila již 258 nadačních cen v celkové výši 4 miliony 300 tisíc Kč. Ceny studenti získávají za vynikající medailové úspěchy na mezinárodních (de facto světových) přírodovědných olympiádách: ve fyzice, chemii, biologii, matematice, informatice a od letošního roku rovněž v astronomii a astrofyzice. Cen bylo za 12 ročníků uděleno již 258, avšak oceněných studentů je „jen" 174. To proto, že mnohým nadaným a pilným studentům se podařilo nadační cenu získat opakovaně, protože na mezinárodní olympiádě byli úspěšní v různých letech anebo dokonce v témže roce, když uspěli na dvou různých olympiádách (v tomto případě je nadační cena dvojitá). Za rok 2012 jsou dvojité ceny tři: získali je studenti Stanislav Fořt, Jakub Vošmera a Martin Raszyk za medaile na 6. Mezinárodní astronomické a astrofyzikální olympiádě v Brazílii a současně za medaile na 43. Mezinárodní fyzikální olympiádě v Estonsku. Roku 2012 cenu Praemium Bohemiae získal již po páté chemik Ondřej Hák, absolvent gymnázia a SOŠ v Hořicích v Podkrkonoší, nyní student Univesity of Cambridge, z toho 3 ceny dostal za 3 zlaté medaile na chemické olympiádě. Celkem čtyřnásobně úspěšný byl i roku 2012 oceněný chemik František Petrouš, absolvent Gymnázia v Českých Budějovicích, Jírovcova ul., student VŠChT v Praze, z toho 3 ceny za 3 zlaté medaile na světové soutěži v chemii a jednu mimořádnou za zlatý úspěch na soutěži EUSO.

Obr. 1 – Část studentů, oceněných cenami PRAEMIUM BOHEMIAE v roce 2012 (foto B. Vybíral)

1 *Bohumil.Vybiral@uhk.cz*

Obr. 2 – Dvě ze čtyř oceněných dívek: biololožky stříbrná Magdaléna Holcová a bronzová Lenka Čurnová (foto B. Vybíral)

Roku 2012 bylo cenami Praemium Bohemiae oceněno 23 studentů (z toho 4 dívky za úspěch v biologii) a udělených nadačních cen bylo 26. Z toho počtu je 23 cen řádných, udělených takto: 3 ceny za zisk zlaté medaile, 11 za stříbrné a 9 za bronzové medaile. Tři mimořádné ceny za zlatý úspěch získali členové tříčlenného týmu na Evropské přírodovědné soutěži EUSO (úspěch na této „jen“ evropské soutěži se podle statutu Nadace běžně neoceňuje). Cena sestává ze tří částí: diplomu, medaile B. J. Horáčka (zlatá, stříbrná nebo bronzová se jménem oceněného studenta) a finanční odměny, která je za zlatou medaili 30 tisíc Kč, za stříbrnou 15 tisíc Kč a za bronzovou 10 tisíc Kč. Tři letošní mimořádné ceny měly hodnotu rovněž po 10 tisících Kč a udělovaly se bez medaile. Celková finanční hodnota cen vyplacených studentům je 375 tisíc Kč.

Nyní uvedu krátký přehled mezinárodních přírodovědných olympiád, na nichž čeští studenti dosáhli významných medailových úspěchů. *Mezinárodní fyzikální olympiáda* (IPhO), v roce 2012 v pořadí již 43., se konala v Estonsku za účasti 378 studentů z 81 států pěti kontinentů. Pět českých studentů dosáhlo vynikajícího úspěchu ziskem 4 stříbrných a 1 bronzové medaile. *Chemie* měla roku 2012 již 44. ročník mezinárodní olympiády (IChO); soutěž se konala v USA, ve Washingtonu, za účasti 283 studentů ze 75 zemí světa. Čtyři čeští studenti dosáhli vynikajícího úspěchu ziskem 1 zlaté, 2 stříbrných a 1 bronzové medaile. *Mezinárodní biologickou olympiádu* (IBO), v pořadí 23., hostil Singapur. Zúčastnilo se jí 239 studentů z 59 států. Čtyři čeští reprezentanti přivezli 1 stříbrnou a 3 bronzové medaile. Nejstarší a nejrozsáhlejší mezinárodní olympiáda – *matematická* (IMO) – měla již 53. ročník. Konala se v Argentině za účasti 548 soutěžících ze 100 států pěti kontinentů. Šestičlenné české družstvo bylo také úspěšné. Naši

Obr. 3 – Pódium divadla na zámku Sychrov při udílení cen. Zleva: J. Nývltová, moderátorka a hudebnice, Mgr. F. Horáček, předseda správní rady, J. Horáček, syn zakladatele, prof. B. Vybíral, organizátor akce, Ing. L. Šubert, jednatel správní rady (foto J. Kříž) matematici přivezli 1 stříbrnou a 1 bronzovou medaili. *Mezinárodní olympiádu v informatice* (IOI), která v roce 2012 měla 24. ročník, hostila Itálie. Soutěže se zúčastnilo 317 studentů z 81 státu. Čtyři čeští reprezentanti přivezli 1 stříbrnou a 2 bronzové medaile. *Mezinárodní olympiádu v astronomii a astrofyzice* (IOAA), v pořadí 6., hostila Brazílie za účasti 124 soutěžících z 27 vyspělých států světa. Pět českých studentů dosáhlo vynikajícího úspěchu ziskem pěti medailí: 2 zlatých, 2 stříbrných a 1 bronzové. Tři mimořádné nadační ceny byly v roce 2012 uděleny českému týmu, který získal zlaté medaile na 10. *Evropské přírodovědné soutěži* (EUSO). Soutěž hostila Litva a zúčastnilo se jí 44 tříčlenných družstev z 22 zemí Evropské unie. Druhý český tým byl bronzový.

Udílení cen Praemium Bohemiae se tradičně neslo ve slavnostním duchu. Slavnosti se kromě studentů a jejich blízkých zúčastnili představitelé Učené společnosti České republiky (US), Rady vědeckých společností České republiky (RVS) a zástupci Jednoty českých matematiků a fyziků (JČMF). Přítomni byli také představitelé jednotlivých přírodovědných olympiád a zástupci veřejného života. Pozdravné projevy přednesli: předseda US prof. ThDr. Petr Pokorný, DrSc., předseda RVS prof. MUDr. Ivo Hána, CSc., zástupce JČMF RNDr. Jan Kříž, Ph.D. a zástupce České astronomické společnosti Ing. Jan Kožuško – rovněž jako dík za roku 2012 poprvé řádně oceněné olympioniky olympiády z astronomie a astrofyziky. Přírodovědné olympiády a jejich světové soutěže v roce 2012 představil prof. Ing. Bohumil Vybíral, CSc. O akci udílení cen informovala také Česká televize v hlavním večerním zpravodajském bloku, a to již dne 4. prosince 2012 (viz Archiv ČT: `http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/1097181328-udalosti/212411000101204/obsah/233326-oceneni-pro-nejlepsi-prirodovedce/`).

Obr. 4 – Studenti fyzici a astronomové, ocenění Praemium Bohemiae 2012: S. Fořt, J. Vošmera, M. Raszyk, O. Bartoš, L. Grund, F. Murár, L. Timko, V. Wohlrath (foto B. Vybíral)

Nyní uvedu informace o studentech, oceněných cenami Praemium Bohemiae 2012 z oboru fyzika a astronomie/astrofyzika, na něž je zaměřen časopis *Školská fyzika*.

(1) STANISLAV FOŘT – **zlatá** medaile na 6. Mezinárodní olympiádě v astronomii a astrofyzice v Brazílii a **stříbrná** medaile na 43. Mezinárodní fyzikální olympiádě v Estonsku, *cena*: (30 + 15) tisíc Kč, absolvent Gymnázia Pierra de Coubertina v Táboře, student University of Cambridge, Velká Británie, laureát PRAEMIUM BOHEMIAE 2011 za zlatou a stříbrnou medaili. (2) JAKUB VOŠMERA – **zlatá** medaile na 6. Mezinárodní olympiádě v astronomii a astrofyzice v Brazílii a **stříbrná** medaile na 43. Mezinárodní fyzikální olympiádě v Estonsku, *cena*: (30 + 15) tisíc Kč, absolvent Gymnázia Matyáše Lercha v Brně, student University of Cambridge, Velká Británie, laureát PRAEMIUM BOHEMIAE 2011 za dvě stříbrné medaile. (3) MARTIN RASZYK – **stříbrná** medaile na 6. Mezinárodní olympiádě v astronomii a astrofyzice v Brazílii a **bronzová** medaile na 43. Mezinárodní fyzikální olympiádě v Estonsku, *cena*: (15 + 10) tisíc Kč, student Gymnázia v Karviné – Novém Městě. (4) ONDŘEJ BARTOŠ – **stříbrná** medaile na 43. Mezinárodní fyzikální olympiádě v Estonsku, *cena*: 15 tisíc Kč, absolvent Gymnázia ve Žďáru nad Sázavou, student Matematicko-fyzikální fakulty Univerzity Karlovy, laureát PRAEMIUM BOHEMIAE 2011 za bronzovou medaili. (5) LUBOMÍR GRUND – **stříbrná** medaile na 43. Mezinárodní fyzikální olympiádě v Estonsku, *cena*: 15 tisíc Kč, student Gymnázia Ch. Dopplera v Praze, laureát mimořádné PRAEMIUM BOHEMIAE 2010 za EUSO. (6) FILIP MURÁR – **stříbrná** medaile na 6. Mezinárodní olympiádě v astronomii a astrofyzice v Brazílii, *cena*: 15 tisíc Kč. Student Gymnázia v Třebíči, Masarykovo nám. (7) LUKÁŠ TIMKO – **bronzová** medaile na 6. Mezinárodní olympiádě v astronomii a astrofyzice v Brazílii, *cena*: 10 tisíc Kč, student Gymnázia Pierra de Coubertina v Táboře. (8) VLADISLAV WOHLRATH – **zlatá** medaile na 10. Evropské přírodovědné soutěži EUSO v Litvě, *mimořádná cena* PRAEMIUM BOHEMIAE 2012: 10 tisíc Kč, student Gymnázia v Rokycanech.

Na závěr připojím výňatek z děkovného projevu Františka Petrouše, laureáta PRAEMIUM BOHEMIAE 2012 za zlatou medaili na IChO ve Washingtonu, USA (je rovněž fyzikem, neboť na celostátním kole FO v Pardubicích roku 2012 patřil do skupiny vítězů této soutěže):

Obr. 5 – František Petrouš (foto B. Vybíral)

„Rád bych vás na této velkolepé akci pozdravil jménem 23 velkoryse oceněných studentů. Dvacet tři je velmi úctyhodné číslo a věřím, že každý z nás je vděčný, že jsme se stali laureáty ocenění PRAEMIUM BOHEMIAE. Chci vyjádřit za nás všechny hluboké poděkování Nadaci Bohuslava Jana Horáčka za to, že jako jedna z mála oceňuje úspěchy na poli vědy už od takto útlého věku. Věřím, že pro mnohé z nás to bude povzbuzení do další práce, pro mladší z nás snad i motivace do dalších ročníků olympiád. Na druhou stranu jsou tu i činnosti, které ani nikdo ocenit nemůže a přesto jsou mnohem důležitější, než vyhrát mezinárodní přírodovědnou olympiádu. Ba dokonce lze říct, že jsou nezbytnou podmínkou úspěchů, které si zde dnes připomínáme. Věřím, že mnohý z nás by tu dnes nebyl, pokud by ho rodiče nevychovali tak, že vzdělání je pro něj určitá hodnota. Na druhou stranu nikdo by si nedokázal vážit vzdělání, pokud by byl po celou dobu školní docházky získával pocit, že vědění je naprosto nezajímavá věc. Já děkuji moc i rodičům a učitelům, kteří nás k tomuto úspěchu dovedli. Někde na naší cestě však nastal zlom, kdy to již nebylo na jejich zodpovědnosti, ale přímo na naší touze proniknout do vědy dále, než umožňují školní lavice. Chci vyjádřit své díky i každému, kdo nám kdy nasadil brouka do hlavy, kdo nám pověděl o zajímavém soustředění, nebo nám vysvětlil záhady, které byly nad naše síly. Děkuji i organizátorům předmětových olympiád, kteří ve svém volném čase vymýšlí užitečnou zábavu pro nás řešitele. Díky vám moc všem.“

Historie a elementární základy teorie barev I.

Václav Kohout[1], Fakulta pedagogická Západočeské univerzity v Plzni

Dostává se vám do rukou první díl série článků zabývajících se teorií barev. Série si neklade za cíl být vědecky přesnou a zcela konzistentní teorií. Jedná se spíš o souhrn dílčích informací tvořících základní přehled, který může být ve většině případů předložen běžnému žákovi druhého stupně základní školy takovým způsobem, že jej bez problémů pochopí. Problematika barev je na rozhraní fyziky, informatiky a výpočetní techniky, přírodopisu, výtvarné výchovy a případně i dalších vyučovacích předmětů. Poznatky, které jsou ve výuce běžně zmiňovány, jsou zde doplněny a rozšířeny odbornějšími informacemi z oboru kolorimetrie. Na kolorimetrický přehled dále naváže článek popisující mezipředmětové výukové téma „Barvy kolem nás", které bylo na jeho základě vytvořeno, a článek popisující a hodnotící ověření tohoto tématu ve výuce.

Úvod

S pojmem barva se setkávají žáci na základní i střední škole ve více vyučovacích předmětech – zejména ve fyzice a v informatice a výpočetní technice, ale také v přírodopisu a samozřejmě ve výtvarné výchově. Každý z těchto předmětů se dotýká barvy jiným způsobem a žákům (ale i vyučujícím) většinou chybí jednotící nadhled. Ve fyzice se v tematickém celku optika v běžné výuce dospěje k rozkladu bílého světla hranolem, k pojmu spektrální barvy, případně ke zmínce o trojbarevném vjemu barvy lidským okem, s nímž souvisí ještě popis barevného monitoru. Trojbarevné vidění se také rozebírá ve výuce přírodopisu v tematickém celku biologie člověka, a to v kapitole věnované lidským smyslům a zraku. V předmětu informatika a výpočetní technika se s pojmem barva pracuje zejména v tematickém celku věnovaném grafickým aplikacím, webové grafice apod. Vysvětluje se pojem RGB barvy a jejího zápisu. Ani ve fyzice, ani v informatice a výpočetní technice se však na úrovni základní školy nedává do jasné souvislosti barva ve spektru a barva popsaná pomocí RGB.

Tato série článků si klade za cíl zmíněné souvislosti a vztahy doplnit a rozšířit o další zajímavé informace z oboru kolorimetrie. Po krátkém motivačním úvodu, který je možné předložit žákům na začátku jejich „výpravy do světa barev", zahájíme přehled spektrálním popisem barvy pomocí vlnové délky světla a její souvislosti se vnímanou barvou. Poté se podíváme na pojem tristimulus ve smyslu popisu barvy pomocí trojice základních barevných stimulů, neboli základních barev, a definujeme pojmy RGB a CMYK. Následně se seznámíme s dalšími možnými tristimuly, jako jsou Munsellův systém, HSB a příbuzné popisy barev. Vše završíme nezávislou definicí barvy navržené komisí CIE – Commission Internationale de l'Eclairage a s ní úzce souvisejícím chromatickým diagramem a pojmem barevná diference.

Záměrně jsem se v naprosté většině případů nepouštěl do matematického vyjadřování a odvozování kolorimetrických vztahů a zaměřil jsem se pouze na kvalitativní popis pojmů a veličin. Pokud někde výjimečně používám matematické vztahy, nejsou určeny pro výklad žákům, ale pouze pro demonstraci některých vazeb mezi kolorimetrickými veličinami pro vyučujícího, který se problematikou barev cíleně zabývá.

K čemu jsou barvy a známe je vůbec?

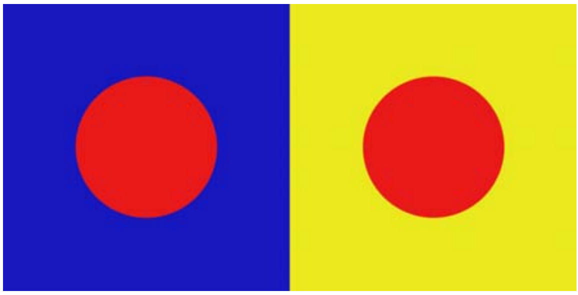
Jedním z důležitých předpokladů přežití člověka jako živočišného druhu v průběhu jeho druhového a historického vývoje je fakt, že lidské oko je schopno vnímat barvy. Člověk v minulosti musel mít schopnost, pomocí které dokázal například rozeznat „špatné" a „dobré" ovoce, mimo jiné podle jeho barvy, a tato schopnost mohla znamenat až rozdíl mezi životem a smrtí. V současnosti však schopnosti lidského oka, a zejména intuitivní popis barvy předmětů, narážejí v mnoha oborech lidské činnosti na hranice možného. Ukazuje se, že již není vhodné a dostatečné popisovat barvy jen prostým slovním označením oranžová, meruňková, lososová apod. Do obrovského množství barev, které je schopen člověk vnímat, je nutno vnést nějaký řád a také nějakou kvantifikaci.

