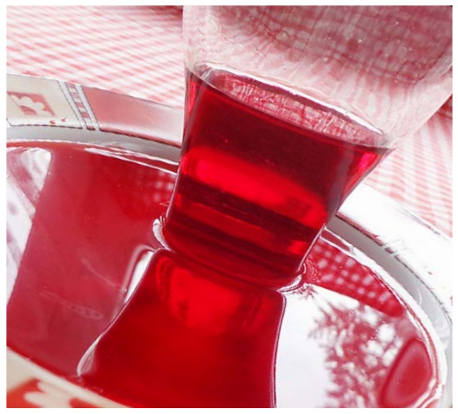
# školská fyzika

mimořádné číslo Think Big 5 / ročník 2013
www.sf.zcu.cz



think big
Nadace Telefónica

**praktický časopis pro výuku fyziky**

vydává Fakulta pedagogická Západočeské univerzity v Plzni

**Ročník X.** **mimořádné číslo Think Big 5 / 2013**

# 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

**Šéfredaktor:** Karel Rauner (rauner@kmt.zcu.cz)

**Výkonný redaktor:** Miroslav Randa (randam@kmt.zcu.cz)



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

**Vychází:** čtyřikrát ročně

**Předplatné:** zdarma

**URL (Internet):** www.sf.zcu.cz

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

**ISSN 1211-1511**

Toto číslo vyšlo 31. srpna 2013.

# Fyzika hrou doma i ve škole

*Redakce*


Skupina studentů Západočeské univerzity v Plzni uspěla se svým projektem „*Fyzika hrou doma i ve škole*“ v rámci projektů pro skupiny mladých lidí Think Big, které finančně podpořila Nadace Telefónica. Mimořádné číslo Školské fyziky vzniklo právě díky tomuto projektu a obsahuje praktické náměty pro mimoškolní a školní vzdělávání v oboru fyzika a pro práci s talentovanými žáky na základních školách. Zařadili jsme do něj zajímavé problémy a úlohy i pokusy, které si může každý vyzkoušet sám. Protože tyto nápady chceme co nejvíce šířit mezi děti a jejich učitele, existuje toto mimořádné číslo nejen v elektronické podobě jako ostatní články v časopisu Školská fyzika (`sf.zcu.cz`), ale i v tištěném papírovém provedení. Na školy v České republice je distribuováno celkem 500 výtisků časopisu. Materiály jsou zveřejněny také na facebooku `www.facebook.com/Fyzika.hrou`. Na uvedených webových adresách jsou dostupné i další články mimořádného čísla vzniklého díky projektu Think Big, které se nám do papírové verze již nevešly.

Školská fyzika (ISSN 1211-1511) je recenzovaný odborný praktický časopis pro učitele fyziky na základních i středních školách, který vznikl 1. září 1993 a vychází 4krát ročně. Od roku 2012 jsou jednotlivé články i čísla vydávány v elektronické podobě ve formátu PDF. Články procházejí dvojí nezávislou recenzí. Časopis má v současné době více než 600 registrovaných čtenářů a snahou tohoto mimořádného čísla je časopis ještě více rozšířit. Díky projektu došlo rovněž k úpravě webových stránek časopisu Školská fyzika tak, aby byly atraktivnější nejen pro učitele, ale i pro děti.

*Marie Mollerová, Markéta Vojtajová, Zuzana Suková*

Program Think Big pomáhá na svět všem dobrým nápadům mladých lidí, kteří chtějí něco vytvořit nebo změnit ve svém okolí. Mladí lidé si projekt sami navrhnou a realizují a měl by se týkat něčeho, co je zajímá a je jim blízké. Proto nejsou kladena na projekty žádná tematická omezení. Projekty Think Big mají iniciovat pozitivní změny v blízkém či širším okolí, ve kterém žijeme, nebo přinést prospěch a užitek ostatním lidem. Naším cílem je přitáhnout žáky ke studiu přírodních věd a pomoci učitelům fyziky při práci s talentovanými žáky.

Pokusy jsme zkoušeli také s dětmi a vybrali jsme ty nejlepší. Přináší vám je právě další stránky tohoto čísla.

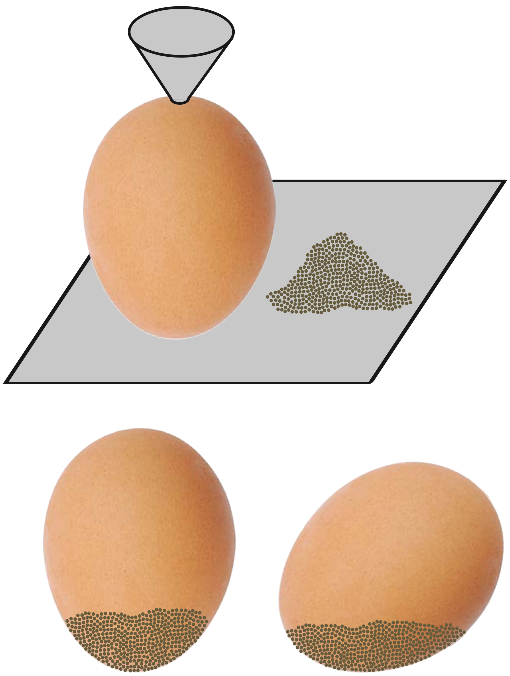
31. srpna 2013

*redakce časopisu a tým Fyzika hrou doma i ve škole*

# Fyzikální Velikonoce

*Pavla Červená (rozená Mikešová)[1], ZŠ Nový Rychnov; František Špulák †*

O Velikonocích hrají důležitou roli slepičí vejce a kraslice. V našich pokusech, se kterými čtenáře v článku seznamujeme, je tomu také tak. Ať je jaro, léto, podzim nebo zima, vítejte na našich vaječných hodech – fyzikálních Velikonocích. Nechte se inspirovat a postavte si třeba člun poháněný parním kotlem vyrobeným z vajíčka nebo právě Kolumbovo vejce.



## Kolumbovo vajíčko

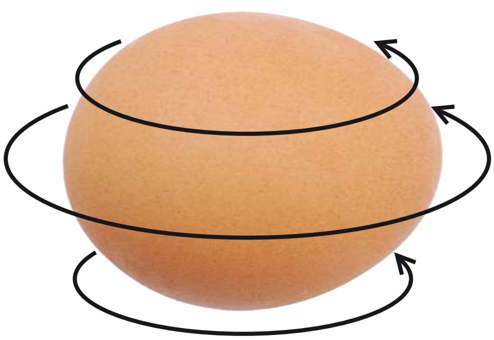
*Potřeby:* syrové vajíčko, šídlo, jemný písek, svíčka, zápalky, bílá barva

*Popis a postup:* Tenkým šídlem prorazíme do skořápky syrového vajíčka dva malé otvory a vyfoukneme jeho obsah. Po vysušení nasypeme do vnitřku trochu jemného písku a pak otvory zamaskujeme voskem, který potřeme barvou podle odstínu vejce. Pak už jen zbývá předvést stabilitu vajíčka v libovolné poloze. Příčinou stability je písek, který se přesypává dolů, a proto těžiště vajíčka zaujme vždy tu nejnižší z možných poloh.

## Vaječná věštírna

*Potřeby:* 1 vařené a 1 syrové vejce

*Popis a postup:* Tento pokus je založen na setrvačnosti a pomůže nám určit, které z vajíček je syrové a které vařené. Vejce na hladkém stole uvedeme do rychlé rotace. Uvařené vejce se točí dlouho, zatímco syrové se brzy zastaví. Proč? U vařeného vajíčka je bílek i žloutek ztuhlý a jsou spojeny se skořápkou. Do pohybu je uveden tedy celý obsah vejce. Naproti tomu u syrového vejce je uvedena do pohybu pouze skořápka, bílek a žloutek se neotáčejí spolu se skořápkou, neboť s ní nejsou spojeny a navíc jsou tekuté. Vzniká značné tření skořápky o hustý bílek a pohyb je utlumen.

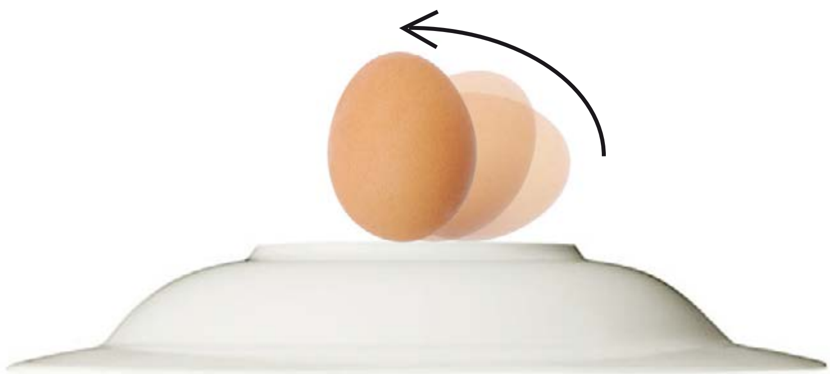


1 cervena.pav@seznam.cz

## Zvedající se vajíčko

*Potřeby:* uvařené vajíčko

*Popis a postup:* Pokus je možno provést na hladkém stole nebo na obráceném talíři. Vajíčko roztočíme co nejrychleji (jde o cvik), zpočátku se točí ve vodorovné poloze, ale pak se náhle vztyčí a v této svislé poloze vydrží tak dlouho, až se jeho energie „ztratí" třením. A důvod? Ležící vejce se neotáčí kolem volné osy (není symetrické); hledá si volnou osu a nalézá ji v rotaci kolem své podélné osy – tj. ve svislé poloze.



## Točící se vajíčko

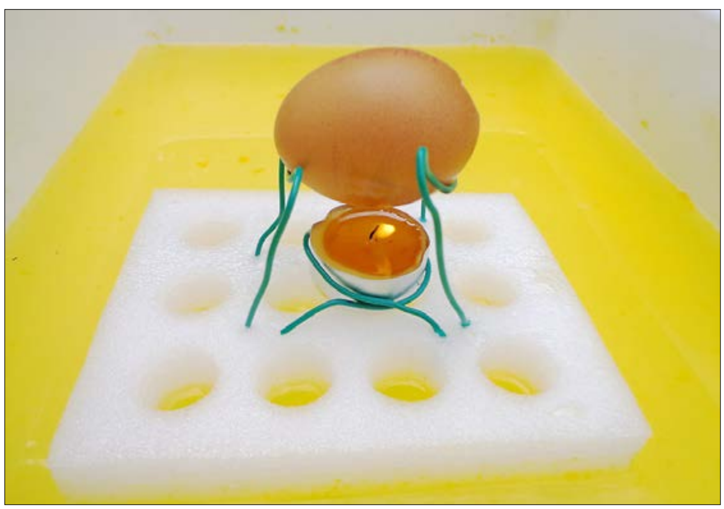
*Potřeby:* syrové vajíčko

*Popis a postup:* Uvařené vajíčko se dá roztočit snadno, zatímco se syrovým vejcem je to obtížné. Přesto se o to pokusíme a vajíčko popoháníme tak dlouho, až se bude pohybovat i tekutý obsah. Pak otáčející se vejce na malý okamžik uchopíme a hned zas vrátíme. A vejce se točí dál, jako by se nic nestalo. Co to způsobilo? Podrželi jsme totiž jen skořápku, obsah se otáčel dál, a když jsme skořápku pustili, dostala se díky tření znovu do rotačního pohybu.

## Člun z vajíčka

*Potřeby:* syrové vejce, svíčka, korek, kancelářské sponky, nádoba s vodou

*Popis a postup:* Vyfoukneme vajíčko, jeden otvor zalepíme voskem a druhý necháme. Skořápku pak do poloviny naplníme vodou. Člun sestavíme podle obrázku. A co uvádí člun do pohybu? Je to reaktivní síla proudu páry, která uniká z vajíčka, v němž se voda vaří. Vajíčko pak představuje parní kotel.



**Použitá literatura**

[1] BACKE, Hans. *Fyzika z vlastních pozorování.* Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1967, 296 s.
[2] BILIMOVIČ, Boris F. *Fyzikální kvizy.* Moskva: Mír, 1981, 176 s.
[3] *Encyklopedie vědy a techniky.* 1. vyd. Praha: Albatros, 1986, 254 s.