---

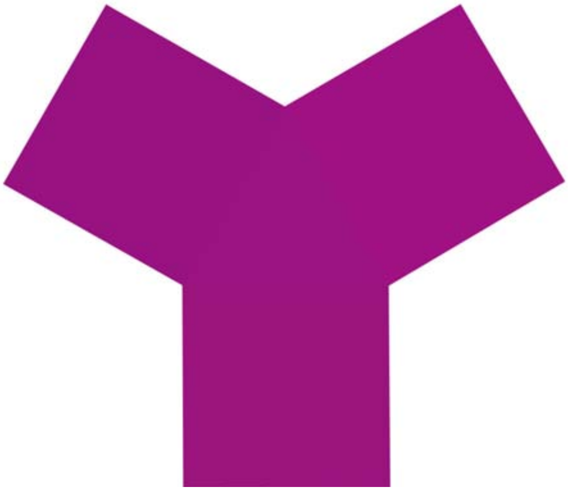
1 vaclav68@kmt.zcu.cz

Je nutno si dále uvědomit, že lidské oko může být při vnímání barev oklamáno, není zcela dokonalé, i když uvážíme fyziologicky zcela zdravé a normální lidské oko. V případě osob postižených daltonismem (formou barvosleposti) není možné o korektním vnímání barev vůbec hovořit. Uvedu několik málo příkladů, které demonstrují běžné situace, kdy při vnímání barev narážíme na meze schopností lidského oka.

- **Metamerismus** – dvě různé barvy (různé rozumíme ve smyslu různé spektrální odrazivosti – viz dále) mohou být vnímány odlišně při jedné barvě osvětlení (klasickými žárovkami nebo zářivkami), jak lze předpokládat. Při jiném druhu osvětlení (denním světlem) se mohou překvapivě jevit zcela stejné. Tento jev bohužel není možno nasimulovat tiskem procesními barvami CMYK ani zobrazením na RGB monitoru.
- **Simultánní kontrast** – zcela identická barva může být lidským okem vnímána jednou tmavší a podruhé světlejší v závislosti na tom, zda je daný barevný objekt umístěný na světlejším nebo tmavším pozadí, viz obr. 1.
- **Rozdíl neboli diference barev** – obr. 2 obsahuje centrální trojúhelník, se kterým sousedí tři čtverce různých barev. Úkolem je rozhodnout, který čtverec má barvu nejpodobnější barvě trojúhelníku. Je pravděpodobné, že různí lidé na tuto otázku poskytnou různé odpovědi. V běžném životě je poměrně zvláštní zabývat se kvantifikací rozdílu dvou barev, ale ukazuje se, že lidé tento pojem intuitivně chápou a dokážou si pod ním něco představit. Pokud je zapotřebí o barvách hovořit nejen intuitivně, je nutné pojem rozdíl barev definovat a kvantifikovat.



Obr. 1 – simultánní kontrast, subjektivní vnímání



Obr. 2 – rozdíl barev, subjektivní vnímání

Na faktu, že jsou schopnosti lidského oka při vnímání barev nejrůznějším způsobem omezené, staví velké množství optických klamů. Je možné je nalézt na mnoha webových stránkách. Jejich rozborem by bylo možné jednotlivá omezení podrobněji popsat, to však není cílem článku. Věnujme se nyní historii poznatků o barvách a s tím souvisejícím a v průběhu doby stále se zpřesňujícím popisům barvy.

Spektrum

Isaac Newton a jeho přínos k nauce o barvách

Anglický fyzik a matematik Isaac Newton (1642–1727) se mimo prací v mnoha jiných fyzikálních a matematických oblastech zabýval také světlem a jeho vlastnostmi. V Newtonově době byly znalosti o barvách velice kusé. Bylo známo, že barva souvisí s vlastnostmi povrchu objektu a zároveň se světlem odraženým od objektu. Byly využívány geometrické vlastnosti světla, jako jsou odraz a lom, ale vlastnosti související s barevností světla do té doby nebyly nijak systematizovány. Newton zjistil, že bílé světlo může být rozděleno na jednotlivé základní barvy. Pás těchto základních barev pojmenoval spektrum a popsal pořadí barev – oblast červenou, oranžovou, žlutou, zelenou, modrou, indigovou a fialovou. K popisu barev si vybral těchto sedm základních oblastí, i když bylo i jemu zřejmé, že existuje bezpočet dalších barev, které leží mezi nimi. Podstatné je zejména to, že Newton definuje barvu jako vlastnost světla. Bílé světlo v sobě obsahuje všechny barvy. Pokud se nám povrch jeví „žlutý“, pak to znamená, že tento povrch nějakým způsobem změnil původně bílé světlo, které se od něj odrazilo. Není-li světlo, nejsou ani barvy.

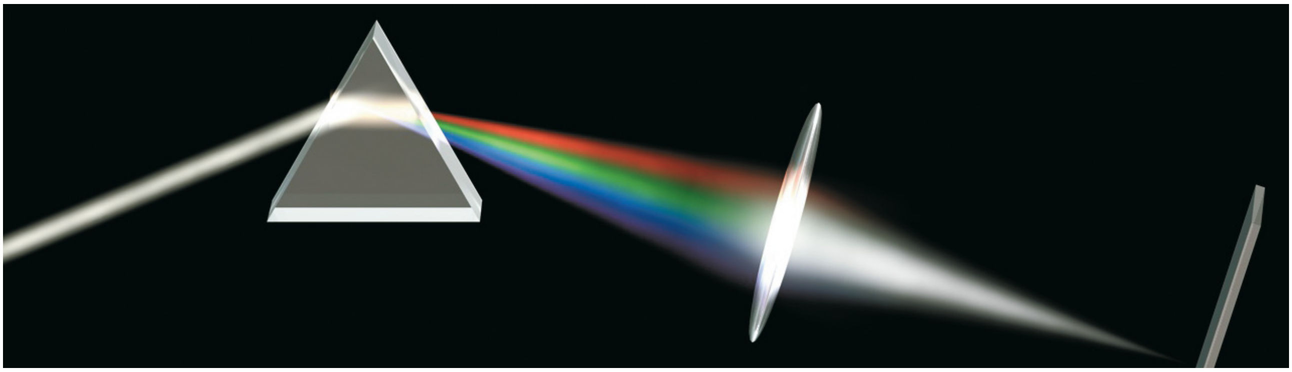
Newtonův pokus s hranolem

Oproti populárnímu tvrzení rozhodně nebyl Newton tím, kdo objevil optický hranol. Světelný barevný úkaz (spektrum) získaný hranolem byl v Newtonově době již dobře známý. Předpokládalo se však, že barvy spektra byly nějakým způsobem do světla přidány interakcí světla s látkou, ze které byl hranol vyroben (sklo nebo kapky vody způsobující duhu). Newton však ukázal, že všechny barvy spektra byly přítomné už v původním světle a hranol posloužil pouze k rozdělení původního bílého světla na jednotlivé barvy.

Obr. 3 – Newtonův pokus – rozklad světla hranolem[2]

Svůj slavný pokus Newton zrealizoval roku 1666 ve Woolsthorpe v hrabství Lincolnshire. Zatemnil pokoj a nechal do něj vstupovat malým kruhovým otvorem v okenici pouze úzký paprsek denního světla. Tento paprsek se jevil po dopadu jako malá bílá skvrna. Poté Newton umístil k otvoru trojboký hranol, který lámal paprsek světla, a tím zároveň způsobil, že se bílá skvrna změnila v pestrobarevný pruh. Jeden konec pruhu byl červený, druhý fialový a ostatní barvy se objevily mezi nimi (obr. 3).

Pomocí další clony s kruhovým otvorem pak Newton izoloval světelný paprsek pouze jediné barvy a zjistil, že tento paprsek již nelze hranolem dále rozložit, jeho barva zůstává stále stejná. Izoloval určitou úzkou část spektra a ověřil, že v ní již nejsou obsaženy další barvy. Newton provedl také opačný experiment. Paprsek rozložený prvním hranolem na spektrum nechal procházet spojnou čočkou a získal zpět původní bílé světlo (obr. 4).



Obr. 4 – Newtonův pokus – složení spektra v bílé světlo[3]

Z pokusů Newton vyvodil, že světelné paprsky procházející hranolem jsou lámány pod různým úhlem v závislosti na jisté vlastnosti světla, kterou nazýváme „barva“. Dnes víme, že touto vlastností je vlnová délka světla.

Jistě stojí za zmínku, že ještě před Isaacem Nevtonem zkoumá stejnou problematiku v Čechách Jan Marcus (Marek) Marci (1595–1667), český lékař, fyzik a matematik, který se proslavil svými fyzikálními objevy o rázu pružných těles a o lomu světla. Za tyto výsledky byl jmenován členem Královské společnosti nauk v Londýně.

Souvislost mezi vlnovou délkou světla, barvou a spektrem

Newton také pozoroval a zkoumal jev zvaný dnes Newtonovy kroužky. Při studiu tohoto fenoménu byl již blízko odhalení vztahu mezi vlnovou délkou a barvou světla. Později se však jeho pozornost upírala spíše k jiným odvětvím matematiky a fyziky, jako jsou diferenciální počet, mechanika a pohybové zákony, vlastnosti gravitace, a tak si souvislost mezi vlnovou délkou a barvou světla musela na svůj objev ještě počkat.

2 *Převzato z: Rauner K. a kol.:* Fyzika 7 pro základní školy a víceletá gymnázia. *Nakladatelství Fraus, Plzeň 2005.*

3 *Převzato z: Rauner K. a kol.:* Fyzika 7 pro základní školy a víceletá gymnázia. *Nakladatelství Fraus, Plzeň 2005.*

Základy pro vlnovou teorii světla vybudoval až James Clerk Maxwell (1831–1879), který se zabýval jiným odvětvím fyziky bezprostředně nesouvisející se světlem a s barvami. Snažil se najít základy jednotné teorie elektřiny a magnetismu (teorie elektromagnetického pole). Podařilo se mu však dokázat, že světlo je pouze jednou z forem elektromagnetické energie a může být popsáno pomocí standardních rovnic elektromagnetických vln. Je nutné podotknout, že Maxwell nebyl první, kdo se zabýval vlnovou teorií světla. Této myšlence se věnovali vědci již daleko dříve. Nedostatkem dřívějších vlnových teorií však byla nutnost postulovat fiktivní či virtuální prostředí (éter), ve kterém by se mohly světelné vlny šířit. Až Maxwell vytvořil ucelenou teorii elektromagnetického vlnění, která pro vysvětlení šíření vln v prostoru žádnou „berličku" v podobě nehmotného éteru nepotřebovala.

Vlnová délka světla se pohybuje zhruba mezi 380 a 770 nm. Elektromagnetické vlnění o vlnových délkách pod 380 nm a nad 770 nm je pro lidské oči neviditelné. Uvedené hraniční vlnové délky mohou být pro různé lidi mírně odlišné. Newtonův pokus, při kterém vznikne barevné spektrum po průchodu bílého světla optickým hranolem, můžeme popsat také tak, že světelné vlny s kratší vlnovou délkou se lámou více než vlny s delší vlnovou délkou.

Nyní můžeme přiřadit jednotlivým barvám v barevném spektru konkrétní čísla (vlnové délky světla dané barvy), a tím můžeme popsat barvy daleko přesněji, než je popisoval Newton pomocí svých sedmi barevných oblastí (červená, oranžová, žlutá, zelená, modrá, indigová, fialová).

Existuje „světlo" s vlnovou délkou menší než 380 nm a větší než 770 nm? Není žádný důvod pro to, aby elektromagnetické vlnění těchto vlnových délek neexistovalo, pouze ho lidské oči nejsou schopné zaregistrovat. Oblast vlnových délek sousedící bezprostředně s červeným světlem, tj. vlnových délek nad 770 nm, označujeme jako infračervený obor, oblast sousedící s fialovým světlem, tj. vlnové délky pod 380 nm, nazýváme ultrafialový obor. Není problém sestrojit detektory, které budou schopny detekovat elektromagnetické vlnění i v dalších oblastech elektromagnetického spektra, např. rentgenové kamery, gama dalekohledy apod. nebo zařízení, která bude možné naladit na příjem konkrétních vlnových délek – radiopřijímače a televizní přijímače.

Vyzařování a odraz světla, průchod světla látkou

Zatím jsme dospěli k tomu, že barva světla souvisí s jeho vlnovou délkou a jednotlivé barvy můžeme pozorovat ve spektru. Je třeba si však uvědomit, že v přírodě se vyskytuje mnohem více barev, než se nachází ve spektru. Kde se berou tyto další barvy a jak souvisí s vlnovou délkou světla? Jsou dva způsoby, jak mohou objekty v přírodě ovlivňovat, z jakých vlnových délek je složeno dané světlo – tělesa mohou světlo vyzařovat (emitovat) nebo pohlcovat (absorbovat).

- **Vyzařování (emise) světla.** Při vyzařování světla je přeměňována nějaká jiná forma energie na energii světelnou. Vyzařování je vždy způsobeno konkrétními chemickými nebo fyzikálními procesy (například hoření). Pomocí fyzikálního či chemického procesu získáme vyzářené světlo různých vlnových délek. Žádný zdroj světla v přírodě není „ideálně bílý", aby vyzařoval rovnoměrně na všech vlnových délkách.
- **Pohlcování (absorpce) světla.** Světelná energie je při absorpci přeměněna na jiné formy energie, je opakem emise. Libovolné světlo, které dopadne na těleso z dané látky, může být pohlceno jejími atomy či molekulami. Míra absorpce světla konkrétní vlnové délky je závislá na chemickém složení látky.

Jakékoli změny barvy světla při odrazu nebo průchodu tělesem či látkou, jinými slovy změny v zastoupení jednotlivých vlnových délek ve světle odraženém od tělesa nebo ve světle tělesem prošlém, jsou způsobeny pohlcováním (absorpcí) nebo vyzařováním (emisí) světla.

- **Odraz světla.** Kdykoli se světlo odráží od těles a jejich povrchů, interaguje s nimi. Na odraz je možné pohlížet jako na pohlcení světla a jeho okamžité následné vyzáření. Například u ideálního zrcadla je odražené světlo zcela totožné s dopadajícím světlem, změní se pouze jeho směr. Daleko častěji je ale dopadající světlo některých vlnových délek pohlcováno více než jiných vlnových délek. Odražené světlo má z hlediska zastoupených vlnových délek jiné složení.
- **Průchod světla.** Světlo prochází průhlednými nebo průsvitnými látkami, jako jsou voda, vzduch, filmová emulze, inkousty apod. Světlo při průchodu látkou interaguje s jejími molekulami nebo i většími částicemi a opět jsou některé

vlnové délky pohlcovány více než jiné. V každém případě je míra absorpce všech vlnových délek závislá na tloušťce vrstvy látky, kterou světlo prošlo. Například voda se běžně jeví jako průhledná, ale při potápění do větších hloubek tomu tak zdaleka není a projde jí pouze malé množství světla. Jediným dokonale průhledným prostředím je vakuum. Shrnutím předchozího lze všechny viditelné objekty rozdělit do tří kategorií: objekty vyzařující světlo (světelné zdroje – například počítačové monitory, žárovky, zářivky) a dva druhy objektů pohlcujících světlo – jedny světlo odrážejí, druhými světlo prochází.

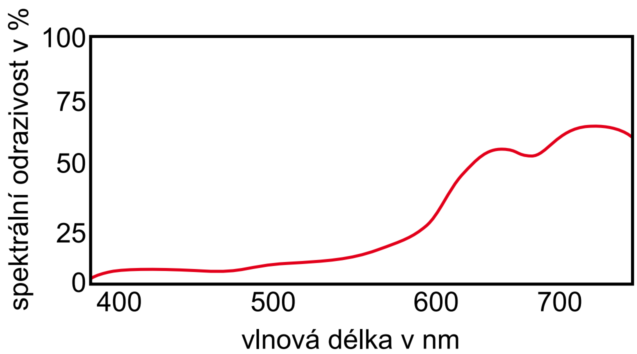
Spektrální data a spektrální křivky

Spektrální data každého objektu popisují, jakým způsobem tento objekt ovlivňuje světlo jednotlivých vlnových délek. Grafickým vyjádřením spektrálních dat jsou spektrální křivky. U objektu odrážejícího světlo můžeme popsat jeho spektrální odrazivost (reflektanci) – pro jednotlivé vlnové délky stanovíme intenzitu odraženého světla v procentech dopadajícího světla. Obr. 5 znázorňuje graf odrazivosti pro červený objekt – odráží velice málo světla krátkých vlnových délek (modré a zelené), částečně odráží žlutou část spektra a nejvíce odráží světlo delších vlnových délek (oranžové a červené).

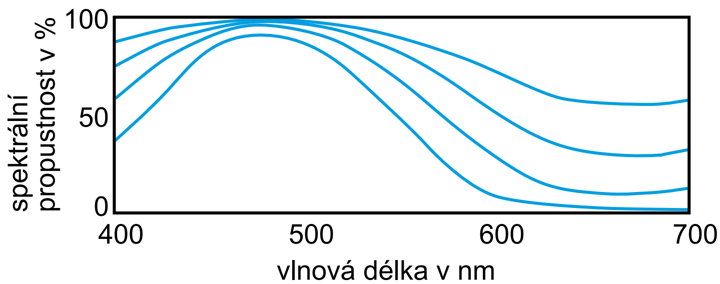
Přístroje, pomocí kterých můžeme zkoumat spektrální křivky pro libovolné objekty na základě měření spektrálních dat, tj. množství světla odraženého nebo propuštěného objektem pro jednotlivé vlnové délky, se nazývají spektrofotometry.

U objektů, které světlo propouštějí, můžeme zkoumat jejich spektrální propustnost – intenzitu prošlého světla pro jednotlivé vlnové délky udávanou opět v procentech dopadajícího světla. Obr. 6 znázorňuje graf spektrální propustnosti pro azurový inkoust – propouští zejména světlo kratších vlnových délek (modré), méně středních (zelené) a nejméně dlouhých vlnových délek (červené).

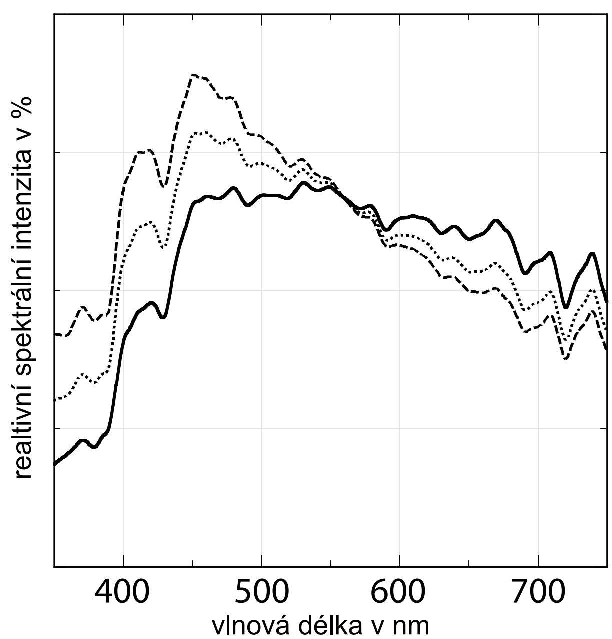
Poznámka – inkousty používané v tisku jsou transparentní a má smysl udávat jejich propustnost,



Obr. 5 – graf (spektrální křivka) odrazivosti červeného předmětu[4]



Obr. 6 – graf (spektrální křivka) propustnosti azurového inkoustu v různých koncentracích (dolní křivka odpovídá největší koncentraci)[5]



Obr. 7 – spektrální křivky denního světla v závislosti na různých atmosférických podmínkách[6]

4 *Podle: Hunt R. W. G.:* The reproduction of Colour. *John Wiley & Sons Ltd., Chichester (West Sussex, England, GB) 2004.*

5 *Podle: Hunt R. W. G.:* The reproduction of Colour. *John Wiley & Sons Ltd., Chichester (West Sussex, England, GB) 2004.*

6 *Podle: Giorgianni E. J., Madden T. E.:* Digital Color Management: Encoding Solutions. *John Wiley & Sons Ltd., Chichester (West Sussex, England, GB) 2008.*

nikoli odrazivost. Světlo projde inkoustem, odrazí se od bílého podkladového papíru a projde inkoustem podruhé cestou zpět. Při průchodu světla inkoust absorbuje světlo vlnových délek podle své barvy. Pokud však pohlížíme na papír a inkoust jako na jeden objekt, světlo odráží.

U objektů vyzařujících světlo můžeme měřit intenzitu vyzářené světelné energie pro jednotlivé vlnové délky udávanou v poměru k celkové vyzářené světelné energii. Na obr. 7 na předchozí straně je graf spektrální křivky denního světla po průchodu světla zemskou atmosférou, ve které se sluneční světlo částečně rozptyluje a pohlcuje.

Spektrální data – kompletní popis barvy

Nyní máme k dispozici první přijatelný model pro popis fyzikální vlastnosti, kterou v běžné řeči nazýváme „barva objektu“: Běžné světlo je tvořeno kombinací světel různých vlnových délek. Přesné zastoupení konkrétních vlnových délek je dáno vlastnostmi světelného zdroje. Pokud se světlo odráží od povrchu tělesa nebo prochází průhledným či průsvitným tělesem, zastoupení jednotlivých vlnových délek ve světle se změní. Světlo některých vlnových délek je absorbováno více než světlo jiných vlnových délek. Výsledná kombinace vlnových délek je informací, které v běžném jazyce říkáme barva. Spektrální data nebo jejich grafické vyjádření spektrální křivky jsou kompletním a jednoznačným popisem barevné informace. Povrch má danou barvu tím, že pohlcuje dopadající světlo některých vlnových délek, zatímco odráží (a/nebo propouští) světlo zbylé.

V principu by bylo možné popis barvy pomocí její spektrální křivky uzavřít, ale existují důvody, proč popisovat barvu ještě jiným způsobem:

1. Spektrální křivka popisuje, jak se chová světelný zdroj a jakým způsobem je dopadající světlo ovlivňováno při odrazu nebo průchodu barevným tělesem. Nezabývá se ale vůbec tím, jakým způsobem interpretuje barvu lidské oko.
2. Bylo by velice obtížné vyrobit zařízení jako barevné televizní obrazovky, tiskárny, počítačové monitory, skenery a další pouze na základě definice barvy světla pomocí jeho spektrální křivky. Je nutné přijít s jednodušším modelem barev, který umožní průmyslovou výrobu uvedených zařízení.
3. Spektrální data nejsou vhodná pro některé matematické operace s barvami a pro použití v situacích, kde je zapotřebí popsat a hlavně také vizualizovat vztahy mezi několika barvami. Je problémem znázornit do jednoho obrázku více než jednu nebo dvě barvy. Ze spektrálních dat není možné určit, jak jsou dvě barvy navzájem „vzdálené“ – v tom smyslu, že většina lidí bude některé dvě barvy považovat za vzájemně bližší než jiné dvě barvy.

Literatura

[1] Bunting F. a kol.: *Colortron: User Manual.* Light Source Computer Images, Inc., Larkspur (California, USA) 1994.

[2] Fraser B., Murphy C., Bunting F.: *Správa barev: Průvodce profesionála v grafice a pre-pressu.* Computer Press, Brno 2003.

[3] Giorgianni E. J., Madden T. E.: *Digital Color Management: Encoding Solutions.* John Wiley & Sons Ltd., Chichester (West Sussex, England, GB) 2008.

[4] Hunt R. W. G.: *The reproduction of Colour.* John Wiley & Sons Ltd., Chichester (West Sussex, England, GB) 2004.

[5] Kang H. R.: *Computational Color Technology.* SPIE – The International Society for Optical Engineering, Bellingham (Washington, USA) 2006.

V příštím pokračování článku se podíváme na zcela odlišné způsoby popisu barev. Seznámíme se s pojmy, jako jsou tristimulus, RGB, CMYK, a s mnoha dalšími.

Krajské kolo Fyzikální olympiády – 53. ročník kategorie E

Ivo Volf, Pavel Kabrhel[1], Ústřední komise Fyzikální olympiády, Univerzita Hradec Králové

Krajské kolo Fyzikální olympiády v kategorii E je náročná soutěž, která se zaměřuje na vyhledávání nadaných žáků škol poskytujících základní vzdělání s hlubším zájmem o fyziku. Článek obsahuje texty, řešení a komentář zadaných úloh a může sloužit pro další práci s talentovanými žáky.

Fyzikální olympiáda (FO) vstoupila v tomto školním roce již do 54. ročníku své existence; na úrovni základního vzdělání má kategorii E pro 9. ročník základní školy a jemu odpovídající ročníky víceletých gymnázií. V prvním kole vybírá učitel fyziky vhodné úlohy pro své žáky z databáze, kterou připravujeme pro osmáky a deváťáky, a to šest úloh teoretických a jednu úlohu experimentální. Druhé, okresní kolo obsahuje čtyři úlohy jen teoretické a třetí, krajské kolo má zařazeny čtyři úlohy taky jen výpočtové, i když většinou již jde o obtížnější problémové situace. Protože se zabýváme vytvářením fyzikálních úloh pro soutěž FO v kategoriích určených pro žáky navštěvující školy poskytující základní vzdělání již dlouhodobě, zajímáme se i o to, jak se soutěžícím řešení problémů daří. Na druhé straně úlohy z krajského kola jsou sice publikovány na webovské stránce FO (texty a řešení viz `http://fyzikalniolympiada.cz`), ale ne každý učitel fyziky k nim najde správnou cestu. Proto považujeme za vhodné informovat čtenáře o letošních úlohách. Vede nás k tomu ještě jeden argument – mnoho soutěžících i jejich učitelé někdy nabývají dojmu, že úlohy jsou příliš obtížné, než aby byli schopni je vyřešit v předepsaném čase 4 hodin. Podívejte se tedy na úlohy, pokuste se je vyřešit a můžete nám napsat své připomínky na adresu ivo.volf@uhk.cz. V úvodu zadání úloh uvádíme základní informace:

Úlohy řešte v klidu, v pořadí, které vám vyhovuje. Řešení pište čitelně a tak, aby bylo jasné, jak jste postupovali. Úlohy jsou řešitelné, musíte se však vyznat v textu a pro řešení se snažte nakreslit vhodné obrázky. Následují texty úloh pro třetí kolo FO53E.

FO53E3 – 1: Předjíždění vozidel

Nákladní vozidlo, přepravující část mostní konstrukce o délce 32 m a šířce 6 m, je doprovázeno dvěma doprovodnými osobními automobily, z nichž jeden jede vpředu a druhý vzadu, takže vytvářejí kolonu o celkové délce 60 m. Kolona se pohybuje stálou rychlostí 45 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$.

a) Po ulici v uzavřené obci jede týmž směrem kloubový autobus o délce 18 m stálou rychlostí 54 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Předjíždění začíná 25 m za soupravou a ukončí v okamžiku, kdy se zadní část autobusu dostane do vzdálenosti 15 m před první doprovodné vozidlo. Urči, jak dlouho trvá předjíždění, jakou dráhu při předjíždění urazí autobus a jakou dráhu kolona vozidel.

b) Za zcela stejných podmínek probíhá předjíždění kolony vozidel týmž kloubovým autobusem, ale v prostoru mimo uzavřenou obec, kdy autobus jede stálou rychlostí 90 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Urči, jak dlouho trvá předjíždění kolony vozidel a jakou dráhu urazí přitom autobus.

1 *ivo.volf@uhk.cz, pavel.kabrhel@uhk.cz*

c) Při předjíždění se stává vozovka neprůjezdnou pro vozidla jedoucí v protisměru. Jak daleko může být od kolony vozidel vezoucích mostní konstrukci protijedoucí motocykl, pohybující se rychlostí stejnou jako kloubový autobus, aby nebyl ohrožen při předjíždění kolony autobusem? Uvaž oba případy – pro pohyb v obci a mimo uzavřenou obec.

Poznámka: Malou změnu dráhy vzniklou přejížděním do levého pruhu vozovky neuvažuj.

FO53E3 – 2: Zahřívání látek

Michal se rozhodl, že při domácích experimentech začne k vážení používat ocelové matice o hmotnosti 15 g. Protože matice byly znečištěné a mastné, rozhodl se, že je vyčistí. Vzal si půl litru vody počáteční teploty 20 °C, kterou ohřál na 100 °C (ten den byl vyšší atmosférický tlak), a postupně do vody naházel 50 matic také teploty 20 °C. Potom vodu znovu ohřál na původní teplotu před vhazováním matic a dřevěnou pinzetou (na okurky) je vyzvedával a postupně je naházel po mírném oschnutí do nádoby s chladnější vodou s trochou odmašťovače o objemu půl litru a původní teplotě 20 °C.

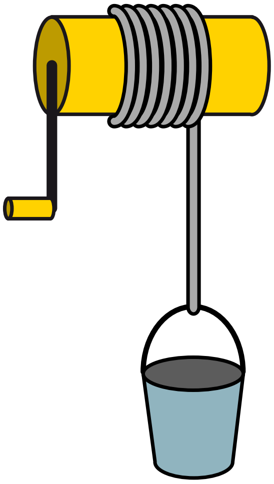
a) Je-li měrná tepelná kapacita oceli 460 $\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg{\cdot}°C}}$ a vody 4 200 $\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{kg{\cdot}°C}}$, jak velké teplo je třeba k zahřátí vody z počáteční teploty na teplotu varu? Jaké teplo je třeba k ohřátí jedné matice z počáteční teploty na bod varu vody?

b) Jak klesne teplota vroucí vody při vhození jedné matice? Padesáti matic?

c) Kolik tepla je nutno dodat soustavě voda + matice, aby získala opět teplotu 100 °C?

d) Jak se zvýší teplota závěrečné lázně po vhození jedné, deseti, padesáti matic?

FO53E3 – 3: Zvedání nákladu na svislém laně



Dělník pracující na novostavbě ve výšce 14. podlaží zvedá smotek podlahové krytiny o hmotnosti 25 kg, upevněný na laně o délce 40,0 m, přičemž hmotnost jednoho metru lana je 400 g. Lano se postupně namotává na dřevěný válec o průměru 30 cm, dělník používá kliku o délce 60 cm (tzv. rumpál). Na počátku zvedání ležel smotek právě na zemi a lano bylo napnuté.

a) Jakou silou musí dělník zvedat lano s krytinou, když je táhne směrem svisle vzhůru? Výsledek zakresli v grafu $F(x)$, kde F je síla, x výška zvednutí krytiny nad okolím domu.

b) Jakou práci musí dělník přitom vykonat? Použij graf z části a).

c) Dokážeš určit práci pomocí změny potenciální energie nákladu a lana? Kolik vyjde?

d) Jakou silou působí dělník na kliku a jakou práci vykoná během prvního otočení válce kolem osy? Do jaké výšky přitom zvedne zvedaný náklad?

e) Jestliže zvedání trvá 3,0 min, jaký je průměrný výkon dělníka?

FO53E3 – 4: Napětí na potenciometru

Klasický potenciometr je sestaven z vinutí z izolovaného drátu (izolace je odstraněna pouze v místech, kde se vinutí dotýká jezdec) namotaného na keramickém válci, o celkovém odporu 1 200 ohmů. Vinutí připojené ke dvěma zdířkám, každá na jedné straně válce, spojíme se zdrojem o napětí 12,0 V. Jezdec je připojen prostřednictvím měděné tyčky zanedbatelného odporu na třetí zdířku (viz obr.). Když připojíme mezi zdířku z jezdce a zdířku z jednoho konce vinutí na válci voltmetr a jezdcem posouváme, můžeme pozorovat, jak se údaj voltmetru postupně mění – buď z hodnoty 0 V na hodnotu 12,0 V nebo opačně, z hodnoty 12,0 V klesá na nulu. Potom umístíme jezdec přesně doprostřed délky vinutí.

a) Nakresli elektrické schéma obvodů, o kterých se v textu o potenciometru hovoří.
b) Zjisti, jaký údaj ukazuje voltmetr, zvážíme-li, že má voltmetr velmi velký odpor.
c) Vypočti, jaký údaj ukáže voltmetr, když jeho tzv. vnitřní odpor (tj. odpor voltmetru jako elektrického rezistoru) bude malý, tj. 6 000 ohmů.
d) Jaké napětí bude na rezistoru o odporu 100 ohmů, když ho připojíme mezi jezdce (umístěného uprostřed vinutí) a zdířku vycházející z konce vinutí, tedy místo voltmetru.

Potenciometr a jeho schematická značka

Poznámky k charakteru a hodnocení úloh

První úloha je poměrně snadná, je však založena na dobré představivosti řešitele. K řešení může zvolit jednak obrázek, v němž vyznačí počáteční a koncovou situaci při předjíždění. Z obrázku plyne závěr, že přední část autobusu musí kromě dráhy, kterou ujede předjížděná kolona, urazit ještě další dráhu tak, aby se zadní část autobusu dostala do bezpečné vzdálenosti před předjížděná vozidla. Lze volit i řešení, kdy vztažnou soustavu spojíme s předjížděnou kolonou a kloubový autobus má vzhledem ke koloně relativní rychlost, která je rovna rozdílu rychlostí. Toto platí jednak v obci, ale i mimo uzavřenou obec. Poslední problém je určen pro nejlepší řešitele – zde musí zapracovat dobrá představivost a již dříve získaná zkušenost cestujícího v osobním automobilu. Má také výchovný aspekt – neriskovat zbytečně jednak při předjíždění, jednak při jízdě v protisměru.