*Článek vyšel v časopisu Školská fyzika, ročník VI/2000, mimořádné číslo, str. 69 – 71. Původně článek obsahoval pouze černobílé náčrtky pokusů. Fotografie a barevné náčrtky, jejichž autorkou jsou Zuzana Suková a Václav Kohout, byly doplněny redakcí.*

# Atmosférický tlak a varná konvice

*Jana Šolcová*[1]

Nemáte k dispozici vývěvu ani kahan a papír či svíčka se právě při demonstraci stávají „nehořlavými"? Pak vám nabízím pár nápadů, jak k experimentování s atmosférickým tlakem využít obyčejné varné konvice. Všechny pokusy jsou vyzkoušené a velmi přesvědčivé! Jejich využití v hodině může mít motivační charakter, mohou být představeny jako problémy k vysvětlení nebo prostě jen zpestří výklad a hodinu. A navíc si je žáci mohou zkusit doma sami. Cílem následujících pokusů je kvalitativně demonstrovat různé variace na téma „stavová rovnice"; vznik podtlaku a jeho účinky. Pokusy také ukazují, že vzduch kolem nás působí na předměty tlakem, jehož účinky mohou být překvapující.

Předem bych upozornila na dodržení základních pravidel bezpečnosti. Při demonstraci je třeba zkumavky, popř. láhve, zahřát na poměrně vysokou teplotu, a proto je nutno použít držáky. Varnou konvici lze zapínat jen s vodou.

## Láhev a balónek

**Pomůcky:** skleněná láhev, varná konvice s horkou vodou, balónek, led nebo studená voda na ochlazení, trychtýř

**Provedení:** Naplníme láhev asi do třetiny horkou vodou a její hrdlo uzavřeme dětským gumovým balónkem. Láhev ochladíme ledem nebo studenou vodou. Balónek se „vcucne" dovnitř láhve. Vysvětlení – po naplnění láhve horkou vodou část ohřátého vzduchu unikne z láhve. Uzavřeme-li hrdlo láhve balónkem a ochladíme ji, sníží se teplota vody i vzduchu, dojde ke kondenzaci par uvnitř a tím se sníží i tlak vzduchu. Vnější atmosférický tlak „promáčkne" balónek dovnitř hrdla láhve.

Jestliže naopak nejdříve hrdlo prázdné láhve uzavřeme gumovým balónkem a pak ponoříme do varné konvice s horkou vodou, balónek se bude postupně nafukovat. Ohřátý vzduch v láhvi se rozpíná a jeho zvětšující se tlak způsobuje nafouknutí balónku na hrdle láhve.

## Bramborové zátky

**Pomůcky:** skleněná zkumavka, brambor, varná konvice

**Provedení:** Skleněnou zkumavku uzavřeme bramborovou zátkou tak, že ji vtlačíme do plátku z bramboru, který je silný asi 1 cm. Pozor, aby vám zkumavka nepraskla v ruce! Zkumavku ponoříme do horké vody ve varné konvici tak, aby zátka byla nad hladinou. Po chvíli zátka vyletí za doprovodu zvuku připomínajícího otvírání láhve. Je-li zátka silnější, zvukový efekt je výraznější, ale je třeba mít více trpělivosti při zahřívání. Vysvětlení pokusu je nasnadě: při zahřátí vzduchu v trubici se jeho tlak v omezeném objemu zkumavky zvětší a vyrazí zátku ven.

1 *jana.solcova@quick.cz*

## Vejce na láhvi

**Pomůcky:** vejce, skleněná láhev se širším hrdlem (např. od kečupu), varná konvice s horkou vodou

**Provedení:** Láhev vymyjeme horkou vodou a na hrdlo položíme vařené vajíčko špičkou dolů. To nejdříve na hrdle chvíli nadskakuje a pak je vtlačeno do láhve! Jestliže nasadíme vajíčko na hrdlo láhve rychle, teplý vzduch, který je ještě ohříván stěnami láhve, má tendenci unikat. Jakmile se začne vzduch ochlazovat, dochází k zmenšení jeho objemu a vzniku podtlaku v láhvi. Vejce je vtlačeno vnějším tlakem vzduchu dovnitř. Při realizaci pokusu je však třeba použít vhodnou láhev, jejíž hrdlo je jen o málo menší než vejce. A jak dostat vejce z láhve ven? Obrátit a zahřát láhev proudem horké vody.

## Neposlušné gravitační pole

**Pomůcky:** talíř nebo miska s obarvenou vodou, velká sklenička nebo láhev od kečupu, varná konvice

**Provedení:** Velkou skleničku nebo láhev s úzkým hrdlem vypláchneme horkou vodou. Pak láhev postavíme hrdlem dolů do talíře s obarvenou vodou. Hladina vody v láhvi začne stoupat a ve sklenici od kečupu dosáhne výšky více než 10 cm. Vysvětlení je obdobné jako v předcházejících pokusech. Ohřátím skla láhve jsme zvýšili i teplotu vzduchu uvnitř a část ho unikla z láhve ven. Ponořením do vody a postupným vyrovnáním teplot s okolím vzniká v láhvi podtlak, který způsobuje nasávání vody.

*Článek vyšel v časopisu Školská fyzika, ročník VII/2001, číslo 2, str. 57–58. Původně článek obsahoval pouze černobílé náčrtky pokusů. Fotografie, jejichž autorkou je Zuzana Suková, byly doplněny redakcí.*

# Poetická fyzika

*Jan Bečvář*[1]

Milí studenti! Jistě jste již dávno zjistili, že důkladné znalosti z oboru fyziky jsou pro existenci moderního člověka naprosto zásadní. Poslední fyzikální poznatky pohánějí technický rozvoj Mílovými kroky (jedná se o kroky jistého Míly Kroupy z Dolních Počernic)…

Naprostá nutnost obšírných fyzikálních znalostí se však již dávno nevztahuje pouze na podivínské vědce a pološílené vynálezce všeho možného. Fyzika se dnes promítá prakticky do všech oblastí lidského bytí. Tentokrát se vás pokusím přesvědčit, že fyzika může výrazně napomoci mnohým literárním fandům k pochopení moderní poezie. Jako ilustrační text jsem zvolil několik básní německého autora Christiana Morgensterna, které u nás vyšly v překladu Josefa Hiršala pod názvem *„Písně šibeničních bratří“*.

Hned první báseň vzbudí v pozorném čtenáři nemalé pochybnosti. Píše se zde o klokanovi, který se chystá sežrat vrabce. V Austrálii jsem sice nikdy nebyl, takže toho o klokanech mnoho nevím, ale že by požírali drobné opeřence, to se mi příliš nezdá. Ani moje sestra, která Austrálii procestovala křížem krážem, nic podobného neviděla. Není ale třeba propadat beznaději, je tady fyzika, aby celý spor rozřešila.

Dlouhé klokanovo rozhodování má, jako všechny přírodní jevy, svoji logiku. Nesmíme zapomínat, že běh zvířecích životů je řízen výhradně nemilosrdným bojem o přežití. Jeho podstatou je efektivní shánění potravy. Dříve, než klokan na vrabce zaútočí, si musí důkladně promyslet, je-li útok vůbec v jeho silách, a pakliže ano, jestli se mu vyplatí.

### *Vrabec a klokan*

*Za plotem klokan bez hnutí*
*na vrabce zírá v pohnutí.*

*Vrabec, jenž sedí na stavení,*
*nejeví zvláštní potěšení.*

*A to tím spíš, že cítí: Jsem*
*okukován tím klokanem.*

*Čepýří chmýří, dostal zlost –*
*teď už je toho vskutku dost!*

*Stěží se může udržet…*
*Co kdyby ho ten klokan snědˇ?!*

*Ten otáčí však za hodinu –*
*bůhví, co je v tom za příčinu,*

*a možná, že v tom důvod není –*
*svou hlavu směrem od stavení.*

Fyzikálně řečeno:

1. Jak velký výkon by klokan musel minimálně vyvinout pří šplhání na střechu, aby vrabec neuletěl?
2. Nebude vynaložená energie (čti „mechanická práce“) příliš velká vzhledem k výživné hodnotě pokrmu? Pro jednoduchost uvažujme jen práci potřebnou pro šplhání. Výdej energie potřebné ke skoku zde zanedbáme.

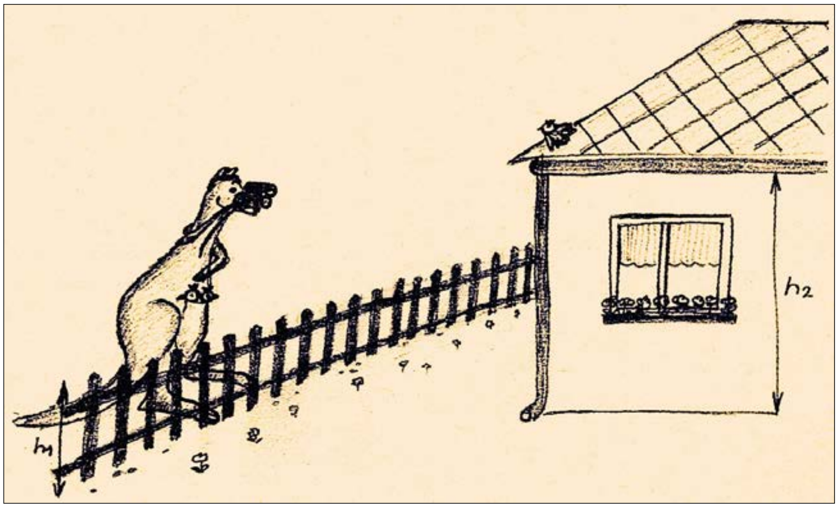
Víme, že výška domu, na kterém vrabec sedí, je 5 m. Dříve, než může klokan začít šplhat na střechu, musí přeskočit nízký plůtek (45 cm). Reakční doba konsternovaného vrabce je v případě útoku klokana obvykle asi 1 s (typický vrabec samozřejmě reaguje v nebezpečí mnohem rychleji, jenže útok klokana je pro něj tak nečekaná událost, že zůstane obvykle zprvu sedět jako opařený). Zbývá už dodat jen hmotnost klokana (80 kg) a výživnou hodnotu vrabce (3 kJ – nezapomínejme, že vrabec je pro klokana prakticky nestravitelný, a proto je jeho výživná hodnota velice nízká). Pro upřesnění dodejme, že klokan na dům šplhá rovnoměrným pohybem.

**Řešení:**

Než přikročíme k řešení, nakreslíme si tradiční obrázek a vypíšeme jednotlivé známé proměnné:

| | |
|---|---|
| hmotnost klokana | $m = 80\,\mathrm{kg}$, |
| výška plotu | $h_1 = 45\,\mathrm{cm} = 0{,}45\,\mathrm{m}$, |
| výška domu | $h_2 = 5\,\mathrm{m}$, |
| reakční doba vrabce | $t_0 = 1\ \mathrm{s}$, |
| výživná hodnota vrabce | $E = 3\ \mathrm{kJ}$. |

1 honza.becvar@gmail.com




Nejdříve máme určit výkon, který musí klokan vynaložit při šplhání na střechu. Ten lze zjistit například ze vzorečku

$$P = F \cdot v,$$

kde $v$ je rychlost pohybu (zde šplhu) a $F$ síla potřebná pro danou akci. V našem případě je $F$ síla, kterou klokan vynakládá při šplhu na střechu, tj. síla potřebná pro překonání gravitační síly táhnoucí vačnatce zpět k zemi:

$$F = F_g = m \cdot g\,.$$

Rychlost šplhu vypočteme velice snadno:

$$v = \frac{h_2}{t_2},$$

kde $t_2$ je doba šplhu.

Aby klokan vrabce chytil, nesmí doba útoku (skládající se ze skoku přes plot a ze samotného šplhu) přesáhnout reakční dobu vrabce. V ideálním případě (aby se chudák klokan zbytečně nepředřel) se tedy doba útoku přesně rovná vrabcově reakční době. Označme dobu skoku přes plot $t_1$ a můžeme zapsat:

$$t_1 + t_2 = t_0,$$
$$t_2 = t_0 - t_1.$$

Dosazením do vzorce pro rychlost získáme

$$v = \frac{h_2}{t_0 - t_1}.$$

O době skoku přes plot $t_1$ zatím vůbec nic nevíme. Prozatím ji však odložíme, vrátíme se k ní za chvilku. Můžeme tedy dosadit za sílu i rychlost do původního vzorečku pro výkon:

$$P = m \cdot g \cdot \frac{h_2}{t_0 - t_1}.$$

Poněvadž víme, že gravitační konstanta $g = 10\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}$, a ostatní hodnoty známe ze zadání, je řešení prakticky hotovo. Jen ještě zjistit, jak dlouho by klokanovi mohl trvat skok přes onen zpropadený plůtek.

Jak na to? Při šplhu je rychlost pohybu čistě v rukách (tlapách) příslušného šplhouna, stačí jen trochu přidat a šplhaná vzdálenost je rázem překonána za kratší dobu. Se skákáním je to ovšem zcela jinak. Jak se jednou odrazíte, jste plně v moci zemské gravitace a se skokem samotným (natož pak s dobou jeho trvání) nic neuděláte. Až se milé gravitaci zachce, bací s vámi zpátky o zem.

Naštěstí má ale vše svá pravidla a to, kdy se gravitaci zrovna „zachce“, můžeme poměrně snadno vypočítat. Například víme, že při volném pádu po určitou dobu $t$ těleso urazí dráhu $s$ rovnou

$$s = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2.$$

Odtud můžeme naopak zjistit, že doba trvání volného pádu z určité výšky $s$ je rovna

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot s}{g}}.$$

Můžeme si rovněž prozradit, že takový skok přes plot se vlastně skládá ze dvou částí (odrazu směrem vzhůru a pádu zpět na zem), z nichž každá je přesným zrcadlovým obrazem té druhé. Začněme tou druhou částí – volným pádem z pozice těsně nad plotem směrem dolů. Poněvadž známe délku dráhy tohoto volného pádu (je jí vlastně výška plotu $h_1$), umíme vypočítat i dobu jeho trvání $t_\mathrm{p}$ podle právě odvozeného vzorce

$$t_\mathrm{p} = \sqrt{\frac{2 \cdot h_1}{g}}.$$

První část skoku (pohyb vzhůru k vrcholku plotu) je zrcadlovým obrazem druhé části (volného pádu). Zatímco v případě volného pádu se klokan začíná pohybovat nulovou rychlostí, postupně zrychluje, aby nakonec poměrně velkou rychlostí dopadl na zem (gravitační síla jeho pohyb po celou dobu urychluje), v případě skoku směrem vzhůru se klokan odráží určitou rychlostí a vlivem gravitační síly se jeho pohyb postupně zpomaluje, až těsně nad plotem (pokud se klokan neodrazil příliš) dosáhne rychlost nulové hodnoty a klokan vzápětí začíná padat. Díky tomu, že jej směrem vzhůru zpomaluje stejná síla, která jej pak při volném pádu urychluje, platí několik zajímavých pravidel. Například rychlost odrazu klokana se rovná rychlosti dopadu na zem, ale zejména doby trvání obou částí skoku (pohybu vzhůru a pádu dolů) jsou stejné. Díky tomu můžeme celkovou dobu skoku snadno vypočítat jako dvojnásobek doby volného pádu z vrcholku plotu:

$$t_1 = 2 \cdot t_p,$$

$$t_1 = 2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot h_1}{g}}.$$

Dosadíme-li tento výraz do vzorce pro výkon

$$P = m \cdot g \cdot \frac{h_2}{t_0 - 2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot h_1}{g}}},$$

můžeme již za všechny proměnné dosadit zadané hodnoty a určit výsledek:

$$P = 10\,000 \text{ W}.$$

Druhá část úkolu (zjištění práce vynaložené při šplhání) bude ještě mnohem jednodušší. Známe totiž vztah mezi výkonem a prací:

$$P = \frac{W}{t_2},$$

$t_2$ je opět doba, po kterou práci konáme, v našem příkladu tedy opět ona doba šplhání za vrabcem na střechu, $t_2 = t_0 - t_1$. Potom

$$W = P \cdot (t_0 - t_1),$$

$$W = P \cdot \left(t_0 - 2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot h_1}{g}}\right),$$

$$W = 4\,000 \text{ J } (= 4 \text{ kJ}).$$

Z výsledku vidíme, že lov se klokanovi nemůže vyplatit, protože vynaložená práce převyšuje výživnou hodnotu úlovku. Proto se klokan nakonec od vrabce odvrací a můžeme zodpovědně prohlásit, že klokan v divoké přírodě loví vrabce opravdu jen velice sporadicky. Dlužno poznamenat, že málokterý klokan dokáže šplhat na dům rychlostí $12{,}5\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

**Poznámka 1:** Celý postup řešení bychom samozřejmě mohli obrátit, napřed vypočítat vykonanou práci ($W = m \cdot g \cdot h_2$) a z ní pak potřebný výkon podle vzorce $P = \frac{W}{t_2}$. Snaživí počtáři se samozřejmě mohou zamyslet i nad tím, kolik energie by klokan asi spotřeboval při přeskočení plůtku.

**Poznámka 2:** Klokan by se mohl pokusit přes plůtek skočit rovnou na zeď domu, čímž by ušetřil čas i síly. Ovšem v praxi takové akrobatické kousky vidíme jen zcela výjimečně a klokani zpravidla volí konzervativnější způsob lovu, jaký jsme právě podrobně popsali v řešení příkladu.

**Poznámka 3:** Na závěr musíme přiznat, že uvedený výpočet spotřebované energie není zcela správný. Klokan vydává energií potřebnou jednak ke zvýšení své polohové (potenciální) energie $\Delta E_p = m \cdot g \cdot h_2$ (tu jedinou jsme v příkladu uvažovali), ale také k dosažení pohybové (tj. kinetické) energie $E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ (o té jsme s ohledem na zaměření článku pro ZŠ taktně pomlčeli). Skutečný celkový výdej energie je tak roven součtu kinetické energie a změny potenciální energie $E_c = E_k + \Delta E_p = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + m \cdot g \cdot h_2$. Pokud by klokan navíc uvedené rychlosti nedosáhl v dostatečně krátkém (tj. zanedbatelném) čase, museli bychom též zrušit náš předpoklad o rovnoměrném pohybu (klokan by postupně zrychloval) – ale tím bychom příklad již příliš zamotali…

**Problém**

*Kámen si letěl dál a dál,*
*ač neměl křídla, nemával.*
*Nu, přejme mu to, ámen.*
*Přesto však, jaký div se stal,*
*že může létat kámen!*

Letící kámen může těžko někoho překvapit, je-li to kámen malý a v dohledu stojí výtržník s prakem v ruce. Jedná-li se však o velký balvan volně letící krajinou, máme hned důvod k zamyšlení. Vidíme, že i sám autor básně je zcela v koncích a sám neumí daný jev uspokojivě vysvětlit. Opravdového fyzika však letící kámen v žádném případě nevyvede z míry a ihned mu dojde, že kámen v sobě skrývá dutinu naplněnou héliem (nebo jiným lehkým plynem). Určete, jaký podíl (v procentech) objemu kamene musí zabírat hélium, aby kámen létal.

**Řešení:**

Pusťme se bez dlouhých okolků rovnou do řešení. Možná vás v první chvíli poněkud zaskočí, že po vás chceme konkrétní výsledek, aniž bychom zadali jakékoli vstupní hodnoty. Nicméně neohrožený fyzik si poradí v každé šlamastyce.

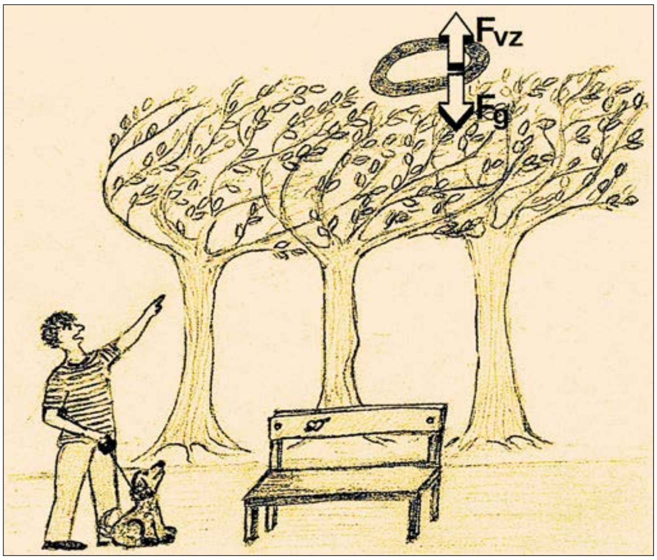
Například jej napadne, že kámen letící vzduchem bude mít jistě co do činění s Archimédovým zákonem – tedy se vztlakovou silou. A už se bude pídit po potřebných hustotách. V tabulkách nalezne

hustotu vzduchu $\rho_{\text{vzd}} \doteq 1{,}3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$,

hustotu kamene (např. žuly) $\rho_{\text{k}} \doteq 2800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$,

hustotu hélia $\rho_{\text{He}} \doteq 0{,}18 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

Po zaklapnutí matematicko-fyzikálních tabulek jej jistě napadne, že obrázkem nic nezkazí a zbytek už se snad nějak vyvrbí.




Objem celého tělesa $V$ se skládá ze dvou částí, objemu kamenného obalu $V_{\text{k}}$ a objemu héliové bubliny $V_{\text{He}}$:

$$V = V_{\text{k}} + V_{\text{He}}.$$

Rovněž celkovou hmotnost $m$ můžeme vyjádřit jako součet hmotnosti kamene a hélia:

$$m = m_{\text{k}} + m_{\text{He}}.$$

Aby kámen mohl samovolně (tj. bez vnější intervence) létat, musí být síly, které na něj působí (gravitační $F_{\text{g}}$ a vztlaková $F_{\text{vz}}$) v rovnováze, tj. musejí mít shodné velikosti:

$$F_{\text{g}} = F_{\text{vz}}.$$

Pokusme se nyní obě síly vyjádřit pomocí výše zavedených proměnných. Vztlaková síla, působící na těleso, má velikost rovnou

$$F_{\text{vz}} = V \cdot \rho_{\text{vzd}} \cdot g,$$

a tedy

$$F_{\text{vz}} = \left(V_{\text{k}} + V_{\text{He}}\right) \cdot \rho_{\text{vzd}} \cdot g.$$

Naproti tomu velikost gravitační síly je součinem hmotnosti tělesa a gravitační konstanty:

$$F_{\text{g}} = m \cdot g,$$

$$F_{\text{g}} = \left(m_{\text{k}} + m_{\text{He}}\right) \cdot g.$$

Dosazením do vzorce pro rovnováhu sil získáváme

$$\left(V_{\mathrm{k}}+V_{\mathrm{He}}\right)\cdot\rho_{\mathrm{vzd}}\cdot g=\left(m_{\mathrm{k}}+m_{\mathrm{He}}\right)\cdot g$$

a po úpravě

$$\left(V_{\mathrm{k}}+V_{\mathrm{He}}\right)\cdot\rho_{\mathrm{vzd}}=m_{\mathrm{k}}+m_{\mathrm{He}}.$$

V zadání příkladu si objektivně obětavý autor objednal vztah mezi oběma objemy – tj. mezi objemem hélia a objemem kamenného obalu, v jehož objetí je hélium – tak po této větě bych si rád o(d)běhl na oběd. Abychom se k nějakému takovému vztahu dobrali, potřebujeme naši rovnici upravit na tvar obsahující pouze známé proměnné a uvedené dva objemy ($V_{\mathrm{k}}$ a $V_{\mathrm{He}}$). Jinými slovy, potřebujeme se nějak „zbavit" hmotností na pravé straně rovnice. Naštěstí umíme hmotnost vyjádřit právě pomocí objemu a odpovídající hustoty:

$$m_{\mathrm{He}}=V_{\mathrm{He}}\cdot\rho_{\mathrm{He}},$$
$$m_{\mathrm{k}}=V_{\mathrm{k}}\cdot\rho_{\mathrm{k}}.$$

Tudíž

$$\left(V_{\mathrm{k}}+V_{\mathrm{He}}\right)\cdot\rho_{\mathrm{vzd}}=V_{\mathrm{k}}\cdot\rho_{\mathrm{k}}+V_{\mathrm{He}}\cdot\rho_{\mathrm{He}},$$
$$V_{\mathrm{He}}\cdot\left(\rho_{\mathrm{vzd}}-\rho_{\mathrm{He}}\right)=V_{\mathrm{k}}\cdot\left(\rho_{\mathrm{k}}-\rho_{\mathrm{vzd}}\right).$$

Najednou se nám celá situace vyjasňuje a my můžeme konečně vyjádřit podíl objemu kamene a hélia v letícím tělese:

$$\frac{V_{\mathrm{k}}}{V_{\mathrm{He}}}=\frac{\rho_{\mathrm{vzd}}-\rho_{\mathrm{He}}}{\rho_{\mathrm{k}}-\rho_{\mathrm{vzd}}},$$

$$\frac{V_{\mathrm{k}}}{V_{\mathrm{He}}}\doteq 0{,}0004.$$

Objem kamenné slupky tedy činí pouhých 0,04 % objemu dutiny s héliem. Řešení příkladu sice nebylo úplně jednoduché, ale ukázali jsme si, že i při minimálním množství známých informací můžeme dojít k zajímavým závěrům.

**Poznámka 1:** Pozorný čtenář si jistě všiml, že zadání od nás ve skutečnosti požadovalo poněkud odlišnou informaci, než kterou zde drze vydáváme za odpověď. Úkolem nebylo zjistit podíl objemů kamene a hélia , ale podíl objemu hélia a celkového objemu tělesa. To již ale jistě zvládnete sami (pro kontrolu jen přibližný výsledek: 99,96 %).