Při řešení druhé úlohy je třeba, aby řešitel znal dobře kalorimetrickou rovnici v základním tvaru, dovedl dobře označit veličiny a správně dosadit potřebné hodnoty. Zdánlivě jde o několik stejných úloh, ale pro každou z nich je třeba najít správnou úvahu. Pro účastníky krajského kola by řešení nemělo činit problémy.

Třetí úloha je pak obtížnější – je třeba, aby řešitel zvážil, jak se mění tahová síla s ohledem na to, že se při zvedání zkracuje „aktivně působící“ část lana, tím se zmenšuje síla, působící při zvedání. Výsledkem je to, že na začátku musí dělník působit větší silou při zvedání než na jeho konci. V grafickém záznamu vznikne v prvním kvadrantu lichoběžník závislosti síly F na výšce x krytiny nad zemí. K výpočtu práce pak lze využít obsahu lichoběžníka. K výsledku lze dospět také ze změny potenciální energie soustavy těleso + lano. Vypočítaný výkon představuje střední hodnotu.

Čtvrtá úloha byla asi nejobtížnější, a to proto, že šlo o potenciometr. Zatímco tuto součástku v moderní podobě používá pravděpodobně každý žák, poučení o principu činnosti potenciometru se každému nedostává. Zdá se nám však, že popis konstrukce této elektrotechnické součástky je docela srozumitelný, také elektrické schéma naznačuje, že pro řešení je nutno rozdělit vodič na dvě části o stejném odporu, přičemž se mezi konec potenciometru a jezdec umístí voltmetr, který je ovšem také rezistorem. Cílem zařazení úlohy bylo umožnit větší rozdělení soutěžících.

Každá úloha obsahovala jakousi základní část, kterou by soutěžící z krajského kola vyřešit měl a mohl, takže získat základních 5 bodů nebylo nemožné; dále obsahovala každá úloha i část, jež umožňovala vznik dobrého rozptylu k oddělení dobrých a vynikajících soutěžících. Konkrétní rozdělení bodů, které mělo sloužit v daném kraji k porovnávání výsledků s ohledem na určité srovnání celostátní, uvádíme dále.

Návrh hodnocení:

E1: a) 4 body, b) 3 body, c) 3 body, celkem 10 bodů;
E2: a) 3 body, b) 2 body, c) 3 body, d) 2 body, celkem 10 bodů;
E3: a) 2 body, b) 2 body, c) 2 body, d) 2 body, e) 2 body, celkem 10 bodů;
E4: a) 3 body, b) 2 body, c) 2 body, d) 3 body, celkem 10 bodů.

Zopakujme ještě na závěr, že účastník 3. kola se stává úspěšným řešitelem, dosáhne-li v celkovém součtu nejméně 14 bodů a současně aspoň ve dvou úlohách nejméně 5 bodů.

Podívejme se ještě na stručné řešení úloh. Přitom se předpokládá, že opravující učitel si všechny úlohy (anebo alespoň opravovanou úlohu) pečlivě vyřešil, že opravuje s rozvahou, snaží se porozumět zpracovanému protokolu o vyřešení úlohy a nesnaží se pouze porovnávat řešení předložené účastníkem soutěže s řešením, které předložil autor úlohy nebo komise pro výběr úloh.

Poznámka: V textu úloh byly provedeny drobné stylizační úpravy navržené recenzenty článku.

FO53E3 – Řešení

V úvodu je poznámka: Opravujícím doporučujeme, aby si úlohu pečlivě vyřešili a s úlohou se dobře seznámili, pak výsledek zkontrolovali s níže uvedenými výpočty.

FO53E3 – 1

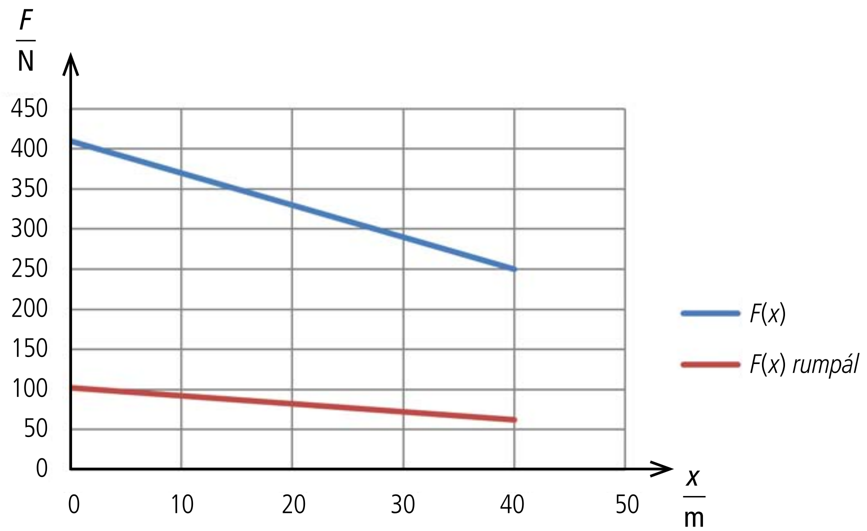
a) Doba předjíždění je t = 47,2 s, autobus za tuto dobu urazí vzdálenost s_1 = 708 m, souprava urazí vzdálenost s_2 = 590 m.
b) Doba předjíždění je t = 9,44 s, autobus za tuto dobu urazí vzdálenost s_1 = 236 m, souprava urazí vzdálenost s_2 = 118 m.
c) V 1. případě autobus při předjíždění urazí vzdálenost 708 m, ve 2. případě 236 m. Protijedoucí motocykl musí být minimálně ve dvojnásobné vzdálenosti od autobusu, než je dráha, kterou autobus urazí. Od začátku soupravy musí být minimálně v 1. případě ve vzdálenosti 1 416 m, ve 2. případě 472 m.

FO53E3 – 2

a) K ohřátí vody je třeba teplo 168 kJ, k ohřátí jedné matice 552 J.
b) Po vhození jedné matice klesne teplota vody na 99,7 °C, po vhození padesáti matic klesne teplota vody na 88,7 °C.
c) K opětovnému ohřátí vody s maticemi na 100 °C je třeba teplo 27,6 kJ.
d) Teplota závěrečné lázně po vhození jedné matice se zvýší na 20,3 °C, po vhození deseti matic na 22,5 °C a po vhození padesáti matic na 31,2 °C.

FO53E3 – 3

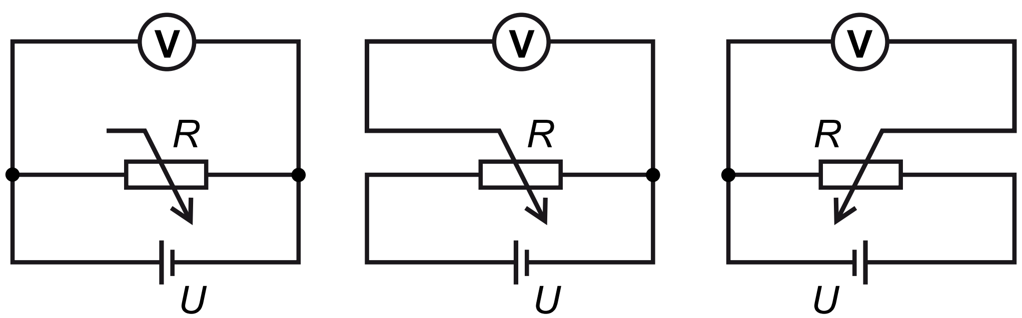
a) Bez pomoci rumpálu by musel dělník zvedat lano ze začátku silou 410 N a na konci silou 250 N. Jestliže použije rumpál, poté na začátku bude zvedat lano silou 102,5 N a na konci bude zvedat lano silou 62,5 N.



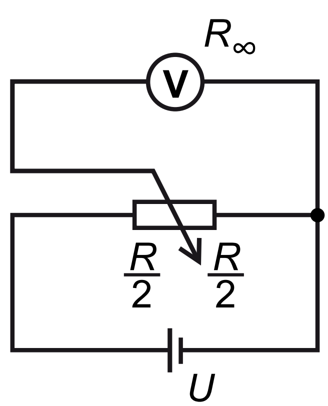
b) Dělník musí vykonat práci 13,2 kJ.
c) Změna potenciální energie lana a krytiny je 13,2 kJ.
d) Během prvního otočení se náklad zvedne o 0,94 m. Na začátku musí dělník působit na kliku silou 102,5 N, na konci musí působit silou 101,6 N. Průměrná síla, kterou dělník musí působit je 102 N. Vykoná při tom práci 385 J.
e) Výkon dělníka je 73,3 W.

FO53E3 – 4

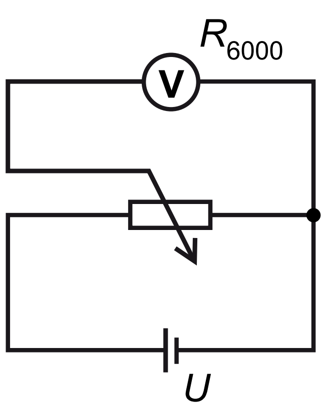
a)



b) $U = 6$ V

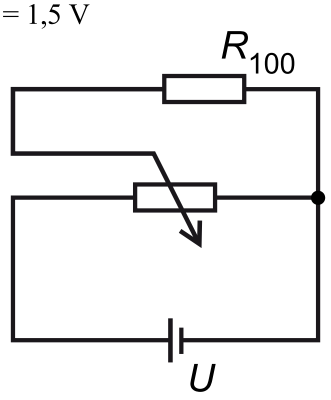


c) $U = 5{,}7$ V



V případě b) voltmetrem proud skoro neprochází

d) $U = 1{,}5$ V



Závěrem

Naše zkušenost nám říká, že není možno vytvořit úlohy, které by se zalíbily všem. Vůbec problematika vytváření úloh, vhodných pro soutěž, je velmi složitá. Pokud se vám zdá, že úlohy jsou příliš obtížné, můžeme zadávat jednodušší – ale jak potom odhalovat žáky, kteří mohou projevit své nadání a hlubší zájem o fyziku a její aplikace?

Jestliže se vám zdají být úlohy málo zajímavé, vytvořte a pošlete nám úlohy a my je zařadíme do soutěže. Kritizovat, to umí a někdy i musí skoro každý. Ale horší je to, má-li předložit nějaký reálný nápad pro řešení. Připomíná mi to jednoho známého, který nebyl spokojen s žádnou učebnicí fyziky, protože měl ke všemu (často velmi oprávněnou, nebo i nutnou) připomínku. Když však byl vyzván k tomu, aby zkusil napsat učebnici lepší, říkával – napsat dobrou učebnici, to je velmi těžké. Zrovna tak je obtížné vytvořit vhodné úlohy pro soutěž Fyzikální olympiáda. Ale bez úloh tato soutěž existovat nemůže, takže se musíme spokojit s tím, co se nám podaří vytvořit.

Počkejte do zimy, spadnou

Karel Rauner[1], *Fakulta pedagogická Západočeské univerzity v Plzni*

Ve třetím čísle devátého ročníku Školské fyziky uvádím v článku *Záleží na tom, jak se do toho třískne* fyzikální příklad motivovaný filmovou pohádkou. Je po Vánocích a bylo by škoda nevytěžit další fyzikální úlohu z nejznámější filmové vánoční pohádky – Mrazík. I když se to normálnímu člověku nezdá, v této pohádce je nastíněno hned několik fyzikálních problémů. V článku se věnuji problému klacků, které Ivánek vyhodil tak, aby v zimě spadly. Zároveň je to ukázka možnosti řešení poměrně složité diferenciální rovnice na úrovni střední školy.

„Ten chlap musí mít ukrutnou sílu.“ Již více než třem generacím jsou známy citáty z ruské pohádky Mrazík. Jistě na toto téma vzniklo mnoho vědeckých prací z oblasti psychologie postav i diváků všeho věku, neméně obsáhlý bude i počet kulturních kritiků, kteří se fenoménem „Mrazík“ zabývali. Zanedbává se však fyzikální rozbor některých situací. Tento článek si klade za cíl napravit alespoň částečně toto opomenutí. Kromě toho rehabilitujeme Ivánka a ukážeme, že to zdaleka není takový omezenec, jak by se některým divákům mohlo zdát. Ivánek neměl jen „ukrutnou sílu“, byl to matematicko-fyzikální génius. Vyhodit totiž „klacky“ tak, aby spadly v určenou dobu, není úplně jednoduché.

Z některých náznaků lze usoudit, že se scéna s vyhozením klacků odehrává někdy v pozdním jaře. Klacky mají spadnout v zimě, budeme proto předpokládat, že mají spadnout přesně za 200 dnů. Pro naše výpočty je vhodné převést tento údaj na sekundy: 17 280 000 sekund.

Kdyby byl Ivánek průměrným absolventem střední školy, mohl by postupovat takto: Klacky je třeba vrhnout svisle vzhůru. Pro rychlost v takového pohybu platí

$$v = v_0 - gt\,, \tag{1}$$

kde v_0 je počáteční rychlost, s jakou je těleso vrženo svisle vzhůru, g je tíhové zrychlení a t je čas od počátku vrhu. Těleso dosáhne největší výšky v čase T, pro který platí

$$T = \frac{v_0}{g}\,. \tag{2}$$

Protože doba pádu je také T, platí pro potřebnou počáteční rychlost

$$v_0 = \frac{\tau}{2}\cdot g\,. \tag{3}$$

V tomto vztahu je $\tau = 2\cdot T$ požadovaná doba celého vrhu. Po dosazení $\tau = 17\,280\,000$ s, $g = 10\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ vyjde $v_0 = 86\,400\,000\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Průměrný absolvent střední školy však ví, že vypočítaná rychlost více než tisíckrát překonává třetí kosmickou rychlost a že klacky vržené touto rychlostí by byly jen dalšími vyslanci lidské civilizace k okolním hvězdným soustavám. Bohužel by klacky poměrně brzy předstihly kosmické sondy s mírovým poselstvím a mimozemská civilizace by musela být padlá na hlavu (nebo na to, v čem mají uložený orgán myšlení), aby si toto poselství nevyložila jako hrozbu. Ivánek by tak mohl být příčinou mezihvězdné války.

1 rauner@kmt.zcu.cz

Ivánek měl tedy vysokoškolské vzdělání, protože klacky spadly, a to dokonce ve správnou dobu a na správná místa. Byl si jistě vědom chyby v předchozím výpočtu. Předpokládáme tam totiž homogenní tíhové pole. Ve skutečnosti tíhové zrychlení klesá se vzdáleností od Země. K přesnějšímu výpočtu proto potřebujeme gravitační zákon, podle kterého je síla F působící na těleso hmotnosti m ve vzdálenosti r od středu Země

$$F = \varkappa \cdot \frac{m \cdot M}{r^2}\,, \tag{4}$$

kde $\varkappa$ je gravitační konstanta a M hmotnost Země. Abychom se zbavili extrémně velkých či malých čísel, zjednodušíme vztah pomocí g_R – tíhového zrychlení na povrchu Země:

$$m \cdot g_R = \varkappa \cdot \frac{m \cdot M}{R^2}\,, \tag{5}$$

R je vzdálenost povrchu od středu Země. Pomocí (5) lze vzorec (4) zjednodušit:

$$F = g_R \cdot \frac{m \cdot R^2}{r^2}. \tag{6}$$

Vztah (6) můžeme přepsat na pohybovou rovnici pro závislost vzdálenosti x od zemského povrchu na čase:

$$\frac{\mathrm{d}^2 x}{\mathrm{d}t^2} = g_R \cdot \frac{R^2}{(R+x)^2}\,. \tag{7}$$

Tato jednoduchá diferenciální rovnice – jak je tomu ve fyzice často – není analyticky řešitelná v tom smyslu, že nelze vyjádřit funkci $x(t)$. Pro numerické řešení je vhodnější přepsat ji na integrálně diferenciální rovnici pro rychlost v:

$$\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = g_R \cdot \frac{R^2}{\left(R + \int v \cdot \mathrm{d}t\right)^2} \tag{8}$$

s počáteční podmínkou $v(0) = v_0$. Numerické řešení našeho problému bude poměrně zdlouhavé: budeme řešit rovnici (8) pro vloženou počáteční rychlost tak dlouho, až se znaménko v změní z kladného na záporné. Získaný čas je dobou letu vzhůru a musí být polovinou zvoleného času τ. Hledanou rychlost v_0 nalezneme opakovanou iterací.

Pro větší rychlost výpočtu zvolíme Eulerovu jednokrokovou metodu a rovnici (8) přepíšeme do dvou rekurentních vztahů:

$$\frac{v_{i+1} - v_i}{\Delta t} = g_R \cdot \frac{R^2}{(R+x_i)^2}, \qquad x_{i+1} = x_i + v_{i+1} \cdot \Delta t \tag{9}$$

pro $i = 0, 1, 2, \ldots$ Je zřejmé, že Δt je zvolený integrační krok, $x_0 = 0$ m.[2]

Při řešení můžeme očekávat značný problém s volbou integračního kroku. Protože hledaný čas musí být 8 640 000 s, znamená to při volbě integračního kroku $\Delta t = 0{,}01$ s téměř miliardu kroků. To by spolu s iteračním postupem hledání v_0 představovalo velkou časovou zátěž. Zvýšením integračního kroku se sníží přesnost. Řešení pomocí Excelu proto hned zavrhneme. Vhodnějším se ukázal být program, který zohledňuje tu skutečnost, že tíhové zrychlení se v blízkosti Země vlivem velké rychlosti klacků mění poměrně rychle, ve velké vzdálenosti se klacky pohybují tak pomalu, že se tíhové zrychlení mění nepatrně. Program proto ve dvou cyklech zvětšuje integrační krok vždy po 50 000 výpočtech dvakrát. Prvních 10 sekund pohybu klacků se řeší s krokem $\Delta t = 0{,}0002$ s, dalších 20 sekund krokem $\Delta t = 0{,}0004$ s, výpočet končí krokem $\Delta t = 105$ s. I na pomalejším počítači pak výpočet trvá nejvýše několik desítek sekund.

Před výpočtem je třeba nalézt vstupní hodnoty. Předpokládáme, že děj filmu Mrazík se odehrává poblíž Moskvy, volíme proto zeměpisnou šířku 56 stupňů severní šířky a 200 m nadmořské výšky. Pro tyto hodnoty lze podle [1] vypočítat $g_R = 9{,}815\,83\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ a $R = 6\,375\,000$ m. Hodnota R respektuje zploštění Země i nadmořskou výšku.

2 *Pro řešení na středních školách je možné se vyhnout pojmu diferenciální rovnice. Stačí nahradit ve vztahu (6) sílu z Newtonova zákona součinem hmotnosti a zrychlení:* $m \cdot a$. *Pak již jen využijeme definice zrychlení* $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ *a přejdeme k vztahu (9). Nerovnoměrný pohyb se počítá jako velký počet navazujících rovnoměrných pohybů, v každém z dalších úseků se rychlost podle vztahu (9) zmenšuje.*

Iterace je poměrně rychlá, když si uvědomíme, že počáteční rychlost musí být velmi blízká druhé kosmické rychlosti. Konkrétní hodnotu druhé kosmické rychlosti můžeme vypočítat z rovnosti kinetické a potenciální energie:

$$v_{II} = \sqrt{2 \cdot g_R \cdot R} = 11\ 187{,}13\ \tfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}. \tag{10}$$

Při vložení $v_0 = 11\ 100\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ však vyjde doba pohybu vzhůru jen 455 000 s. Zpřesnění ale pokračuje poměrně rychle a potřebné hodnoty 8 640 000 s dosáhneme při $v_0 = 11\ 174{,}823\,8\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Jen na ukázku citlivosti: při $v_0 = 11\ 174{,}823\ 7\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, tedy při rychlosti o $0{,}1\ \frac{\mathrm{mm}}{\mathrm{s}}$ (miliontina procenta) menší než potřebné, dopadnou klacky o 4 minuty dříve. To by mohlo mít na další osud Ivánka a Nastěnky výrazný vliv. Kontrolou přesnosti může být numericky nalezená 2. kosmická rychlost. Při rychlosti $v_0 = 11\ 187{,}1\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ klacky spadnou asi za 40 miliard sekund (více než 1 000 let). Při rychlosti $v_0 = 11\ 187{,}2\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ klacky nedopadnou ani za 10^{19} sekund (více než 10^{11} let). Shoda s hodnotou (10) je až neuvěřitelná. Přesto není nalezená rychlost úplně přesná: vzhledem ke konečné hodnotě integračního kroku je doba letu zatížená chybou 100 sekund.

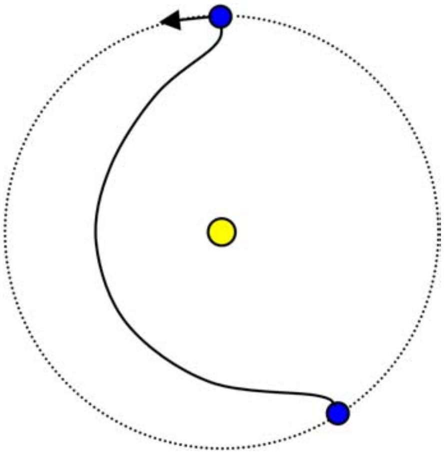
Ivanovy intelektuální, psychomotorické a fyzické schopnosti jsou neuvěřitelné. Bleskově spočítal potřebnou hodnotu $v_0 = 11\ 174{,}823\,8\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, dokázal s tak obrovskou přesností klacky vyhodit a prokázal tak i opravdu „ukrutnou sílu“. Zkusme si ji také vypočítat. Předpokládáme rovnoměrně zrychlený pohyb klacků na dráze $s = 1$ m. Kombinací známých vztahů pro rovnoměrně zrychlený pohyb dostaneme pro hledané zrychlení

$$a = \frac{v_0^2}{2 \cdot s}, \tag{11}$$

to je přibližně $6{,}2 \cdot 10^7\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$. Pokud má jeden klacek hmotnost 5 kg a Ivan vyhazuje najednou až 4 klacky, má potřebná síla $F = m \cdot a$ skutečně ukrutnou hodnotu 1,2 GN. Pro srovnání: nejmohutnější raketa Saturn V, která vynesla lidi na Měsíc, měla počáteční tah 33,4 MN. Ještě neuvěřitelnější hodnotu získáme při výpočtu výkonu: $7 \cdot 10^{12}$ W. To je výkon odpovídající více než třem tisícům elektráren v Temelíně.

Samozřejmě, že článek je pouhou fyzikálně-matematickou rozcvičkou, situace, kterou jsme řešili, zdaleka neodpovídá skutečnosti. Už jenom to, že klacky by dopadaly rychlostí číselně rovnou v_0 by znamenalo, že loupežníci nebudou koulet očima, ale bleskově se vypaří na dně několikametrového kráteru. Uveďme si nejdříve hlavní příčiny toho, proč jsou výsledky nereálné:

- Země rotuje,
- Země není ve vesmíru sama,
- Země má atmosféru.



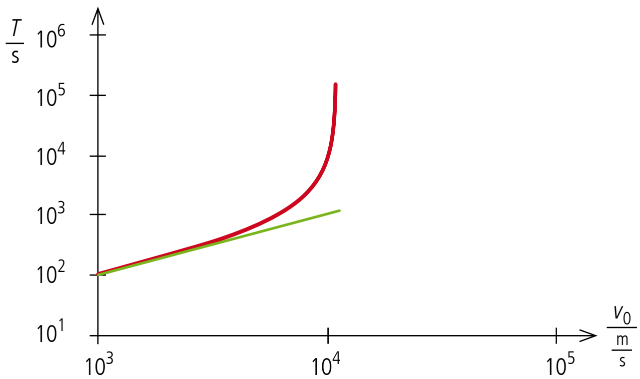
Rotace Země znamená významnou komplikaci ve výpočtech. Při nezahrnutí těchto faktorů by totiž klacky mohly zcela minout Zemi. Do řešení je nutné započítat obě setrvačné síly: odstředivou i Coriolisovu. Kromě přesné počáteční rychlosti je také třeba vypočítat úhel, pod kterým musí klacky vyhodit (již by to nebylo kolmo vzhůru) a směr hodu (odchylka roviny, ve které jsou klacky urychlovány, s poledníkovou rovinou). Vlivem pohybu Země kolem Slunce by skutečná trajektorie klacků byla křivkou podobnou křivce na vedlejším obrázku (vzdálenost trajektorie klacků od trajektorie Země je úmyslně přehnána).

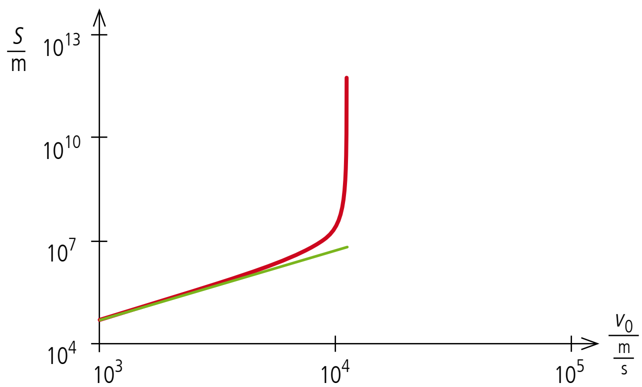
Při výpočtech jsme neuvažovali přítomnost dalších těles ve sluneční soustavě. Protože se při úspěšném hodu dostanou klacky do vzdálenosti 2,88 milionu km od Země, rozhodně nelze zanedbat vliv Měsíce, Slunce i ostatních planet. Ivan by musel proto znát postavení těchto těles v okamžiku hodu.

Nejpodstatnější příčinu nereálnosti celého případu jsem si nechal na konec. Atmosféra Země nejen, že by svým pohybem zásadně ovlivnila trajektorii klacků, ale klacky by kvůli tření ve vzduchu krátce po odhodu shořely. Ona druhá kosmická rychlost je druhá kosmická rychlost.

Co tedy dál? Nic. Mrazík je pohádka a pohádkou zůstává i popsaná epizoda z fyzikálního hlediska. Ostatně takových scén je tam více. Zkuste si třeba vypočítat energii, která by byla zapotřebí ke změně smyslu rotace Země. Tak se totiž dá vysvětlit to, že slunce krátce po východu opět zajde, aby mohla Nastěnka doplést punčochu. Navíc by to znamenalo asi konec lidstva, protože povrch Země by najednou pod námi uháněl rychlostí několika set metrů za sekundu (vzájemný pohyb kůry a zemského jádra by pak zřejmě znamenal návrat Země do počátečních stádií s polotekutým povrchem).

Pro znázornění rozdílu řešení v homogenním poli a pro proměnné tíhové zrychlení jsou připojeny grafy. Na levém obrázku je závislost času letu vzhůru T na počáteční rychlosti v_0, na pravém obrázku je závislost výšky vrhu S. Červenou čarou je řešení v proměnném tíhovém poli, zelená přímka je řešením pro homogenní tíhové pole. Z průběhu grafů je vidět, že se v našem případě – $v_0 = 11\,174{,}823\,8\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ – pohybujeme v okolí asymptotického průběhu červených křivek. Výsledky jsou proto výrazně závislé i na malé změně počáteční rychlosti.





Poznámka: Každá numerická integrace se vyznačuje určitou chybou. Chybu ve výsledku můžeme očekávat i u použité velmi jednoduché Eulerovy metody, zvláště s proměnným krokem integrace. Kontrolou druhé kosmické rychlosti jsme zatím dokázali, že u vypočítané rychlosti $v_0 = 11\,174{,}823\,8\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ je chyba menší než $0{,}1\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Přesněji můžeme chybu zjistit i pomocí známých analytických vztahů. Řešení diferenciální rovnice (7) analytickými metodami vede k vzorcům pro dobu letu vzhůru a počáteční rychlost:

$$T_a = \frac{\dfrac{\sqrt{R\cdot(S_a - R)}}{S_a} + \operatorname{arctg}\sqrt{\dfrac{S_a - R}{R}}}{R\cdot\sqrt{\dfrac{2g_R}{S_a^3}}}, \qquad v_0 = R\cdot\sqrt{2g_R\cdot\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{S_a}\right)}\,. \tag{12}$$

Z druhého vzorce lze pro $v_0 = 11\,174{,}823\,8\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, $R = 6\,375\,000$ m a $g_R = 9{,}815\,83\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ vypočítat $S_a = 2\,890\,110\,469$ m. Z prvního vztahu pak $T_a = 8\,683\,095$ s. Indexy a značí analyticky nalezené veličiny. K požadované době letu $T = 8\,640\,000$ s pak lze například v Excelu vypočítat přesnou potřebnou rychlost: $v_{0a} = 11\,174{,}782\,9\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Rozdíl mezi numericky nalezenou a analyticky vypočítanou rychlostí je $v_0 - v_{0a} = 0{,}040\,9\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. Samozřejmě, že i výpočet v Excelu je zatížen určitou chybou, ta je ale zcela jistě menší než u numerického řešení. Pro zajímavost, druhá kosmická rychlost z uvedených analytických vztahů je $v_{IIa} = 11\,187{,}127\,98\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$, tutéž hodnotu dává přesný výpočet podle (10).

Literatura

[1] Brož Jaromír, Roskovec Vladimír,Valouch Miloslav: *Fyzikální a matematické tabulky*. SNTL, Praha 1980.

Zdroje obrázků

http://www.youtube.com/watch?v=FQg7yy7JdPg

http://i113.photobucket.com/albums/n208/xlans/SemSem/WarOfTheWorlds8.jpg

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ef/Apollo_15_Saturn_V_Launch_-_GPN-2000-001115.jpg

Jak získat žáky pro fyziku?

Odborná skupina pro vyučování fyzice na základní škole při FPS JČMF

V Brně 6. ledna 2013

Vážené kolegyně, vážení kolegové,

Odborná skupina pro vyučování fyzice na základní škole při Fyzikální pedagogické společnosti JČMF pořádá ve spolupráci s katedrou didaktiky fyziky MFF UK **ve dnech 16. – 19. října 2013 ve Vlachovicích** u Nového Města na Moravě v pořadí čtrnáctý seminář s mezinárodní účastí na téma

Jak získat žáky pro fyziku?

Hlavním cílem semináře je výměna zkušeností a prezentace nápadů, které umožňují zvýšit zájem žáků o fyziku a zkvalitnit výsledky fyzikálního vzdělávání. Prosíme vás tedy o aktivní zapojení do programu semináře formou vystoupení, posteru nebo výstavky. **Žádost o akreditaci semináře u MŠMT byla podána.**

Mezi hlavní okruhy semináře budou již tradičně patřit témata:

- fyzikální úlohy,
- demonstrační a frontální experimenty,
- domácí projekty,
- laboratorní práce,
- skupinová práce,
- projektová výuka,
- výukové hry,
- terénní výuka.

Organizačně bude seminář probíhat formou přednášek a dílen. Seminář je určen převážně pro učitele 2. stupně ZŠ a nižších ročníků víceletých gymnázií. Rádi přivítáme pedagogy i z jiných typů škol. Ze semináře vydáme sborník v elektronické podobě, který může být pro učitele zdrojem nápadů.

Podrobnější informace, kontakty a přihlášku naleznete na stránkách semináře
`http://www.vlachovice.websnadno.cz`

Těšíme se na vaši spolupráci při přípravě semináře a na setkání ve Vlachovicích.

S pozdravem za přípravný výbor semináře

Václav Piskač

Fotografie ze semináře pořádaného v roce 2011

Ako veľryby telefonujú – fyzikálna akustika netradične I.

Juraj Slabeycius[1], Pedagogická fakulta Katolíckej univerzity v Ružomberku

Článek přetiskujeme ze sborníku Národného festivalu fyziky 2011 ***Tvorivý učiteľ fyziky IV****, http://sfs.sav.sk/smolenice/index.htm, který se konal ve Smolenicích 12. – 15. 4. 2011. Ve sborníku se originál článku nachází na stranách 205–215[2]. V tomto čísle časopisu Školská fyzika naleznete první část článku, dokončení bude následovat v čísle dalším.*

Pre zvýšenie záujmu o fyziku a prírodné vedy je možné využiť atraktívne témy ako doplnkový materiál vyučovania, alebo pre prácu v záujmových krúžkoch. Predkladaný príspevok uvádza jednu z takýchto tém. Je známe, že niektoré druhy veľrýb sa v oceáne dorozumievajú na veľké vzdialenosti. Mechanizmus, vďaka ktorému je to možné, sa dá názorne vysvetliť už na úrovni základnej školy. Výpočty jednoduchých prípadov sú dostupné aj stredoškolákom.

Úvod

Fyzikálna akustika je jednou z menej známych fyzikálnych disciplín, napriek tomu poskytuje mnoho zaujímavých a príťažlivých tém, ktoré majú potenciu zaujať poslucháčov. S fyzikálnou akustikou súvisia odpovede na také otázky, prečo sa niektoré druhy veľrýb v oceáne dokážu dorozumieť na veľké vzdialenosti, ako môže dutá kovová guľka zachrániť život pilotovi zostrelenému nad oceánom, prečo v lete dva kilometre za dedinou nepočuť vyzváňanie zvonov, ale na jeseň, keď je hmla, ich počuť aj desať kilometrov ďaleko, čo je to Roswellské UFO, ako ďaleko možno počuť zvuk vo vode, prečo kvôli akustickým javom generáli v americkej občianskej vojne niekedy prehrali vyhranú bitku a mnoho ďalších zaujímavostí.