**Poznámka 2:** Kámen by mohl vzlétnout i v případě ještě většího podílu objemu hélia. V takovém případě by ovšem vztlaková síla převážila nad sílou gravitační a kámen by ulétl vzhůru jako pouťový balónek. Stejná poznámka platí i pro použití slabě zředěného hélia. V případě silně zředěného hélia by kámen nelétal, poněvadž snížený tlak silně zředěného hélia uvnitř kamene by neudržel tenkou kamennou slupku, která by byla zcela jistě rozdrcena okolním atmosférickým tlakem.

Pohledem na výsledek zjišťujeme, že hélium by muselo vyplnit takřka celý objem a na samotný kámen by tedy zbývala jen tenká slupička kolem. Například kulový kámen s poloměrem 1 m by měl kamennou slupku silnou pouze 0,13 mm, jak snadno ověříte s využitím vzorce pro výpočet objemu koule. Takový kámen by byl samozřejmě velice křehký a daleko by nedoletěl. I tentokrát jsme důkladným fyzikálním rozborem prokázali, že celá báseň je poněkud přitažená za vlasy a můžeme s úspěchem pochybovat, zda se její děj zakládá na realitě.

*Článek vyšel v časopisu Školská fyzika, ročník VII/2002, číslo 4, str. 33–42. Předkládaný text je zkrácenou verzí původního článku (řešeny jsou zde pouze dvě básně z původních tří).*

# Plování těles

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

Po celou dobu své pedagogické praxe se snažím vyučovat pomocí demonstračních a žákovských pokusů. Následující řádky jsou návrhem několika experimentů, které by žáci měli vidět nebo ještě lépe vyzkoušet si sami (snadno i doma) v rámci probírání tématu „plování těles".

## Plovoucí materiály

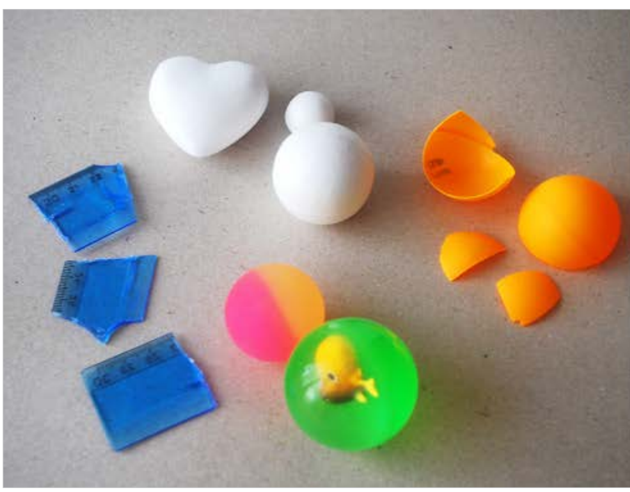
Po prvotních úvahách o plování se můžeme podívat na demonstraci plování látek v kádinkách s třemi kapalinami různé hustoty. Používám denaturovaný líh (800 $\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$), vodu (1 000 $\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$) a koncentrovaný roztok kuchyňské soli (1 200 $\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$). Aby měla solanka dostatečnou hustotu, je nutno rozpouštět sůl ve vařící vodě (v litru vody se rozpustí přes 0,25 kg soli).

Dále používám několik vzorků materiálu o různé velikosti, aby bylo zřejmé, že plování nezávisí na rozměrech vzorků. Sestavil jsem dvě sady materiálů – jednu „trvanlivou" a druhou „přírodní".

**Trvanlivou sadu** tvoří vzorky plastů:

- pěnový polystyren … cca 30 $\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$
- hopskulka (hopík, gumová skákací kulička) … cca 900 $\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$
- polystyren – úlomky pravítka … cca 1 060 $\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$
- celuloid – odřezky pingpongového míčku … cca 1 400 $\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$

Místo celuloidu lze použít kusy PVC (tj. odřezky odpadních trubek), místo hopskulky polypropylen (např. kusy víček z PET lahve).




**Přírodní sadu** tvoří:

- korek nebo slupka od pomeranče (plovou i na lihu)
- kus jablka (plove na vodě, v lihu klesá ke dnu)
- kus brambory (plove v solance, ve vodě klesá ke dnu)
- lastury

1 *vaclav.piskac@seznam.cz*

Lastury sice do sady až tak moc nezapadají, ale nic jiného s hustotou větší než solanka mě nenapadlo (šly by použít kosti, ale sežeňte vydezinfikované kosti vhodných rozměrů…).

Hrozí jedno nebezpečí – jablka občas mají hustotu menší než líh. Proto stojí za to mít připravený malý šroubek, který nenápadně zatlačíte do vzorku jablka, který má v lihu klesat ke dnu (tak, jako jsem to řešil při fotografování). Samozřejmě je nutné upozornit žáky na to, že jablko občas v lihu plove.

## Průměrná hustota tělesa

Žáci by si měli uvědomit, že pro plování je rozhodující průměrná hustota tělesa. Krásně to demonstruje prastarý pokus. Vhodím do vody pomeranč – plove na hladině. Když ho oloupu, klesá ke dnu. Naopak jeho slupka je ochotna plovat i na lihu.

## Odkazy

`http://fyzikalnisuplik.websnadno.cz` … stránky autora zaměřené na výuku fyziky

*Úplná verze článku vyšla pod názvem Základy vztlakové síly v pokusech v časopisu Školská fyzika, ročník IX/2012, číslo 2, str. 7–12. Původní článek si můžete přečíst na webové stránce* `http://sf.zcu.cz/cs/2012/2/3-zaklady-vztlakove-sily-v-pokusech`.

# Fyzik detektivem

*Marek Veselý*[1], *ZŠ a MŠ Kladno*

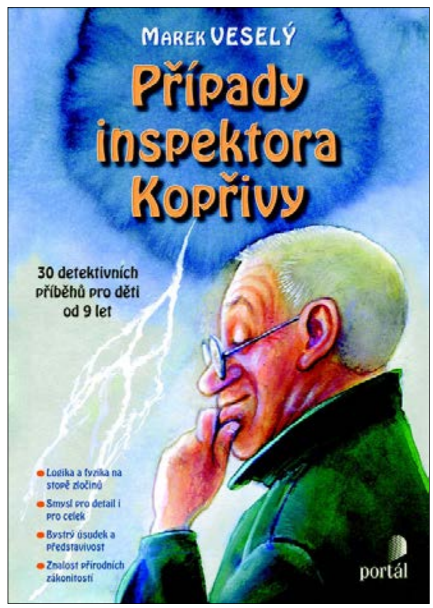
## Motivace

Moje nejoblíbenější autorka detektivní literatury Agatha Christie kdysi řekla, že v dětství slyšela jednu hádanku, která ji přiměla k rozhodnutí psát detektivní romány. Hádanka zní: ***„Jistý muž měl v kalhotách díru a v důsledku toho zemřel.“*** Vysvětlení? Až na konci.

## Veletrh

Pro 8. Veletrh nápadů učitelů fyziky v Českých Budějovicích jsem byl rozhodnutý připravit vystoupení, které by neslo název „*Fyzika v detektivkách*“. Jak už jsem podotkl, jsem sice velkým fandou detektivek, ale číst všechno jenom kvůli tomu, abych zjistil, že autoři pro své knižní mordy sahají raději po osvědčených jedech, či ostrých nástrojích, než po využití fyzikálních zákonů, to se mi opravdu nechtělo. Ale jak z toho ven, přeci účastníky nezklamu úplně. Tak jsem je zklamal jen částečně. Přišel jsem totiž na to, že lepší než hledat nějakou fyzikální „*narážku*“, či fyzikální problém v knížce a potom ho využít ve výuce, bude jednodušší si nějaký takový příběh vymyslet sám.

## Inspektor Kopřiva




Lidé mají rádi příběhy s otevřeným koncem, pokud text skýtá dostatek indicií k tomu, aby přišli na to, kdo zločin spáchal, případně jak, apod. Slovem lidé nemám na mysli pochopitelně jenom dospělé, ale i děti. Protože se bavíme o fyzice, jsou moje příběhy napsány tak, aby zápletka byla rozluštitelná pro žáky základní školy. Vytvořil jsem postavu – inspektora Kopřivu, který má kromě policejní, nebo lépe řečeno kriminalistické erudice ještě fyzikální „*fištrón*“.

A proč zrovna Kopřiva? Inu proto, že každý zločinec, který s ním bude mít co do činění, se musí zákonitě „*spálit*“ a – jak ještě poznamenal jeden z účastníků Veletrhu – „*ani mráz kopřivu nespálí*.“ Povídky vyšly jako kniha **Případy inspektora Kopřivy** v nakladatelství Portál. Na stránce `www.volny.cz/vesely.marek/` jsou povídky matematické.

Budu rád za zaslání nejen názorů, postřehů a výtek, ale také za posílání námětů, nebo celých povídek. Věřím, že se povídky hodí ke zpestření hodin a k motivaci žáků pro náš předmět.


## Povídky

### Neexistující vražda?

Do kanceláře inspektora Kopřivy nakoukl strážmistr Petráně: „Pane inspektore, pojďte si něco poslechnout. Na stopadesátosmičce jsme nahráli zajímavou věc.“

Inspektor se posadil a zaposlouchal se do hlasů z magnetofonu. Jeden patřil službu konajícímu policistovi na dispečinku, druhý hlas byl neznámý. Byl to hlas mužský a zněl značně rozrušeně.

1 vesely.marek@seznam.cz

„Haló, policie?“
„Ano, co si přejete?“
„Chci ohlásit vraždu.“
„Kde se stala, kdo ji spáchal, viděl jste čin na vlastní oči?“ dával policista rutinní otázky.
„Stalo se to v garážích u ruzyňského letiště v patře H, na stání označeném 81. Zaparkoval jsem vůz a podíval se do zrcátka. Naproti taky zastavilo auto, vystoupil z něj nějaký muž a než stačil auto zamknout, tak přiběhli dva maskovaní muži a zastřelili ho. Potom utekli.“
„Zůstaňte na místě, posíláme tam výjezdovku.“
„To bohužel nemohu, za chvilku mi odlétá letadlo.“
Inspektor ani moc dlouho neváhal a zavelel: „Vemte techniky s sebou a jedem.“
„To ale není zapotřebí, my jsme tam jeli, a na té H 81 žádné auto nebylo, ani žádná krev, prostě nic. Musel to být fór nebo co!“ namítal strážmistr Petráně.
„Jenže ono se to také nestalo na H 81, ale …“

*Víte, kde došlo k vraždě?*

## Smrtící plyn

Inspektor Kopřiva se dostavil na místo, kde bylo nalezeno tělo mrtvého zahraničního dělníka. Ležel nahoře na palandě. Vypadal, jako by usnul. Bohužel navěky. V místnosti kromě postele byl už jen stůl a dvě židle, pak také propan-butanový vařič a malá lednička. Spodní lůžko pod mrtvým bylo rozestlané.
„Tady taky někdo spal?“ zeptal se inspektor.
„Ano, já,“ ozvalo se z hloučku, který se díval dveřmi do místnosti.
„Pojďte sem a řekněte mi, co se tady stalo,“ pozval dovnitř inspektor Kopřiva dělníka, zjevně také zahraničního.
„Měl jsem štěstí, že jsem spal tady dole,“ vychrlil ze sebe dělník. „Kdybych spal nahoře, jako Vaska, tak je se mnou ámen.“
„A to jako proč, co se vlastně stalo? Já myslel, že zemřel ve spánku?“
„On se udusil plynem. Než jsem zjistil, že nám utíká z vařiče, tak dost plynu uteklo. To víte plyn – pfff – rovnou nahoru,“ ukázal směrem vzhůru dělník.
„To já znám, myslíte jako balónky na pouti.“
„Jo, přesně to mám na mysli. A protože Vaska spal nahoře, tak se chudák udusil.“
„Jako pohádka to bylo výborné, a jako výpověď to také nebylo špatné – aspoň vím, že jste se nám snažil lhát. Pokud byste měl čisté svědomí, nebylo zapotřebí lži. Jste zatčen.“

*V čem dělník lhal?*

## Svědek

„Tak vy tvrdíte, že jste tu vraždu viděl?“ zeptal se ošuntělého staršího muže sedícího na židli v kanceláři inspektor Kopřiva.
„Ano, pane inšpektór, na vlastní voči jsem ten mord viděl,“ dušoval se pobuda.
„Prosím vás, jak jste to mohl vidět, když byl mráz až praštělo a okna byla zamrzlá!“ křičel na něj inspektor.