Výklad uvedených javov možno podať na kvalitatívnej úrovni už pre žiakov vyššieho stupňa základných škôl, jednoduchšie prípady možno analyzovať aj kvantitatívne, pomocou jednoduchých výpočtov dostupných priemernému stredoškolákovi. Materiál uvedený v príspevku je možné využiť ako popularizačnú prednášku pre deti, doplnkový materiál vyučovania, alebo pre prácu v záujmových krúžkoch.

1 Šírenie zvuku v prostredí

Zvuk sa v homogénnom prostredí bez prekážok šíri od zdroja priamočiaro. Rýchlosť zvuku závisí od parametrov prostredia. Pre plyny platí vzťah

$$c = \sqrt{\frac{\varkappa RT}{M}},$$

kde $\varkappa$ je Poissonova konštanta, R univerzálna plynová konštanta, M molekulová hmotnosť prostredia a T je termodynamická teplota [1]. Tento vzťah môžeme použiť, ak deje v plyne pri prechode zvukovej vlny možno považovať za adiabatické – čo platí pre frekvencie vyššie ako 1 Hz. Pre suchý vzduch z toho vyplýva, že v intervale bežných teplôt t rýchlosť zvuku rastie s teplotou zhruba o 0,6 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ na 1 K. Číselné údaje sú zhrnuté v tab. 1.

$\frac{t}{°\mathrm{C}}$	−10	0	10	20	30
$\frac{c}{\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}$	325,3	331,4	337,5	343,4	349,2

Tab. 1 – Závislosť rýchlosti zvuku od teploty

Pre vlhký vzduch je rýchlosť o niečo vyššia vzhľadom k tomu, že klesá priemerná molekulová hmotnosť, mení sa aj Poissonova konštanta. Pri 0 °C je korekcia len 0,003 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ na 1 % relatívnej vlhkosti, ale pri 30 °C až 0,024 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ na 1 % relatívnej vlhkosti [2].

---

1 *juraj.slabeycius@ku.sk*

2 *http://sfs.sav.sk/smolenice/pdf_11/30_Slabeycius.pdf*

Keď šírenie zvuku z bodového izotropného zdroja nie je ničím obmedzené, klesá intenzita zvuku s druhou mocninou vzdialenosti. Zodpovedá to šíreniu sférickej vlny v priestore. Túto závislosť môžeme ľahko zdôvodniť jednoduchou úvahou rovnomerného rozdelenia energie zvukovej vlny na plochu, žiaci by už mali ovládať vzťah pre plochu povrchu gule v závislosti od jej polomeru. Môžeme využiť aj analógiu so svetlom žiarovky – plôška (orientovaná kolmo na lúče) vo vzdialenosti 5 m od žiarovky je osvetlená 4krát lepšie, ako plôška vzdialená 10 m od nej. Ak sa zvuková vlna môže šíriť len vo dvoch rozmeroch (2D prípad – zodpovedá šíreniu cylindrickej vlny), je intenzita zvuku nepriamo úmerná vzdialenosti od zdroja, pretože veľkosť valcovej plochy je úmerná polomeru valca. A nakoniec, vlna, ktorá sa šíri len v jednom smere (rovinná vlna), má intenzitu konštantnú. Takýto prípad nastáva, keď šírenie zvuku je priestorovo ohraničené napr. dutou rúrou (vlnovod). Samozrejme, berieme do úvahy len geometrické vlastnosti priestoru, útlm vlny v prostredí zanedbávame (ideálne bezstratové prostredie).

2 Huyghensov princíp

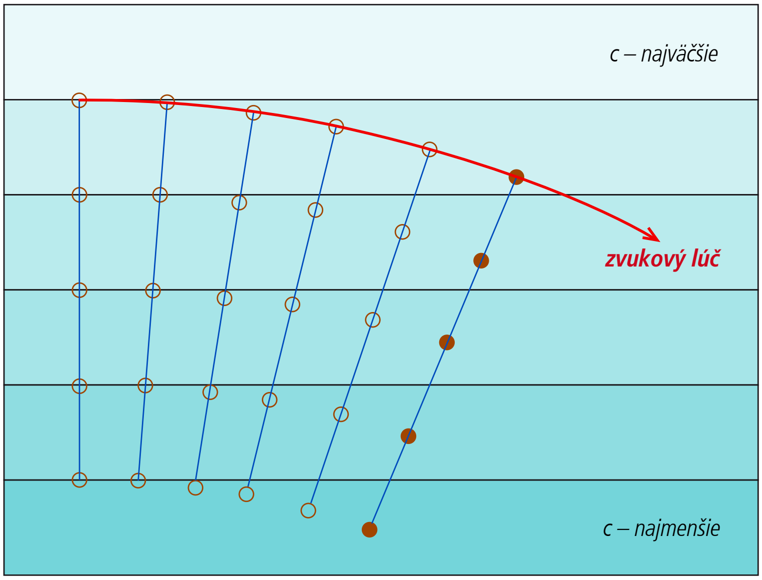
Šírenie vlnenia v prostredí opisuje Huyghensov princíp. Tento princíp umožňuje skonštruovať vlnoplochu v čase $t + \Delta t$, keď poznáme tvar vlnoplochy v čase t, neumožňuje však výpočet amplitúdy vlny v danom mieste – na to musíme použiť Fresnelove doplnenie k Huyghensovmu princípu.

Podľa Huyghensovho princípu sa vlnenie šíri tak, že všetky body priestoru, do ktorého sa vlnenie v určitom okamžiku t dostane, sa stávajú bodovými zdrojmi vlnenia a elementárnych guľových vlnoplôch s polomerom $c \cdot \Delta t$, kde c je rýchlosť vlnenia v danom bode. Vlnoplocha v čase $t + \Delta t$ je obálkou takýchto elementárnych vlnoplôch. Na úrovni základnej školy nemôžeme pochopiteľne operovať s pojmami ako „obálka elementárnych vlnoplôch“, ale pre naše účely k výkladu akustických javov, spomínaných v úvode, nám postačí zjednodušená verzia Huyghensovho princípu, ktorá dostatočne názorne vysvetľuje jav ohybu zvukovej vlny v nehomogénnom prostredí.

Nehomogénnym nazývame prostredie, ktorého niektorý parameter závisí od polohy. V akustike je týmto kľúčovým parametrom rýchlosť zvuku. Ako už bolo povedané, rýchlosť zvuku vo vzduchu závisí od jeho teploty, a teda ak teplota vzduchu nie je všade rovnaká, nebude rovnaká ani rýchlosť zvuku. Najbežnejším prípadom je tzv. stratifikované (rozvrstvené) prostredie, v ktorom rýchlosť zvuku závisí len od jednej súradnice, napr. výšky. Takéto prostredie si môžeme modelovo predstaviť ako sústavu tenkých vodorovných vrstiev vzduchu, v každej z nich je rýchlosť zvuku konštantná. Nech rýchlosť zvuku spojite rastie s výškou, t. j. gradient rýchlosti je kladný (os y smeruje nahor).

Modelovanie postupu zvukovej vlny predvedieme pomocou tyče dĺžky 2–2,5 m a piatich žiakov, ktorí sa budú držať tyče v pravidelných rozstupoch. Na podlahu nakreslíme sústavu rovnobežných pruhov, zodpovedajúcich vrstvám vzduchu s konštantnou rýchlosťou (obr. 1). Počiatočná poloha tyče so žiakmi je kolmá na pruhy. Pruhy sú označené číslami, ktoré reprezentujú rýchlosť zvuku v danom pruhu (napr. 300, 280, 260, 240, 220, 200 – rozdiely sú úmyselne prehnané, aby zakrivenie lúča bolo výrazné. Hodnoty nemajú vzťah k skutočnej rýchlosti zvuku vo vzduchu). Na pokyn učiteľa každý žiak urobí krok dopredu, pričom dĺžka kroku v mm zodpovedá číslu v pruhu, v ktorom sa žiak nachádza. Je vhodné vybrať žiakov s vhodnou veľkosťou topánky, takže žiak, keď kladie nohu pred nohu na doraz, urobí krok dĺžky stopy. Palica zaručuje, že žiaci zostanú v rade, aj keby niektorý urobil príliš dlhý alebo príliš krátky krok. Vidíme, že po každom kroku sa smer palice trochu zmení, a tým aj smer, ktorým sa palica držaná žiakmi pohybuje. Ak sa pri pohybe dostane žiak do iného pruhu, platí preň prirodzene iná dĺžka kroku. Palica predstavuje vlnoplochu, ale to pre demonštráciu nie je podstatné. Žiaci vidia, že smer postupu zvuku sa mení.

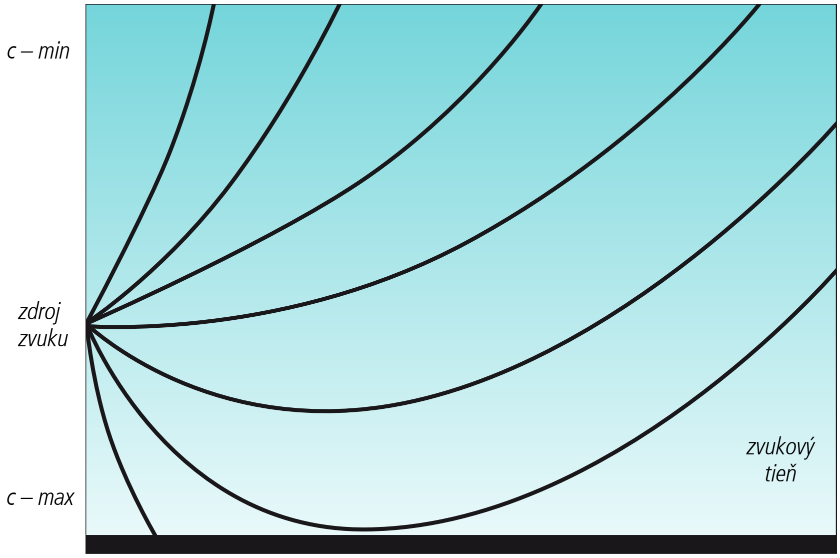
Definujme zvukový lúč ako krivku, dotyčnica ku ktorej je v každom bode kolmá ku vlnoploche (v našom prípade k palici – červená čiara na obr. 1). Využijeme analógiu so svetelným lúčom, tento pojem žiaci poznajú (aspoň intuitívne). Na základe nášho pokusu vyslovíme dôležitú poučku: Zvuková vlna v stratifikovanom prostredí sa šíri tak, že zvukový lúč sa vždy odkláňa na stranu, kde je rýchlosť zvuku menšia. Pomocou tejto poučky teraz objasníme niekoľko zaujímavých akustických javov.



Obr. 1 – Modelovanie postupu zvukovej vlny v rozvrstvenom prostredí

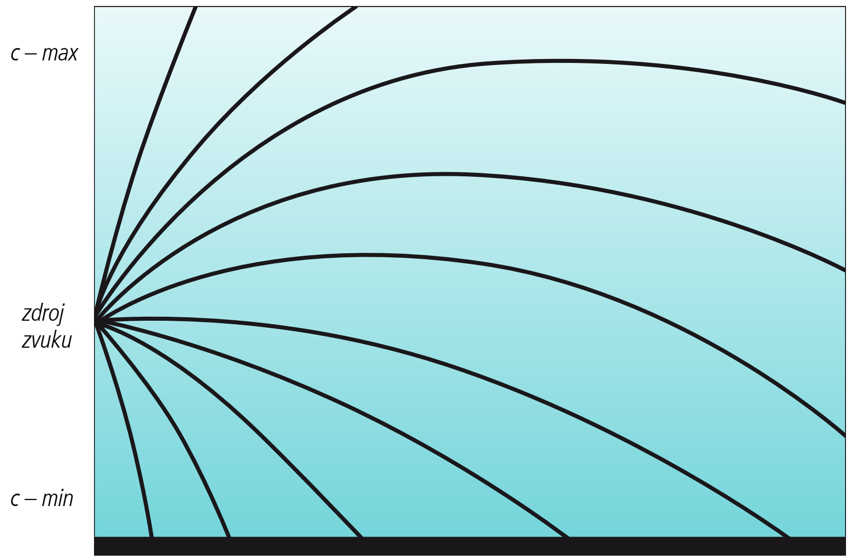
3 Šírenie zvuku v stratifikovanom prostredí

Teplota vzduchu cez deň, keď je slnečné počasie, je najvyššia pri zemi (v lete často okolo 30 °C) a s výškou klesá. V rovinatom teréne je obvyklý výškový gradient teploty 8–12 $\frac{\mathrm{K}}{\mathrm{km}}$, závisí to od konkrétnych meteorologických podmienok. V horných vrstvách troposféry (7–10 km) je gradient teploty prakticky konštantný 9,8 $\frac{\mathrm{K}}{\mathrm{km}}$, vo výške 10 km je viac-menej stála teplota okolo –56 °C [3]. Z toho vyplýva, že gradient rýchlosti zvuku je záporný (os y smeruje nahor) a má hodnotu zhruba 6 $\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ na 1 km. Rýchlosť zvuku pri zemi je najvyššia, s výškou klesá a teda zvukové lúče sa odkláňajú nahor (obr. 2).



Obr. 2 – Šírenie zvuku cez deň a vznik zvukového tieňa. Podľa [4]

Tento jav je príčinou toho, prečo v lete nepočuť poludňajšie vyzváňanie zvonov už v relatívne malej vzdialenosti (3–4 km) od zvonice. Vzniká totiž oblasť tzv. zvukového tieňa, kam sa zvuk nedostane, napriek tomu, že z daného bodu je zvonica dobre viditeľná. Večer po západe Slnka sa prízemná vrstva vzduchu ochladzuje rýchlejšie, ako vzduch vo väčších výškach, v dôsledku toho vzniká prízemná teplotná inverzia. Na jeseň a niekedy aj na jar vzniká niekedy oveľa mohutnejšia teplotná inverzia až do výšky 2 000 m. Dôsledkom je kladný výškový gradient rýchlosti zvuku. Zvukové lúče sa odkláňajú nadol (obr. 3), nevzniká zvukový tieň a vyzváňanie zvonov je počuť aj za kopcom.

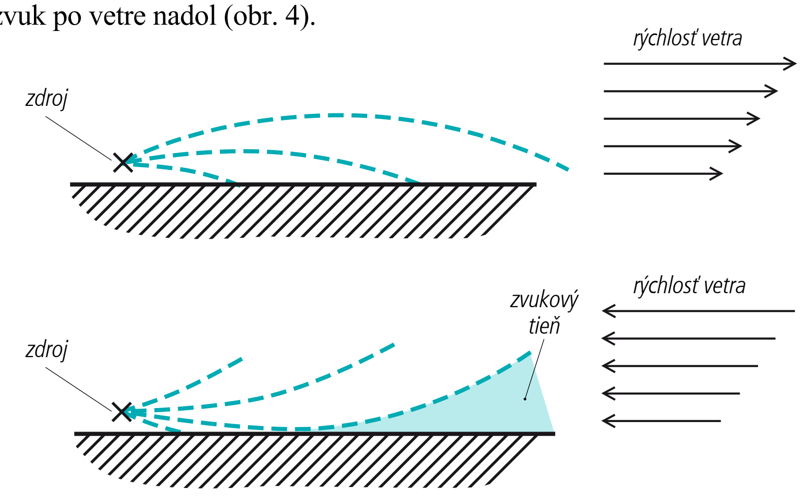


Obr. 3 – Šírenie zvuku pri teplotnej inverzii. Podľa [4]

4 Vplyv vetra na šírenie zvuku

Zvuk je vlnenie, ktoré je viazané na hmotné prostredie, to znamená, že pod rýchlosťou zvuku vždy rozumieme rýchlosť šírenia akustického rozruchu vzhľadom k prostrediu. Pokiaľ sa prostredie pohybuje ako celok vzhľadom k zemi, bude rýchlosť zvuku vzhľadom k zemi súčtom rýchlosti vetra a rýchlosti zvuku.

Rýchlosť vetra tiež nie je v celom priestore konštantná, ale obvykle je pri zemi najmenšia a s výškou rastie. Gradient rýchlosti vetra má podobný vplyv na ohyb zvukových lúčov ako gradient teploty, ale vzhľadom na skladanie vektorov rýchlosti sa zvuk pri kladnom gradiente rýchlosti vetra (t. j. rýchlosť vetra rastie s výškou) proti vetru ohýba nahor, zvuk po vetre nadol (obr. 4).



Obr. 4 – Ohyb zvukových lúčov v dôsledku gradientu rýchlosti vetra. Podľa [5]

Účinky vetra a teplotného gradientu sa môžu navzájom zosilňovať, alebo zoslabovať, podľa orientácie vetra a gradientu teploty.