„Ale jak jsem šel vokolo toho baráku, tak jsem slyšel nějakej křik, tak jsem přistoupil k voknu, protože bylo zamrzlý, tak jsem na něj dejchnul a rukou utřel takový malý kolečko, abych viděl dovnitř. Tam ten mužskej škrtil tu ženskou.“

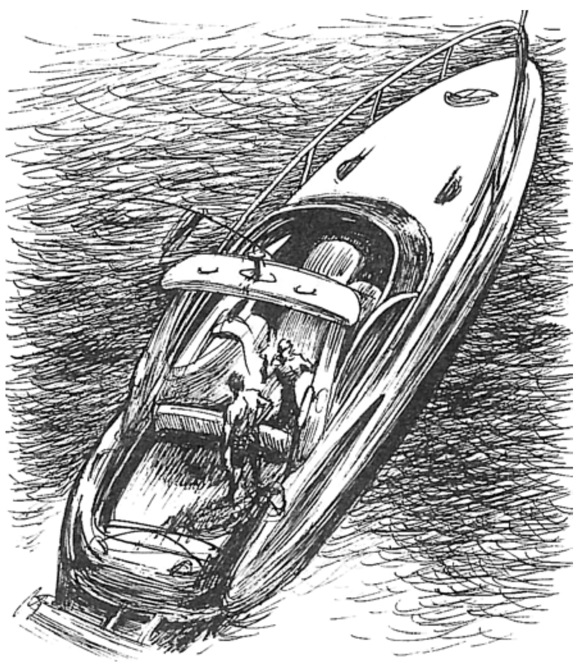
„Já vám povím jiný příběh, vám někdo zaplatil, vsadil bych se, že bratr zavražděné, abyste svědčil proti manželovi. Oni dva se totiž přímo nesnášeli. Jenže vaše výpověď má dost závažnou trhlinu.“

„Jakou trhlinu, proboha, já mluvím čistou pravdu.“

„Kdybyste ve škole ve fyzice dával pozor, tak byste musel přeci vědět, že …“

*Co by měl pobuda z fyziky vědět?*

## Případ z dovolené



Strážmistr Petráně se právě vrátil od moře a vyprávěl svému nadřízenému – inspektoru Kopřivovi –, jaký případ se stal na jeho dovolené.

„Šéfe, představte si: dva mladíci si vyjeli na lodi na volné moře. Rozhodli se, že budou z lodi skákat do vody. Ten jeden se rozběhl, ale zamotalo se mu lodní lano kolem nohy, a tak přeletěl palubu a za tu nohu zůstal viset. Ten jeho kamarád říkal, že prý visel tak, že měl hlavu jen taktak nad vodou. Když mu tenhle druhý kamarád šel pomoct, tak uklouzl po mokré palubě, upadl a omdlel. Mezitím, co byl omdlelej, tak přišel příliv,“ tady strážmistr Petráně poklesl hlasem a snad že nic inspektor Kopřiva neříkal, tak ještě dodal: „Zvedla se voda.“

„Petráně, já samozřejmě vím, co je to příliv. Proboha, tak hloupej zase nejsem,“ loupl po strážmistrovi očima Kopřiva.

Strážmistra to nijak nevyvedlo z míry a klidně pokračoval: „Takže potom, co se ten omdlelej probral, tak ten první mladík, co visel za tu nohu z lodi, už měl kvůli tomu přílivu hlavu pod vodou. Prostě se utopil,“ skončil své vyprávění strážmistr Petráně.

„Doufám, že toho druhého zatkli pro vraždu?“ vyzvídal inspektor Kopřiva.

„No, zatkli. Ale jak to můžete vědět, šéfe?“ divil se strážmistr.

*Jak to mohl inspektor vědět?*

## Neúmyslná krádež

Inspektor Kopřiva se rozhlížel po nádherně zařízeném pokoji, nebo spíše pracovně. Patřila panu Vavruškovi, který se v krásných (zejména starožitných) věcech nejen vyznal, ale také s nimi obchodoval.

„Co jste říkal, že se vám ztratilo, pane Vavruško?“ zeptal se inspektor.

„Nikoliv ztratilo, ale bylo ukradeno, nebo jak vy, policisté, říkáte, odcizeno. Byl to krásný měděný nůž používaný k otvírání obálek,“ odpověděl inspektorovi starožitník Vavruška.

„A kde jste ho měl?“ ptal se dál Kopřiva.

„Právě na tomto stole, běžně jsem ho používal. A poté, co odešel ten opravář – víte, měl jsem porouchaný telefon – tak nůž byl prostě fuč,“ uzavřel pan Vavruška.

Inspektor Kopřiva se vydal za opravářem. Ten, když viděl, že se obvinění nezbaví a že mu nejspíš udělají domovní prohlídku, tak se přiznal, že nůž má u sebe.

„Pane inspektore, ale chtěl jsem ho vrátit. Čestně. Já ho neukradl. To mi nemůžete dokázat!“ křičel opravář Loubal.

„Ale jděte, a kdo ho tedy ukradl? A jak se nakonec nůž dostal k vám? Vždyť pan Vavruška říkal, že v bytě jste byl pouze vy,“ podivil se inspektor Kopřiva.

„To jo, ale byla to nešťastná náhoda, víte?“

„Nešťastná náhoda? Prosím vás, jak může být krádež nešťastná náhoda?“

„Já jsem měl totiž v brašně magnet, ten mám pořád s sebou u nářadí. Občas se stane, že je potřeba, třeba když se mi rozsypou někde šroubky; kdo to má hledat a sbírat. No, a tu brašnu jsem si položil na stůl k tomu pánovi. Von na něm měl tenhle kovovej nůž, který se přitáhl k magnetu a zůstal na brašně – zespodu – přicucnutej,“ dokončil své vysvětlení Loubal.

Inspektor Kopřiva se začal smát. Teprve když se dostatečně pobavil, tak opraváře Loubala obvinil z krádeže.

*Co dokazuje, že opravář lže?*

## Hustý olej

Jmenuju se Petr Hanák a jsem automechanik. Pracuju v jedný dílně, kde připravujeme auta na závody. To víte, mezi závodníma stájema (jak jim říkáme), je velkej boj. Každej chce vyhrát, to je bez vší diskuze. My jsme chtěli letos hrozně moc vyhrát, a že prej proto musíme udělat maximum. Ale stejně to vypadalo, že nejspíš vyhraje Franta Vomáčka z vedlejší stáje.

Náš vedoucí to asi taky čul, a tak za mnou přišel, abych prej k nim – teda jako k Vomáčkovcům – vlezl do dílny a vyměnil tam olej v motoru. Že stejně nikdo nic nepozná, auto sice pojede, ale ne tak rychle, a nám to zajistí vítězství. Na konci závodů, že k nim zas mám vlézt a olej vyměnit zpátky za ten, co tam měli, aby se toho jako nikdo nedomák.

Já ten volej vyměnil a fakt jsme vyhráli. Ten jejich jsem měl v garáži, ale než jsem ho zase stačil vyměnit, tak Vomáčkovi se to nějak nezdálo a zavolal svýmu známýmu – nějakýmu inspektorovi Kopřivovi. Vsadim boty, že Kopřiva nic nevěděl, jen mě přišel znervózňovat. To se mu povedlo. Já zpanikařil, a když jsem viděl, jak se blíží ke mně do dílny, tak sem ten jejich volej potřeboval někam zašít. Jenže kam. V poslední chvíli jsem odklopil víko sudu, kde byla jen špinavá voda a zavřenou plechovku plnou oleje jsem tam vhodil. Volej je přece jenom hustší než voda (a k tomu ještě v plechovce), takže zůstane hezky u dna. Jenom jsem slyšel, jak to šplouchlo, pak jsem přibouchl víko od sudu, protože Kopřiva už bral za kliku u dveří dílny. Inspektor vešel a čmuchal, teda jako hledal, co by mu asi tak přišlo podezřelý. Taky vodklopil víko u sudu, mrknul tam, pak mrknul na mě a už jsme šli. Do dneška nevím, co tam moh vidět, když ta voda byla špinavá a plechovka s volejem byla přece na dně. No, rozumíte tomu?

*Co inspektor Kopřiva viděl v sudu?*

## Rozluštění

Tím mužem, který v důsledku díry v kalhotách zemřel, byl potápěč ve skafandru.

### Neexistující vražda

Obraz v zrcátku je stranově převrácený, takže pokud viděl v zrcátku H81, tak ve skutečnosti se jednalo o stání označené 18H.



### Smrtící plyn

Propan-butan je plyn s větší hustotou než vzduch, takže nestoupá vzhůru, ale naopak klesá dolů.

### Svědek

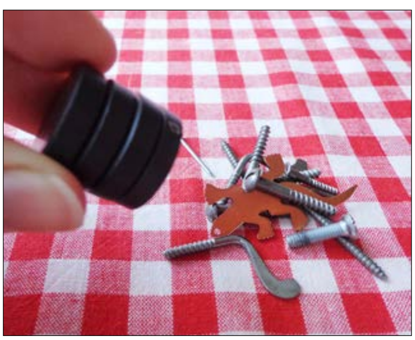
Okna zamrzají zevnitř místnosti, nikoliv zvenku.

### Případ z dovolené

Současně s vodou se samozřejmě zvedne i loď. Hlavu musel mít stále nad vodou.

### Neúmyslná krádež

I kdyby měl v brašně magnet, tak se měděný nůž k němu nemohl přitáhnout, protože měď není magnetem přitahována (na rozdíl např. od železa).



### Hustý olej

Průměrná hustota běžné plechovky s několika litry oleje je menší než hustota vody. Plechovka se proto vůbec neponořila. To, že olej „špatně teče“, nesouvisí s jeho hustotou, ale viskozitou.

**Literatura**

VESELÝ, Marek. *Případy inspektora Kopřivy.* 1. vyd. Praha: Portál, 2005, 96 s. ISBN 80-7367-027-5. Ilustroval Jiří Petráček.

*Článek vyšel v časopisu Školská fyzika, ročník VIII/2005, číslo 4, str. 44–47. Fotografie, jejichž autorkou je Zuzana Suková, byly doplněny redakcí. Ilustrace byly převzaty z knihy Případy inspektora Kopřivy.*

# Fyzika v lékárničce

*Josef Trna[1], Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity Brno, Gymnázium Boskovice, ZŠ Lysice*

Článek je rozšířením příspěvku autora na Veletrhu nápadů učitelů fyziky 6. Sborník příspěvků z této akce vydalo Vydavatelství Univerzity Palackého v Olomouci (editor: O. Lepil) v roce 2001.

Školní fyzikální experiment se liší od vědeckého především tím, že jeho cílem je žákovo poznání již dříve vědcem-fyzikem objevené zákonitosti. Tento experiment v sobě sjednocuje vědeckou, technickou a didaktickou složku. Naše pozornost je obvykle zaměřena především na vědeckou správnost a technickou dokonalost provedení školního experimentu. Často je však podceňována složka didaktická. Realizujeme-li ve výuce precizně vědecky vyložený a technicky dokonale provedený pokus, avšak špatně didakticky zpracovaný a použitý, jeho vzdělávací účinnost bývá nízká.

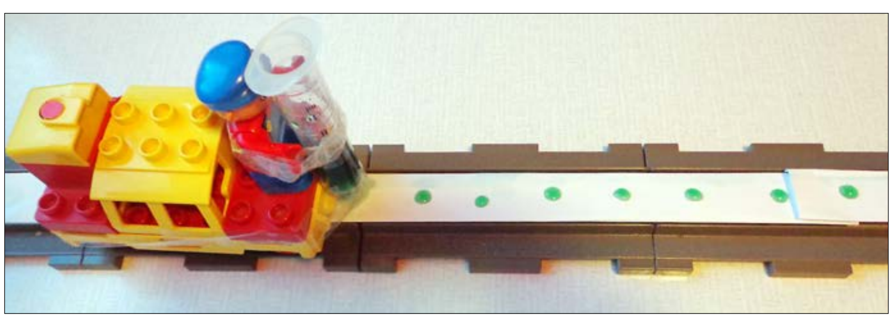
Pro použití školních fyzikálních experimentů platí řada didaktických zásad. Jedna z nejdůležitějších vychází z výzkumů pedagogických psychologů a doporučuje co nejširší používání žákovských experimentů, kdy žák sám tvoří, a tak efektivně poznává, vzdělává se a přírodovědně se vychovává. Role učitele je v tomto případě především organizátorská a motivační. Žáci by sami měli vymýšlet a realizovat různé varianty již známých pokusů nebo dokonce tvořit pokusy nové. Příkladem takového typu žákovských experimentu mohou být následující pokusy, jejichž společným prvkem je tvořivé použití plastových injekčních stříkaček a jejich částí.

Plastové stříkačky lze pořídit s poměrně nízkými náklady v lékárně. Stříkačka se skládá z pouzdra s trnem, pístu a jehly, která se nasazuje zatlačením plastové násadky na kónický trn. Z bezpečnostních důvodů používáme jehlu jen při demonstračních učitelových pokusech nebo s přísným dozorem učitele. Pro zmenšení průtoku můžeme použít násadku jehly, ze které opatrně pomocí kleští (kroutivým pohybem) vytáhneme jehlu a násadku nasuneme na trn pouzdra. Pokud tuto násadku zahřátím zatavíme, získáme zátku na uzavření stříkačky. Na propojování stříkaček použijeme silikonové hadičky zakoupené také v lékárně nebo plastové hadičky a spojky pořízené v akvaristické prodejně.

## Měření hustoty kapaliny ▶

Trn pouzdra stříkačky uzavřeme víčkem a zatížíme vložením několika broků (vhodný počet vyzkoušíme). Takto vznikne model hustoměru, který se potopí do různé hloubky v kapalinách s odlišnou hustotou. Tento jednoduchý hustoměr můžeme ocejchovat pomocí skutečného hustoměru (nebo známých kapalin) a použít jej pro orientační měření hustoty kapalin, Vhodná je speciální inzulínová stříkačka (dosažitelná opět v lékárně), ze které vytáhneme jehlu a zahřátím přímo zatavíme její trn.

## Rovnoměrný a nerovnoměrný pohyb ▶



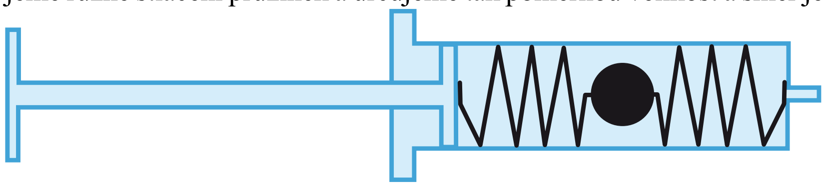
Na zadní část vozíku upevníme svisle pouzdro injekční stříkačky, na jehož trnu je nasazena krátká hadička s regulační tlačkou.

1 trna@ped.muni.cz

Pouzdro naplníme čistou nebo obarvenou vodou a pomocí tlačky ji necháme v pravidelných časových intervalech odkapávat. Vozík uvedeme do pohybu. Kapky vody vytvoří na papírové podložce sled značek, jejichž vzájemné vzdálenosti lze měřit a demonstrovat tak rovnoměrný i nerovnoměrný pohyb vozíku.

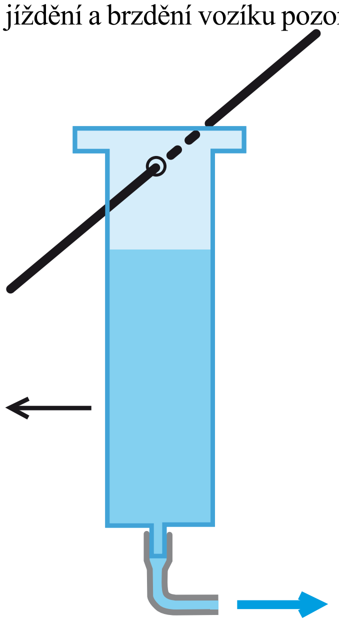
## Akcelerometr ▼

Do stříkačky vložíme dvě stejné pružinky, mezi nimiž umístíme ocelovou kuličku nebo váleček. Pružinky je možno nahradit dvěma dvojicemi pecičkových keramických magnetů, které se v každé dvojici vzájemně odpuzují. Takto vytvořený akcelerometr připevníme na vozík ve směru jízdy. Při rozjíždění, jízdě a brzdění vozíku pozorujeme různé stlačení pružinek a určujeme tak poměrnou velikost a směr jeho zrychlení. Pro snadnější pozorování je vhodné stříkačku naplnit vodou, která tlumí rychlé pohyby kuličky (válečku). Akcelerometr můžeme použít i při pádu či otáčivém pohybu.



## Setrvačnost ▶

Na vozík připevníme ve směru jeho pohybu injekční stříkačku, v níž je umístěna kovová kulička. Při rozjíždění a brzdění vozíku pozorujeme setrvačný pohyb kuličky.

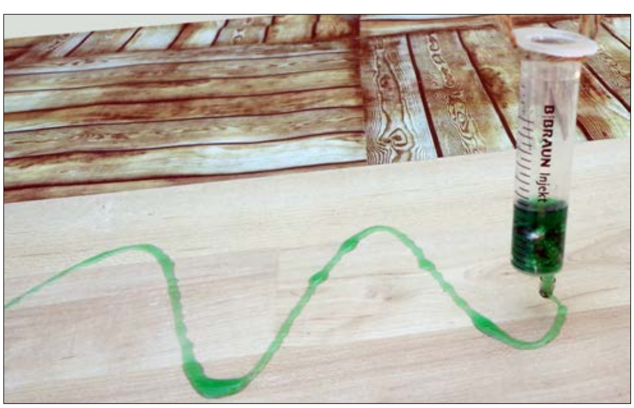


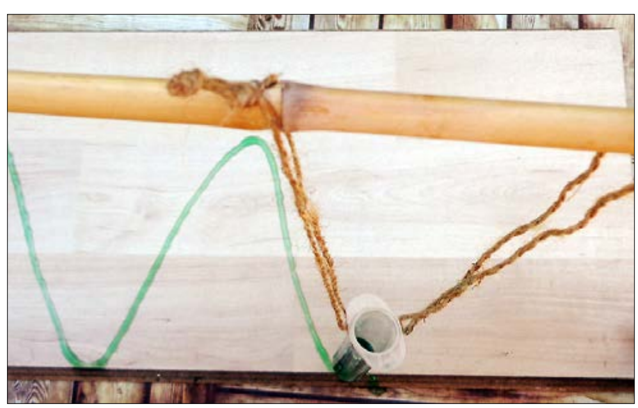
## ◀ Akce a reakce

Pouzdro stříkačky přibližně v polovině její délky kolmo skrz propíchneme jehlou a na této jehle je svisle zavěsíme tak, aby se lehce kývalo. Na trn pouzdra nasadíme hadičku (asi 10 cm) s L-trubičkou na konci zúženou v trysku. Do pouzdra nalijeme vodu, která otvorem v L-trubici vystřikuje ve směru kývání, a tak se pouzdro s trubicí odkloní od svislého směru.

## Kyvadlo s netlumenými kmity ▼

Pouzdro stříkačky (např. 5 ml) zavěsíme bifilámě nití na stojan. Zatížíme je omotáním drátem. Otvor trnu zúžíme nasazením násadky od injekční jehly. Do pouzdra nalijeme





obarvenou vodu (např. inkoustem), která vykapává na papírový pás. Kyvadlo rozkmitáme a zaznamenáme časové rozvinutí jeho kmitů pomocí stop vytvořených obarvenou vodou, kapající ze stříkačky na papírový pás rovnoměrně ručně tažený.

## Kyvadlo s tlumenými kmity

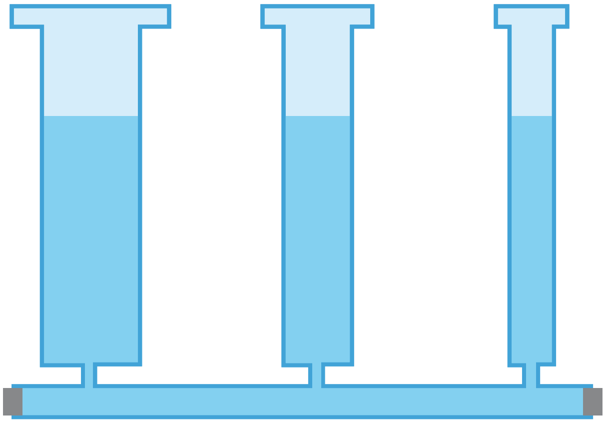
Pouzdro stříkačky (např. 5 ml) upevníme na plastovou pásku (např. páska na svazování beden) a upevníme do stojanu. Pouzdro nezatěžujeme. Otvor trnu zúžíme nasazením násadky od injekční jehly. Do pouzdra nalijeme obarvenou vodu (např. inkoustem), která vykapává na papírový pás. Kyvadlo rozkmitáme a zaznamenáme časové rozvinutí jeho kmitů pomocí stop vytvořených obarvenou vodou, kapající ze stříkačky na papírový pás ručně rovnoměrně tažený. Změnou délky pásky měníme frekvenci kmitů. Koeficient útlumu kmitů závisí na druhu použité pásky.

## Stříkačka jako píšťalka

Foukáním ústy zapískáme na pouzdro stříkačky. Použijeme různá pouzdra, tak měníme výšku tónu. Odříznutím víčka pouzdra s trnem vytvoříme píšťalku, u které můžeme měnit výšku vzduchového sloupce (a tím i tónu) pomocí posouvání pístu. Obdobně je možno pískat na trn největší stříkačky (150 ml).

## Spojené nádoby ▶

Různě velká stříkačková pouzdra propojíme krátkými hadičkami a akvaristickými L- a T-spojkami. Pouzdra svisle upevníme do stojanu. Pak např. do největšího pouzdra nalijeme vodu a pozorujeme vyrovnání hladin ve vzniklých spojených nádobách. Variantou je zasunutí různých stříkačkových pouzder do otvorů vyvrtaných v plastové trubce (např. vodoinstalační), jejíž konce uzavřeme gumovými či korkovými zátkami.

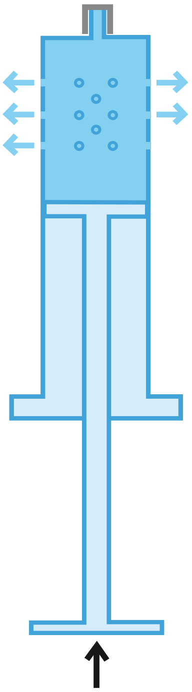


## ◀ Vodováha

Na trny dvou stejně velkých stříkačkových pouzder (např. 10 ml) nasadíme hadičku. Do těchto svisle stejně vysoko upevněných propojených pouzder nalijeme vodu tak, aby po vyrovnání hladiny sahaly přibližně do poloviny pouzder. Tak vytvoříme model hadicové vodováhy, používané ve stavebnictví.

## Pascalův zákon (ježek) ▶

Středně tenkou jehlou několikrát na různých místech vytvoříme otvory v pouzdru stříkačky. Do stříkačky nasajeme vodu, pevně uzavřeme její trn zátkou a zatlačíme na píst. Modifikací je stejný pokus s obarvenou vodou provedený pod vodní hladinou v kádince.

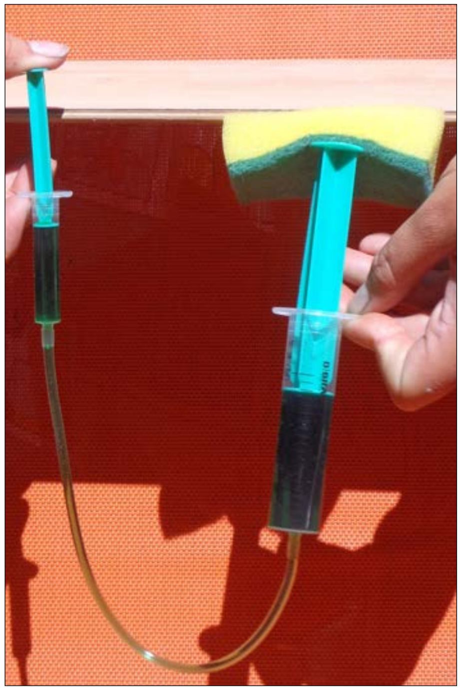


## Tepelná roztažnost vzduchu a kondenzace par

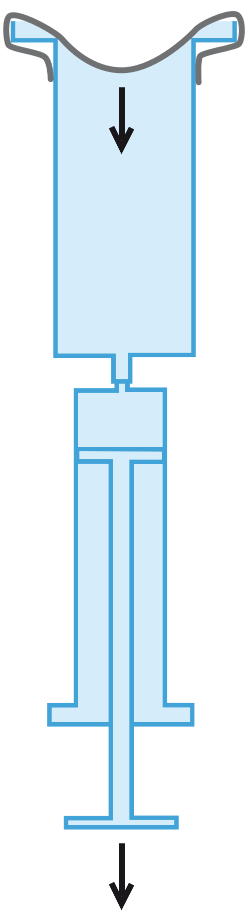
Do větší stříkačky nasajeme horkou vodu, aby se vyhřála. Vodu pak vytlačíme ven a rychle nasajeme vzduch. Trn stříkačky uzavřeme víčkem a ochladíme studenou vodou. Ochlazením vzduchu a vodních par a jejich kondenzací vznikne podtlak a píst se sám zasune do pouzdra.

## Hydraulický lis ▶

Funkci hydraulického lisu demonstrujeme pomocí dvou různě velkých stříkaček (například 5 ml a 20 ml), které propojíme hadičkou a naplníme vodou. Obě pak svisle upevníme do stojanu. Na stříkačku s větším průřezem pístu postavíme závaží. Zasunutím pístu malé stříkačky nadzdvihneme závaží na větší stříkačce. Je třeba vedle závaží umístit srovnávací index nebo papír se sítí rovnoběžných čar. Alternací může být otočení velké stříkačky a stlačení podložené pružiny, molitanové kostky apod.