5 Zvukový tieň

Keď sú zvukové lúče v dôsledku teplotného gradientu alebo gradientu vetra zakrivené nahor, vzniká v určitej vzdialenosti od zdroja oblasť zvukového tieňa. Ako už bolo spomínané, najvýraznejšie sa tento efekt prejavuje v lete cez deň, keď gradient teploty môže dosiahnuť hodnotu až 15 $\frac{\mathrm{K}}{\mathrm{km}}$. Keď sa k tomu pridá ešte vietor vhodného smeru, dochádza k zaujímavým situáciám, niektoré z nich sú opísané v knihe [6]. Autor opisuje mnohé prípady z obdobia americkej občianskej vojny, u nás známejšej pod názvom Vojna Severu proti Juhu. Velenie vojsk Konfederácie zo svojho veliteľského stanoviska malo panoramatický výhľad na menej ako dve míle vzdialený boj 91 tisíc vojakov pri Gainesovom mlyne (Battle of Gaines's Mill), jasne videli dym a záblesky streľby artilérie a muškiet, ale nič nepočuli. V tom istom čase bolo zvuky boja počuť v 100 míľ vzdialenom Stauntone. Tento prípad je v histórii známy ako „tichá bitka“ (silent battle). Zvuky bitky pri Gettysburgu (1863, 160 tisíc bojujúcich vojakov) nebolo počuť v 10km vzdialenosti, ale v 150 km vzdialenom Pittsburgu ich bolo jasne počuť.

Akustický tieň nebol len nevinnou zaujímavosťou. V časoch, keď neexistovalo rádio ani mobily, bola komunikácia medzi velením a vojenskými jednotkami uskutočňovaná prevažne akusticky. Vojenskí trubači ovládali celý rad signálov, ktoré na pokyn veliaceho generála trúbili vojskám. Bola síce možnosť odovzdávať príkazy po rýchlych posloch, ale v priebehu bitky bol tento spôsob príliš pomalý. Veliaci generál preto zvyčajne zaujal pozíciu na vyvýšenine neďaleko bojiska a odtiaľ riadil celý boj. V orientácii mu samozrejme pomáhali aj zvuky bitky, prichádzajúce z bojiska. Preto narušenie zvukového spojenia mohlo mať katastrofálne následky pre výsledok bitky. Známa je bitka pri Five Forks neďaleko Petersburgu (1. 4. 1865), kde utrpela armáda Juhu rozhodujúcu porážku. Divízia Konfederácie pod velením Georga Picketta sa nachádzala len tri kilometre od miesta, kde prebiehala bitka medzi vojskom Severu pod velením generála Philipa Sheridana a silami Konfederácie. V dôsledku zvukového tieňa Pickett nič nepočul a spokojne si opekal ryby. Keď pritiahol so svojimi vojakmi na bojisko, bolo už neskoro. Sheridan zvíťazil a to donútilo generála Lee ustúpiť od Petersburgu.

Obr. 5 – Generál George Edward Pickett[3]

6 Zakrivenie lúča

Zakrivenie zvukového lúča v stratifikovanom prostredí vplyvom gradientu rýchlosti zvyku môžeme jednoducho určiť pomocou obr. 6. Nech vo výške z zviera zvukový lúč s vodorovnou rovinou uhol α. Za čas Δt prejde dráhu $s = c \cdot \Delta t = |\mathsf{AE}|$, pričom c je rýchlosť zvuku vo výške z. Podobne za ten istý okamžik prejde vlna vo výške z' dráhu $s' = c' \cdot \Delta t = |\mathsf{DC}|$, pričom c' je rýchlosť zvuku vo výške z'. Bodom C veďme rovnobežku s úsečkou AD, na priesečníku s AE dostaneme bod B. Zrejme platí $|\mathsf{AB}| = |\mathsf{DC}|$. Označme $\Delta z = z - z'$, $\Delta c = c - c'$.
Zrejme $\Delta z = d \cdot \cos\alpha$. Lokálny polomer krivosti lúča vo výške z označme $R = |\mathsf{AS}|$. Z podobnosti trojuholníkov SAE a CBE vyplýva

$$\frac{s - s'}{d} = \frac{s}{R}.$$

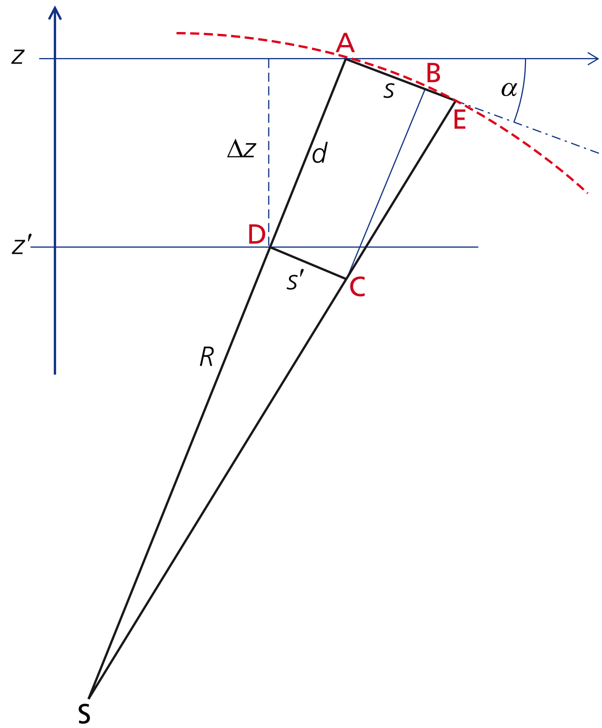
Vzhľadom k tomu, že platí

$$\frac{s - s'}{s} = \frac{c - c'}{c} = \frac{\Delta c}{c},$$

dostávame pre hľadaný lokálny polomer krivosti vzťah

$$R = \frac{c}{\cos\alpha}\left(\frac{\Delta c}{\Delta z}\right)^{-1}.$$

3 http://forum.valka.cz/viewtopic.php/t/75941, obrázek doplněn redakcí

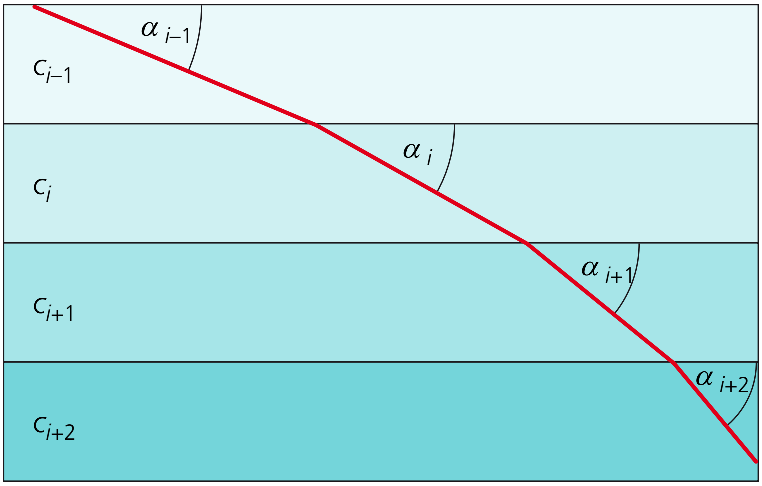


Obr. 6 – Odvodenie polomeru krivosti zvukového lúča

Obr. 7 ukazuje zmenu smeru zvukového lúča s výškou z. Použitím zákona lomu pre rozhranie medzi jednotlivými vrstvami prostredia dostaneme (pozor, uhol meriame od roviny rozhrania, nie od kolmice!) vzťahy

$$\frac{\cos\alpha_{i-1}}{\cos\alpha_i}=\frac{c_{i-1}}{c_i}\,,\quad \frac{\cos\alpha_i}{\cos\alpha_{i+1}}=\frac{c_i}{c_{i+1}}\,,\quad \frac{\cos\alpha_{i+1}}{\cos\alpha_{i+2}}=\frac{c_{i+1}}{c_{i+2}}\,,\quad \dots$$

z ktorých vyplýva, že podiel $\dfrac{c}{\cos\alpha}$ je pre všetky hodnoty z rovnaký. Lokálny polomer krivosti teda závisí len od gradientu rýchlosti zvuku v danej výške. V prípade, že gradient rýchlosti $\dfrac{\mathrm{d}c}{\mathrm{d}z}$ je konštantný, je polomer krivosti lúča všade rovnaký – lúče sú kruhové oblúky.



Obr. 7 – Zmena smeru zvukového lúča

Druhá část, dokončení článku, vyjde v příštím čísle Školské fyziky a bude věnována akustice moří a oceánů, šíření zvuku v oceánu, dorozumívání velryb a mimo jiné i Roswellskému UFO.

Měř, počítej a měř znovu

Václav Piskač[1], *Gymnázium tř. Kpt. Jaroše, Brno*

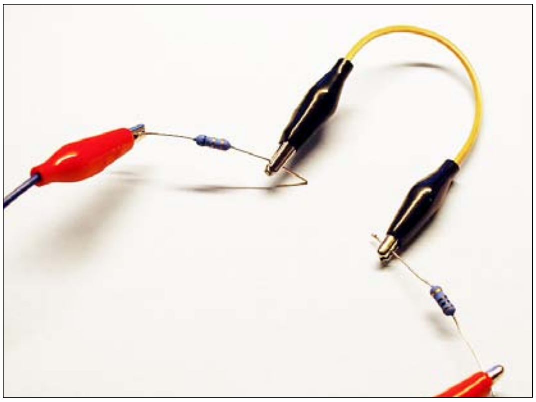
Při výuce fyziky je nutno experimentovat i počítat úlohy. Mnoho let s úspěchem používám v hodinách úlohy založené na změřených nebo odhadnutých veličinách. Poslední dobou se snažím tuto metodu doplňovat tak, aby výsledky výpočtů bylo možno zkontrolovat dalším měřením. Tento článek obsahuje několik námětů, které lze snadno zapojit do výuky.

1 Spojování rezistorů

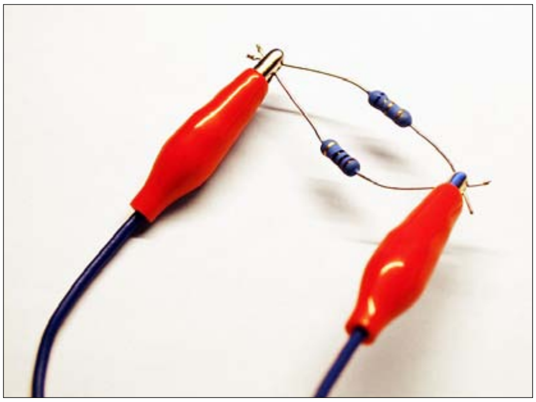
Po teoretickém odvození výsledného odporu sériového zapojení nastává okamžik ověření – digitálním ohmmetrem změříme odpor dvou rezistorů (pokud možno s rozdílnými odpory) a spočítáme jejich výsledný odpor. Zapojíme rezistory sériově a změříme celkový odpor – výsledek vychází s přesností pod 1 %.

Podobně postupujeme i při paralelním zapojení. Zde je efekt metody umocněn tím, že z výpočtu vyjde zdánlivě nesmyslně malý odpor (např. pro paralelní zapojení 1000 Ω a 470 Ω je výsledný odpor 320 Ω). Kontrola měřením přesvědčí všechny, že „vzoreček" skutečně funguje.

Měření lze rozšířit z demonstračního na frontální. Skupiny žáků měří vlastní dvojice rezistorů, všechny skupiny ověřují, jestli vztah platí. Ze žákovského vybavení stačí málo – digitální ohmmetr a spojovací vodiče + hrst rezistorů různých odporů.



Obr. 1 – sériové propojení rezistorů

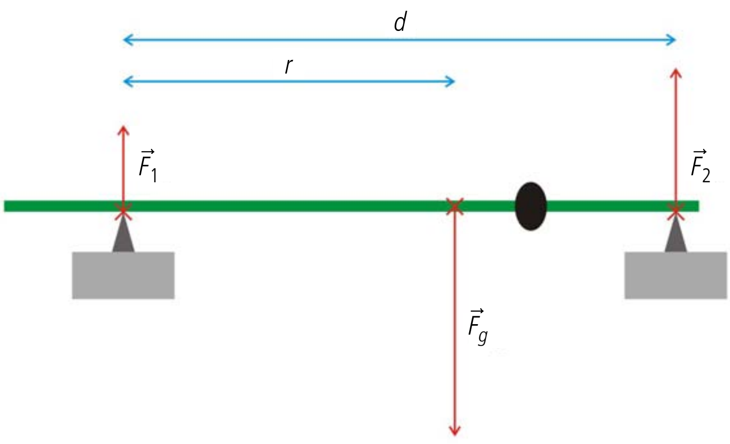


Obr. 2 – paralelní zapojení rezistorů

2 Rozklad síly do dvojice rovnoběžných sil

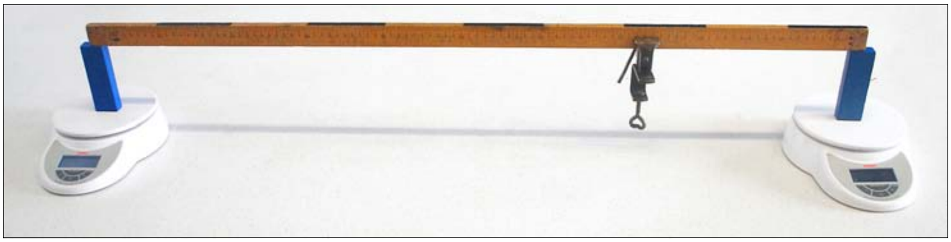
Pro ověření vztahu pro rozklad síly do dvou rovnoběžných složek lze použít dvojici digitálních kuchyňských vah, dva malé dřevěné hranolky, metrové dřevěné pravítko a malý svěrák. Svěrák uchytíme na pravítko, na váhy položíme hranolky a váhy vytáruji (tj. vynulujeme ukazatel). Pravítko položíme na váhy a odečteme hodnoty, které ukazují displeje.

Z naměřených „hmotností" spočítáme polohu těžiště soustavy pravítko – svěrák. Ověření spočítané hodnoty je dramatické – podepřeme pravítko ve spočítané poloze prstem. Pokud byl výpočet správný, zůstane ve stabilní poloze.

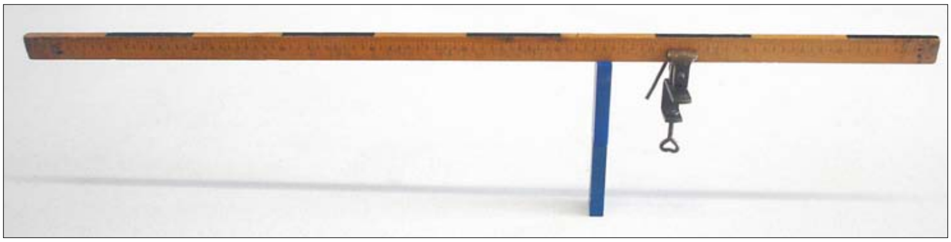


Obr. 3 – rozbor situace

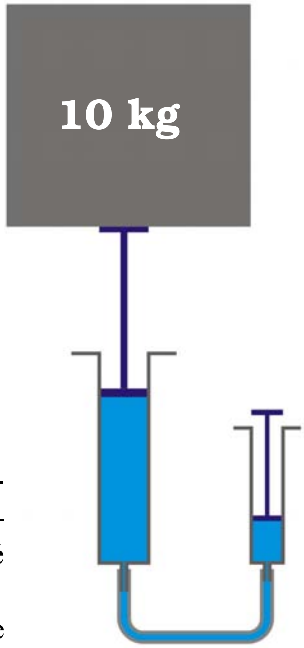
1 vaclav.piskac@seznam.cz



Obr. 4 – vstupní experiment



Obr. 5 – ověření



Obr. 6 – schéma pokusu

3 Hydraulický lis

Lis je tvořen dvojicí injekčních stříkaček propojených hadičkou. Hadičky jsou na tryskách stříkaček zajištěny pomocí tenkých drátků. Celek je naplněn vodou. Změříme průměry pístů obou stříkaček a odhadneme sílu, kterou dokáže palec stlačovat píst malé stříkačky.

Výslednou hodnotu (která u mých dvou stříkaček vychází přes 120 N) ověříme pomocí odpovídající zátěže – můj „hydraulický lis“ bez problémů nadzdvihne 10 kg závaží.