## ▼ Atmosférický tlak vzduchu



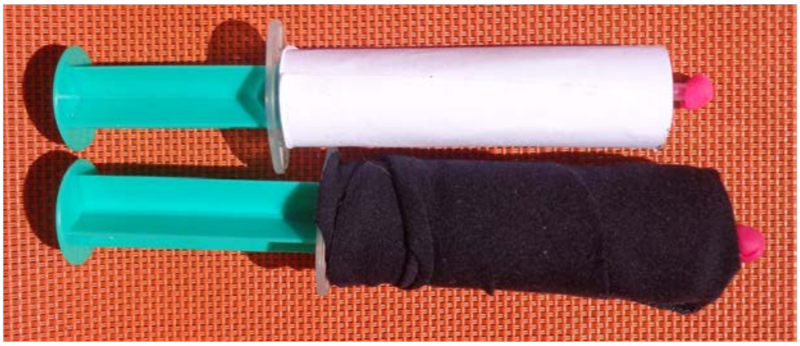
Trn větší stříkačky (např. 60 ml) propojíme přímo nebo krátkou hadičkou s trnem pouzdra velké stříkačky (150 ml). Na toto pouzdro napneme gumovou blánu. Vytažením pístu stříkačky vytvoříme pod blánou v pouzdru podtlak a blána se prohne dovnitř pouzdra.

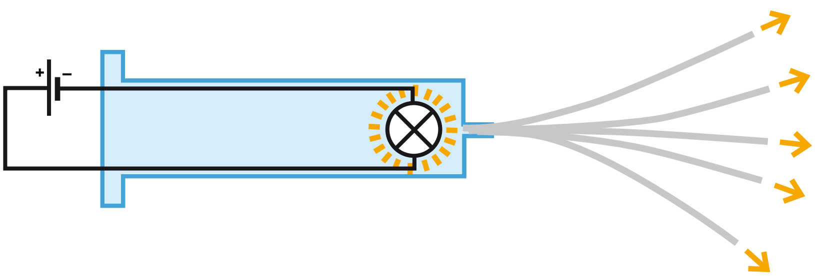
## Franklinův pokus ▶

Injekční stříkačku (např. 20 ml) naplníme horkou vodou pod bodem varu. Po naplnění ji ve svislé poloze trnem vzhůru odvzdušníme a uzavřeme trn víčkem (možno i prstem). Snížíme tlak povytažením pístu a voda začne vřít. Pokus je možno několikrát opakovat.

## Pohlcování tepelného záření ▶

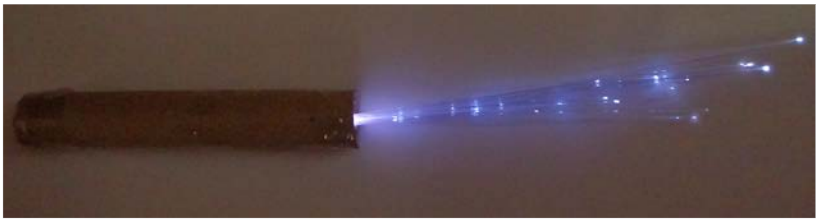
Dvě stejné stříkačky (např. 10 ml) různě obarvíme (černě a bíle) nebo polepíme izolepou (černou a bílou). Nasajeme do obou stříkaček stejné množství vzduchu (asi polovinu objemu) a umístíme je vedle sebe do stejné vzdálenosti od silné žárovky (nebo infrazářiče). Po chvíli se začne vzduch ve stříkačkách rozpínat, avšak různě v závislosti na barvě pouzdra stříkačky.






## ◀ Světlovod

Trnem pouzdra stříkačky prostrčíme svazek kousků silnějšího silonového vlákna. Do pouzdra, které obalíme neprůhlednou fólií (papírem), zasuneme tužkovou svítilnu. Konce vláken trčících z pouzdra jasně svítí.



**Literatura**

MATOUŠEK, J.: *Praktikum školských pokusů (návody k praktickým cvičením).* Brno: Pedagogická fakulta MU, 1993.

Pár rad redakce: Nepotřebujete si kupovat injekční stříkačky s jehlou – stačí vám obyčejné (v obchodě se zdravotnickými potřebami nebo v lékárně stojí pouze 2–3 Kč). Místo trnu stříkačky můžete použít krátký kousek hadičky, který nad plamenem zatavíte a pak nůžkami vytvoříte otvor podle potřeby. Potřebujete-li uzavřít stříkačku, můžete ji kromě zatavení otvoru ve většině případů uzavřít kouskem modelíny. Jako zátěž lze použít i drobné matičky nebo šroubky.

*Článek vyšel v časopisu Školská fyzika, ročník VII/2002, číslo 4, str. 52–60. Předkládaný text je zkrácenou verzí původního článku (uvedeno je zde pouze 17 pokusů z původních 30). Fotografie a náčrtky, jejichž autorkou je Marie Mollerová, byly doplněny redakcí.*

# Model sluneční soustavy

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

Výuka 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. Jak přiblížit žákům rozměry, jevy a procesy ve vesmíru? Například modelem sluneční soustavy.

## 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 u téměř 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.).

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 jeden model, důležité je nekritizovat špatné odpovědi. Myslím si, že by při podobném odhadu s přesností svého modelu neuspěl i nejeden vyučující. Práci žáků nám můžou přiblížit následující dvě fotografie, kdy jsem model nechala vytvořit zájemce o astronomii ve věku od 6 do 12 let.


1 zsukova@kmt.zcu.cz

## Výroba modelu sluneční soustavy

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. 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 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.

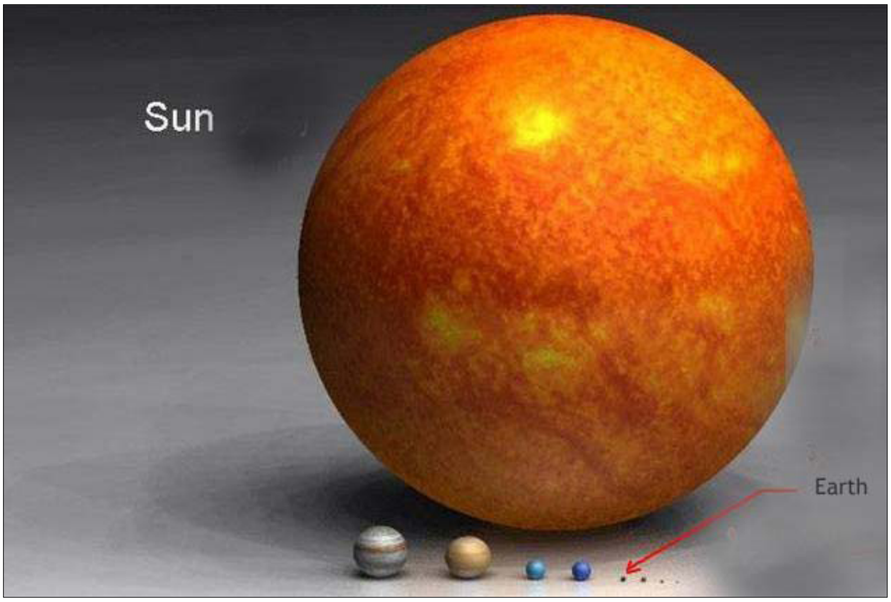
V dalším kroku vypočítáme správné rozměry těles. Žákům můžeme například rozdat následující tabulku (klasický řez písma představuje zadání, kaligrafický řez písma řešení, které by měli žáci vyplnit) a necháme je ve dvojicích vypočítat správné hodnoty (můžeme první řádek pro ukázku vyplnit za přispění žáků společně na tabuli). Zdroje číselných údajů jsou z multimediálního učebního textu Astronomia[2].

| 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 | *70* | *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 | *0,17* | *Kulička nového koření* |
| Mars | 3 400 | *0,34* | *Hrášek* |
| Jupiter | 69 900 | *7,0* | *Grapefruit* |
| Saturn | 58 200 | *5,8* | *Grapefruit* |
| Uran | 25 600 | *2,6* | *Mandarinka* |
| Neptun | 24 700 | *2,5* | *Mandarinka* |
| Pluto | 1 100 | *0,11* | Zrnko pepře |

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[3] a doplněna o Slunce a Měsíc.

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.




*Porovnání velikostí Slunce a planet*[4]

2 *http://astronomia.zcu.cz/*

3 *MACHÁČEK, Martin.* Fyzika pro gymnázia – Astrofyzika. *Praha: Prometheus, 2008. ISBN 978-80-7196-376-9*

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

## A jak je to se vzdálenostmi?

Jak je rozlehlá tato část 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. Napíšeme například 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.

| 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 dráhu Pluta za kruhovou)[5], 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[6]. 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.

**Literatura**

MACHÁČEK, Martin. *Fyzika pro gymnázia – Astrofyzika*. 3. vyd. Praha: Prometheus, 2008, 143 s. ISBN 978-80-7196-376-9.

RANDA, Miroslav. *Astronomia: Astronomický server fakulty pedagogické ZČU v Plzni* [online]. [cit. 2012-10-25]. Dostupné z <http://astronomia.zcu.cz/>.

*Úplná verze článku vyšla pod názvem* Kdyby gepard vyrazil coby prašelma, už by dorazil na Proximu Centauri I. *v časopisu Školská fyzika, ročník IX/2012, číslo 4, str. 1–6. Původní článek si můžete přečíst na webové stránce http://sf.zcu.cz/cs/2012/4/1-kdyby-gepard-vyrazil-coby-praselma-uz-by-dorazil-na-proximu-centauri-i.*

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

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

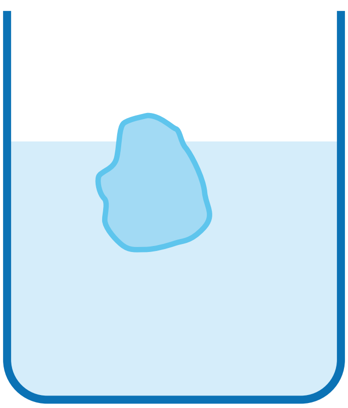
# Jak se změní hladina kapaliny?

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

Otázkou v nadpisu článku často končí zajímavé příklady na aplikaci Archimédova zákona. Tento příspěvek si klade za cíl sestavení souboru takových příkladů. Každý z nich je nejprve kvalitativně řešen fyzikálním odhadem, výsledek je pak ověřen a kvantifikován matematickým odvozením.

V příkladech bylo užito následujícího jednotného označení:
$V_0$ – objem kapaliny na počátku děje,
$V$ – objem pod hladinou na počátku děje,
$V'$ – objem pod hladinou na konci děje,
$V_P$ – objem ponořené části plovoucího předmětu na počátku děje,
$V_L$ – původní objem ledu,
$V_V$ – objem vody, vzniklé roztáním ledu,
$\rho$ – hustota.
Význam používaných indexů: *Pb* – olovo, *k* – korek, *pat* – tuhý parafin, *pak* – kapalný parafin, *ko* – kov, *ka* – kámen, *V* – voda, *L* – led, *D* – destilát, *vz* – vzduch, *s* – stlačený vzduch.

Při řešení předpokládáme konstantní hustotu vody, $\rho_L < \rho_D < \rho_V$ (první nerovnost platí jen pro nepříliš koncentrované destiláty) a $\rho_{pak} < \rho_{pat} < \rho_V$. Dále předpokládáme, že se během děje nemění rozměry nádoby, že kapalina v průběhu děje z nádoby nevytéká a že objem směsi destilátu a vody je roven součtu původních objemů destilátu a vody před smícháním. Konečně se předpokládá, že destilátu je řádově větší množství než ledu, takže hustota destilátu se po roztavení ledu nezmění. Zadání příkladu je heslovité, je popsán pouze původní stav soustavy a její stav na konci děje.



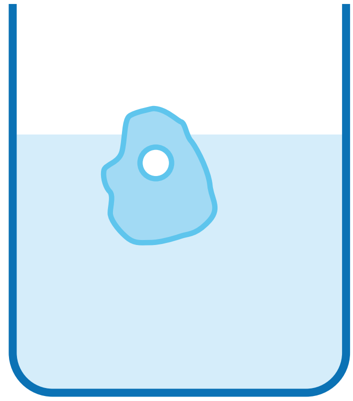
*Obr. 1*

**1. Počáteční stav:** Na vodě plave kus ledu (obr. 1).
**Konečný stav:** Led zcela roztaje.
**Odhad:** Lze si představit, že led je uzavřen nehmotnou, nekonečně tenkou membránou. Roztaje-li led v této myšlené „nádobce", bude objem vody vzniklé z ledu přesně roven objemu ponořené části ledu , protože tíha ledu se podle Archimédova zákona rovná tíze vody, která by vyplnila ponořený objem . Hladina se tedy **nezmění**.
**Důkaz:** Na počátku platí $V = V_0 + V_P$. Podle Archimédova zákona $\rho_V \cdot V_P = \rho_L \cdot V_L$. Na konci děje $\rho_L \cdot V_L = \rho_V \cdot V_V$. $V' = V_0 + V_V = V_0 + V_P = V$, hladina se **nezmění**.