4 Vztlaková síla

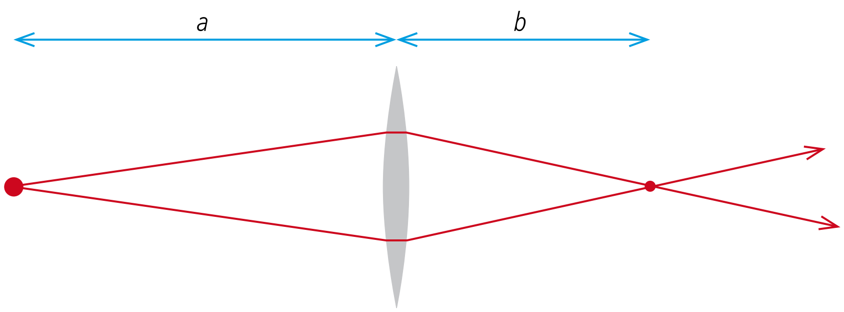
V kabinetě mám schovaný kbelík se stupnicí a kámen, který se do tohoto kbelíku vejde. Nejprve změříme objem kamene. Poté spočítáme, jak velká vztlaková síla působí na kámen ve vodě. Kámen zavěsíme na pružinové váhy a změříme změnu jeho tíhy při ponoření do vody – odpovídá spočítané vztlakové síle.

Obr. 7 – tíha „ve vzduchu“

Obr. 8 – tíha „ve vodě“

5 Ohnisko spojné čočky

Použijeme vysokosvítivou LED jako zdroj světla a vytvoříme na stínítku její obraz pomocí spojné čočky. Ze zobrazovací rovnice určíme polohu ohniska spojné čočky. Výsledek ověříme pomocí zobrazení vzdáleného předmětu – např. krajiny za oknem učebny. Tento předmět se zobrazuje prakticky do ohniska spojné čočky. Další variantou je vytvořit obraz Slunce – ten vzniká přímo v ohnisku.



Obr. 9 – schéma pokusu

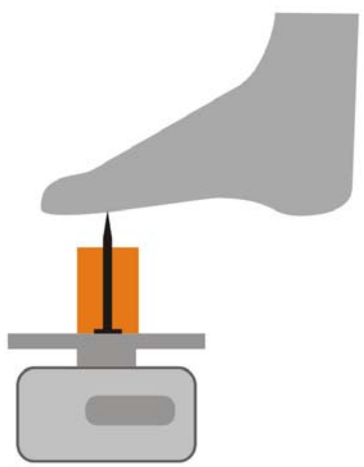
6 Kondenzátory

Současné měřicí přísproje (používám MT-2510) umožňují měřit kapacitu až do desetin nanofaradu. Podobně jako u rezistorů lze změřit kapacitu dvou kondenzátorů, spočítat kapacitu sériového a paralelního zapojení a ověřit je měřením.

7 Hřebíkový koberec

Toto měření umožňuje z naměřených hodnot navrhnout hřebíkový koberec – desku osázenou hřebíky, na jejichž špičky se lze postavit bosým chodidlem. Jedná se o trochu delší odvození, jeho zařazení do výuky ponechávám na úvaze čtenářově.

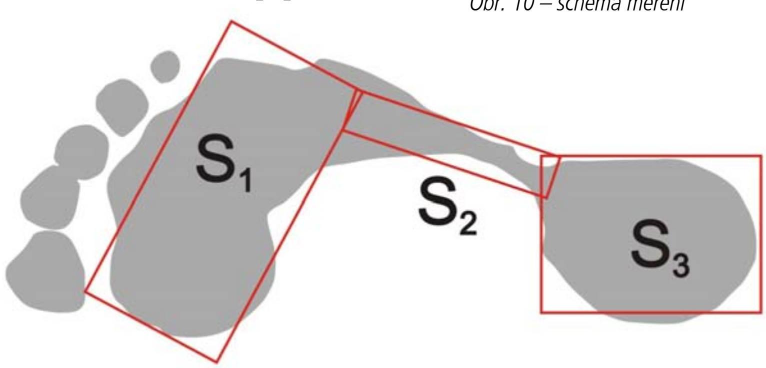
Do korkové zátky zapíchneme obyčejný hřebík. Zátku s hřebíkem položíme na misku digitálních kuchyňských vah a zatlačíme bosým chodidlem na špičku hřebíku. Tímto způsobem přibližně změříme, jak velkou silou můžeme působit chodidlem na jeden hřebík. Vycházejí hodnoty kolem 700 g, tj. síla 7 N. Člověk o hmotnosti 95 kg musí být podepřen alespoň 950 / 7 = 136 hřebíky.



Obr. 10 – schéma měření

Dalším krokem je určení plochy, kterou se bosé chodidlo dotýká země. Jednou z metod je natřít plochu chodidla barvou a obtisknout na papír položený na zem (tento papír můžeme mít připravený předem). Plochu chodidla lze nahradit třemi obdélníky (pro odhad je to dostačující). U dospělého člověka vychází plocha jednoho chodidla na cca 140 cm^2, hřebíkový koberec proto musí mít 1 hřebík na 2 cm^2.

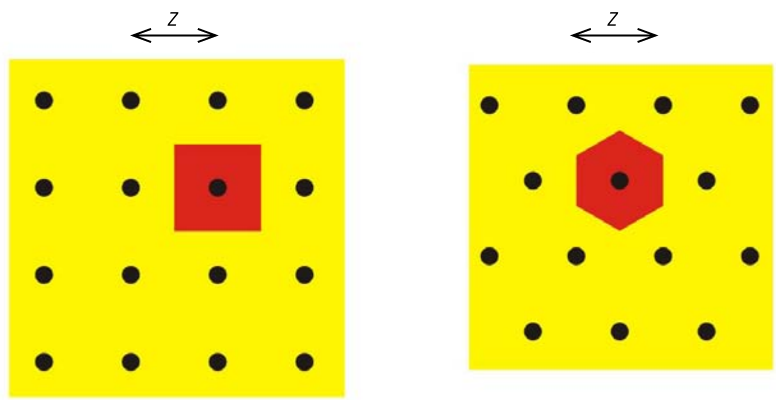
Závěrečným krokem je určení rozteče hřebíků na desce (označme ji *z*). Jsou dvě možnosti – hřebíky mohou tvořit čtvercovou nebo trojúhelníkovou síť. U čtvercové



Obr. 11 – plocha nohy

sítě nese každý hřebík čtvercovou plochu odpovídající rozteči z, u trojúhelníkové sítě šestiúhelníkovou plochu, pro kterou platí $S = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot z^2$ (odvození ponechám na čtenáři).

Pro vzorového člověka musí mít deska se čtvercovou sítí hřebíků rozteč maximálně 1,4 cm, deska s trojúhelníkovou sítí maximálně 1,5 cm.



Obr. 12 – rozmístění hřebíků

Výpočty ověří skutečná hřebíková deska, přesněji řečeno studenti stojící na špičkách hřebíků. Osobně používám desku s trojúhelníkovou sítí hřebíků s roztečí 1 cm. Výpočet mohu potvrdit – první varianta desky, kterou jsem si vyrobil, měla trojúhelníkovou síť s roztečí 2 cm. Na tuto desku bylo možno usednout, ale stání bosýma nohama bylo příliš bolestivé.

Závěr

Výše popsané postupy shrnují dva důležité fyzikální postupy – teoretické výpočty a experimentální ověření výsledků výpočtů. Na svých třídách mám ověřeno, že efekt: „Ono to funguje!“ je extrémně účinný a zapojuje i méně pozorné žáky do výuky.

Metoda „Měř, počítej a měř znovu“ má jediné úskalí – učitel si musí připravit měření, která pěkně vycházejí. V případě odchylek překračujících několik desítek procent předpokládaného výsledku metoda ztrácí na půvabu.

Odkazy

[1] <http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz> *Fyzikální šuplík* (česky), stránky autora zaměřené na výuku fyziky.

Astronomické vzdelávanie na základných a stredných školách v 21. storočí

Peter Hanisko[1], *Katolícka univerzita v Ružomberku*

Katolícka univerzita v Ružomberku, Pedagogická fakulta,
Masarykova univerzita v Brně, Přírodovědecká fakulta,
Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta pedagogická

a

Slovenská fyzikálna spoločnosť,
Česká astronomická společnost

Vás pozývajú na medzinárodnú vedeckú konferenciu

Astronomické vzdelávanie na základných a stredných školách v 21. storočí,

ktorá sa bude konať pod záštitou

doc. PaedDr. Tomáša Jablonského, PhD., m. prof. KU,
dekana Pedagogickej fakulty Katolíckej univerzity

13. – 14. júna 2013
v Aule Pedagogickej fakulty Katolíckej univerzity.

1 peter.hanisko@ku.sk

Vedecký výbor konferencie

RNDr. Jiří Grygar, CSc. (Fyzikální ústav AV ČR, ČR) Predseda
Prof. RNDr. Ivo Volf, CSc. (PřF UHK v Hradci Královom, ČR)
Doc. RNDr. Vladimír Štefl, CSc. (PřF MU v Brne, ČR)
Doc. RNDr. Martin Šolc, CSc. (AsÚ UK v Prahe, ČR)
Doc. RNDr. Vladimír Bahýl, CSc. (DF TU vo Zvolene, SR)
RNDr. Ladislav Hric, CSc. (AsÚ SAV v Tatranskej Lomnici, SR)
RNDr. Miroslav Randa, Ph.D. (FP ZČU v Plzni, ČR)
RNDr. Juraj Tóth, PhD. (FMFI UK v Bratislave, SR)
PaedDr. Ing. Peter Hanisko, PhD. (PF KU v Ružomberku, SR)

Programový a organizačný výbor konferencie

Doc. RNDr. Vladimír Štefl, CSc. Predseda
RNDr. Miroslav Randa, Ph.D. Tajomník ČR
PaedDr. Ing. Peter Hanisko, PhD. Tajomník SR
Prof. RNDr. Juraj Slabeycius, CSc.
Doc. RNDr. Vladimír Labaš, PhD.
Doc. Ing. Stanislav Minárik, PhD.
PhDr. Zuzana Suková
PhDr. Ing. Ota Kéhar

Ciele konferencie

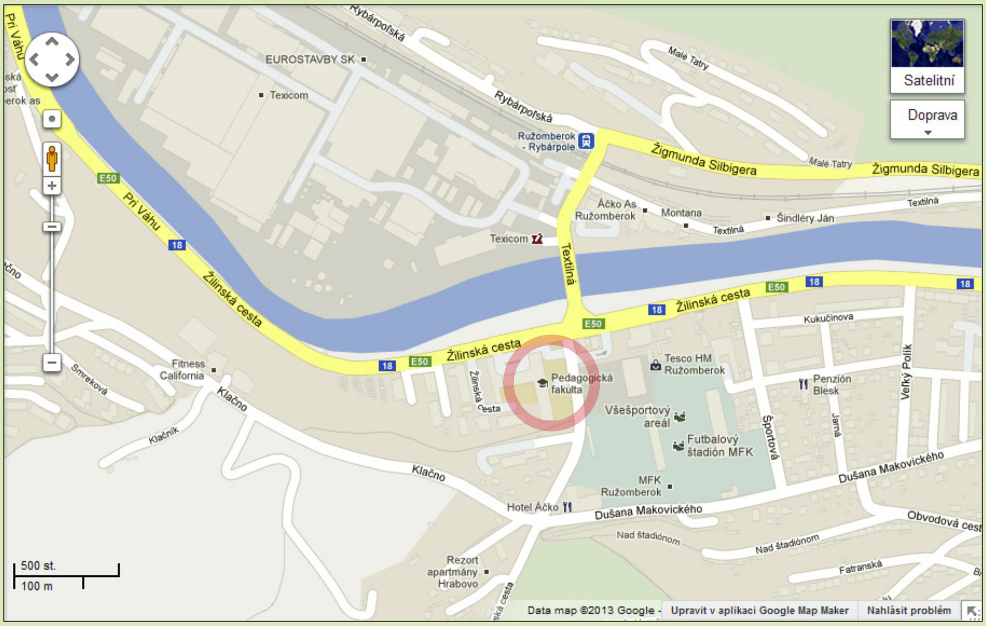
Astronómia a astrofyzika sú príklady vedného odboru, ktorý úzko súvisí s množstvom prírodovedných odborov, medzi ktoré je možné zahrnúť najmä fyziku, chémiu, matematiku, informatiku, geológiu, meteorológiu, geografiu, biológiu apod. Sú to výborné príklady vedného odboru, na ktorých je možné demonštrovať jednotu prírody a z toho vyplývajúcu nevyhnutnosť rozvíjať medziodborové vzťahy. Pre tieto svoje vlastnosti sú astronómia a astrofyzika prírodnými vedami, ktoré významnou mierou prispievajú k utváraniu nášho obrazu sveta a výrazne formujú aj naše predstavy o ňom.

Astronómia a astrofyzika sú celosvetovo hodnotené ako veľmi vhodné predmety pre vyučovanie prírodných vied. Základy astronómie a astrofyziky by mali byť súčasťou základného vzdelania každého človeka. Medzi tradičnými vyučovacími predmetmi, ktoré sa na základných a stredných školách v Slovenskej republike a v Českej republike vyučujú, sa astronómia a astrofyzika nenachádzajú.

Hlavným cieľom vedeckej konferencie **Astronomické vzdelávanie na základných a stredných školách v 21. storočí** je vytvoriť medzinárodný priestor pre výmenu poznatkov, analyzovať aktuálne problémy v oblasti vyučovania astronómie a astrofyziky a prispieť ku skvalitneniu vyučovania základných poznatkov z astronómie a astrofyziky na základných a stredných školách nie len v rámci vyučovania v škole, ale aj v rámci mimoškolskej záujmovej činnosti v oblasti astronómie (astronomické krúžky, astronomická olympiáda, astronomické súťaže apod.).

Miesto konania konferencie

Konferencia sa bude konať v aule Pedagogickej fakulty Katolíckej univerzity na Hrabovskej ceste 1 v Ružomberku (GPS: 49.0829695, 19.2809724).



Konferenčný poplatok 40 Eur

Konferenčný poplatok zahŕňa občerstvenie počas konferencie, obed, večeru a náklady spojené s vydaním recenzovaného zborníka abstraktov, samostatného čísla recenzovaného časopisu **Školská fyzika** a recenzovaného zborníka príspevkov z konferencie s ISBN. Pre učiteľov prírodovedných predmetov základných a stredných škôl je konferenčný poplatok **25 Eur**.

Platba bankovým prevodom na účet Katolíckej univerzity (pri registrácii ukázať potvrdenie o platbe).

Bankové spojenie pre domáci (Slovensko) platobný styk:
Číslo účtu: 7000224305/8180
Variabilný symbol: 130280
Správa pre prijímateľa: priezvisko

Bankové spojenie pre zahraničný platobný styk:
IBAN: SK8681800000007000224305
SWIFT Kód: SUBASKBX
Adresa banky: Všeobecná úverová banka, a. s.
Mlynské Nivy 1
829 90 Bratislava
Variabilný symbol: 130280
Správa pre prijímateľa: priezvisko

Platba v hotovosti pri registrácii.

Bez vložného sa môžu zúčastniť študenti a doktorandi KU. Nebudú však mať nárok na zborníky.

Možnosti ubytovania

Ubytovanie si zabezpečuje každý účastník konferencie samostatne.

Recenzovaný zborník

Vybrané prezentované vedecké príspevky zúčastnených prednášajúcich v slovenskom, českom a anglickom jazyku budú publikované v recenzovanom časopise Školská fyzika (ISSN 1211-1511). Ostatné príspevky a príspevky nezúčastnených autorov budú publikované v recenzovanom zborníku z konferencie s ISBN. Príspevky prosíme poslať v elektronickej forme na e-mailovú adresu peter.hanisko@ku.sk alebo randam@kmt.zcu.cz najneskôr do 13. júna 2013 alebo odovzdať osobne počas konania konferencie (13. – 14. jún 2013). Rozsah príspevku maximálne 10 strán, písmo Times New Roman, veľkosť písma 12.

Kontakt

PaedDr. Ing. Peter Hanisko, PhD.
Katolícka univerzita v Ružomberku
Pedagogická fakulta
Hrabovská cesta 1
034 01 Ružomberok
Slovenská republika
E-mail: peter.hanisko@ku.sk

RNDr. Miroslav Randa, Ph.D.
Západočeská univerzita v Plzni
Fakulta pedagogická
Klatovská 51
306 14 Plzeň
Česká republika
E-mail: randam@kmt.zcu.cz

Dôležité termíny

Zaslanie záväznej prihlášky do **30. apríla 2013**
Zaslanie abstraktu príspevku do **30. apríla 2013**
Zaslanie textu príspevku do **13. júna 2013** (najneskôr osobne počas konania konferencie)
Rokovanie konferencie **13. a 14. jún 2013**

Bližšie informácie o konferencii sú dostupné na oficiálnej internetovej stránke konferencie

http://astroedu.webnode.sk/

ŠKOLSKÁ FYZIKA

praktický časopis pro výuku fyziky

4
2012

Vydává

Fakulta pedagogická
Západočeské univerzity v Plzni,
Univerzitní 8, Plzeň

oddělení fyziky katedry matematiky,
fyziky a technické výchovy

ISSN 1211-1511