**2. Počáteční stav:** Na destilátu plave kus ledu (situace jako na obr. 1).
**Konečný stav:** Led zcela roztaje.
**Odhad:** Led je v destilátu ponořen více než ve vodě. Při představě ledu uzavřeného v pevné nehmotné membráně s nulovým objemem je zřejmé, že voda vzniklá táním ledu nevyplní zcela ponořený objem ledu, hladina **klesne**.
**Důkaz:** $V = V_0 + V_P$, $\rho_D \cdot V_p = \rho_L \cdot V_L$, na konci děje $\rho_L \cdot V_L = \rho_V \cdot V_V$. Z toho $V_V = \dfrac{\rho_D}{\rho_V} \cdot V_P$, proto $V' = V_0 + \dfrac{\rho_D}{\rho_V} \cdot V_P$.
$V' - V = \dfrac{\rho_D - \rho_V}{\rho_V} \cdot V_P$. Protože $\rho_V > \rho_D$, hladina **klesne**.

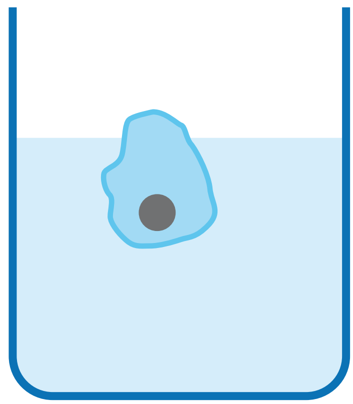
1 rauner@kmt.zcu.cz

**3. Počáteční stav:** Na vodě plave kus ledu, v němž je uzavřena bublina vzduchu. Tlak v bublině je roven tlaku atmosférickému (obr. 2).
**Konečný stav:** Led zcela roztaje, vzduch unikne.
**Odhad:** Je zřejmé, že výsledek děje nezávisí na poloze bubliny v ledu. Je proto možné si představit, že bublina je zcela na okraji neponořené části ledu. V objemu a tíze ledu ji tedy není vůbec nutné uvažovat. Případ je totožný se situací 1 a hladina se tedy **nezmění**.
**Důkaz:** Matematicky shodný s případem 1, protože tíha vzduchu v bublině je kompenzována vztlakovou silou okolního vzduchu.


Obr. 2

**4. Počáteční stav:** Na destilátu plave kus ledu s uzavřenou bublinou vzduchu. Tlak vzduchuje roven tlaku atmosférickému (situace jako na obr. 2).
**Konečný stav:** Led zcela roztaje, vzduch unikne.
**Odhad:** Bublinu je možné si opět představit na okraji neponořené části ledu, další úvahy by byly stejné, jako v 2. případě, hladina proto klesne.
**Důkaz:** Matematicky shodný s 2. příkladem.

**5. Počáteční stav:** Na vodě plave kus ledu, ve kterém je zamrzlá olověná kulička (obr. 3).
**Konečný stav:** Led zcela roztaje, kulička klesne ke dnu.
**Odhad:** Bez vlivu na správnost výsledku si lze představit kuličku z materiálu, který by měl obrovskou hustotu a téměř nulový objem. Led je s takovou kuličkou ponořen podstatně více než led čistý. Pod hladinou si můžeme představit i kuličku. Po roztavení ledu nevyplní led ponořený objem zcela, ale jen zčásti, hladina proto **klesne**.
**Důkaz:** $V = V_0 + V_P$, na počátku $\rho_V \cdot V_P = \rho_L \cdot V_L + \rho_{Pb} \cdot V_{Pb}$. Na konci děje $V' = V_0 + V_V + V_{Pb}$. Protože $\rho_L \cdot V_L = \rho_V \cdot V_V \Rightarrow V = V_0 + \dfrac{\rho_L}{\rho_V} \cdot V_L + \dfrac{\rho_{Pb}}{\rho_V} \cdot V_{Pb}$, $V' - V = \dfrac{\rho_V - \rho_{Pb}}{\rho_V} \cdot V_{Pb} < 0$, hladina tedy **klesne**.

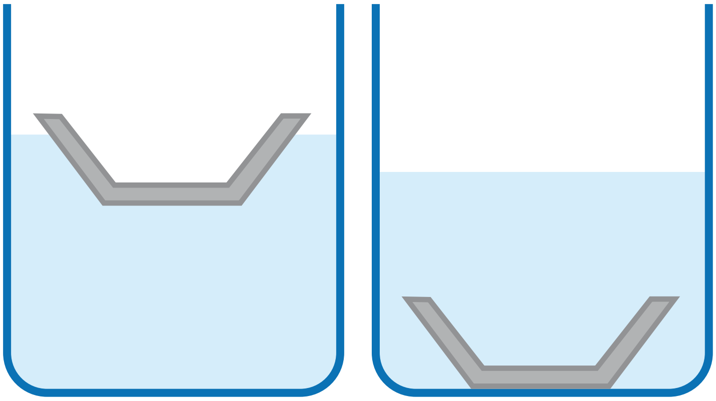

Obr. 3

**6. Počáteční stav:** Na vodě plave kus ledu se zamrzlým kusem korku.
**Konečný stav:** Led zcela roztaje, korek plave na vodě.
**Odhad:** Korek je možné si představit na neponořeném okraji ledu. Pak je zřejmé, že led se ponoří více, než kdyby neobsahoval korek, o takový objem, který vyplněn vodou by měl stejnou hmotnost jako korek. Uzavřeme-li led opět pomyslnou membránou, nevyplní voda objem celé ponořené části, ale bude chybět takové množství vody, jejíž hmotnost je rovna hmotnosti korku. Tento objem však bude na konci děje zcela vyplněn ponořenou částí korku, hladina se tedy **nezmění**.
**Důkaz:** $V = V_0 + V_P$, na počátku $\rho_V \cdot V_P = \rho_L \cdot V_L + \rho_k \cdot V_k$, $V = V_0 + \dfrac{\rho_L}{\rho_V} \cdot V_L + \dfrac{\rho_k}{\rho_V} \cdot V_k$, na konci $V' = V_0 + V_V + V_{kp}$, kde $V_{kp}$ je ponořený objem korku. Protože $\rho_L \cdot V_L = \rho_V \cdot V_V$ a $\rho_V \cdot V_{kp} = \rho_k \cdot V_k$, $V' = V_0 + V_V + \dfrac{\rho_k}{\rho_V} \cdot V_k$. Platí $V' - V = 0$.

**7. Počáteční stav:** Na vodě plave led s bublinou stlačeného vzduchu.
**Konečný stav:** Led zcela roztaje, vzduch unikne.
**Odhad:** Led je ponořen více než v příkladě 3., hladina proto **klesne**.

**Důkaz:** $V = V_0 + V_P$, na počátku $(\rho_V - \rho_{vz})\cdot V_P = (\rho_L - \rho_{vz})\cdot V_L + (\rho_s - \rho_{vz})\cdot V_s$, což je Archimédův zákon, ve kterém jsou všechny tíhy zmenšeny o vztlakovou sílu vzduchu s atmosférickým tlakem (po vydělení tíhovým zrychlením). $V = V_0 + \dfrac{\rho_L - \rho_{vz}}{\rho_V - \rho_{vz}}\cdot V_L + \dfrac{\rho_s - \rho_{vz}}{\rho_V - \rho_{vz}}\cdot V_s$, na konci $(\rho_L - \rho_{vz})\cdot V_L = (\rho_V - \rho_{vz})\cdot V_V$. $V' = V_0 + V_V = V_0 + \dfrac{\rho_L - \rho_{vz}}{\rho_V - \rho_{vz}}\cdot V_L$, $V' - V = \dfrac{\rho_{vz} - \rho_s}{\rho_V - \rho_{vz}}\cdot V_s < 0$, protože $\rho_{vz} < \rho_s$ a $\rho_V > \rho_{vz}$. Hladina **klesne**.

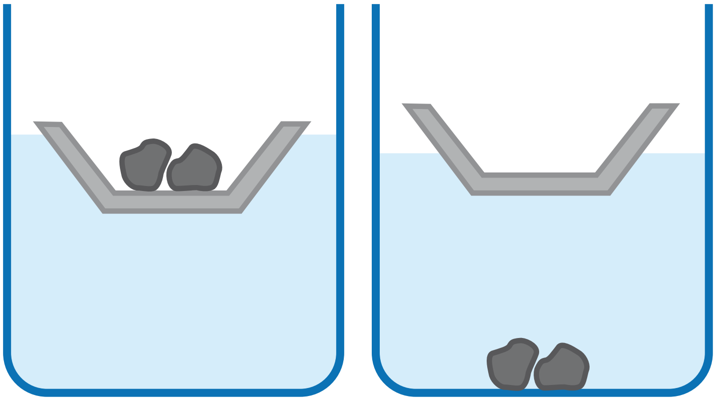
**8. Počáteční stav:** Na vodě plave kus parafinu.
**Konečný stav:** Voda se zahřeje, parafin se roztaví.
**Odhad:** Předpokládejme, že nejprve roztaje ponořená část parafínu. Kapalný parafín má menší hustotu než tuhý, proto se jeho objem zvětší, hladina stoupne. Roztaví-li se pak i parafín nad hladinou, hladina ještě více **stoupne**.
**Důkaz:** $V = V_0 + V_P$, $\rho_{pat}\cdot V_{pat} = \rho_V \cdot V_P$, $V = V_0 + \dfrac{\rho_{pat}}{\rho_V}\cdot V_{pat}$, $V' = V_0 + V_{pak}$, $\rho_{pat}\cdot V_{pat} = \rho_{pak}\cdot V_{pak}$, $V' = V_0 + \dfrac{\rho_{pat}}{\rho_{pak}}\cdot V_{pat}$, $V' - V = \left(\dfrac{\rho_{pat}}{\rho_{pak}} - \dfrac{\rho_{pak}}{\rho_V}\right)\cdot V_{pat} > 0$, protože první zlomek v závorce je větší než 1, druhý menší než 1. Hladina proto **stoupne**.



Obr. 4

**9. Počáteční stav:** Na vodě plave kovová loďka (obr. 4).
**Konečný stav:** Loďka je zcela potopena ve vodě.
**Odhad:** Na výsledek bude mít rozhodující vliv to, že hustota kovu $\rho_{ko}$ je větší než hustota vody. Předpokládejme, že kov má nekonečně velkou hustotu a nulový objem. Potopení lodi žádný objem nepřidá, naopak voda zalije i vnitřní prostor loďky, hladina **klesne**.

**Důkaz:** $V = V_0 + V_P$, $\rho_{ko}\cdot V_{ko} = \rho_V \cdot V_P$, $V = V_0 + \dfrac{\rho_{ko}}{\rho_V}\cdot V_{ko}$. $V' = V_0 + V_{ko}$, $V' - V = \dfrac{\rho_V - \rho_{ko}}{\rho_V}\cdot V_{ko} < 0$, hladina **klesne**.



Obr. 5

**10. Počáteční stav:** V lodi, plovoucí na vodě, je náklad kamene (obr. 5).
**Konečný stav:** Kámen je naházen do vody, loď dále plave.
**Odhad:** Můžeme si, stejně jako v př. 9., představit kámen s nekonečně velkou hustotou a nulovým objemem. Vyhozený kámen tedy výšku hladiny nezmění, loď se však po jeho vhození do vody částečně vynoří, zmenší se objem ponořené části, hladina **klesne**.

**Důkaz:** Označíme hmotnost lodi $M$ a ponořený objem lodi na konci děje $V'_P$. Pak na počátku $V = V_0 + V_P$, $M + \rho_{ka} \cdot V_{ka} = \rho_V \cdot V_P$, $V = V_0 + \dfrac{\rho_{ka}}{\rho_V} \cdot V_{ka} + \dfrac{M}{\rho_V}$, na konci $V' = V_0 + V_{ka} + V'_P$, $M = \rho_V \cdot V'_P$. $V' = V_0 + V_{ka} + \dfrac{M}{\rho_V}$. $V' - V = \dfrac{\rho_V - \rho_{ka}}{\rho_V} \cdot V_{ka} < 0$. Hladina **klesne**.

**11. Počáteční stav:** Na vodě plave parafínová loďka, ve které je naložena olověná kulička.
**Konečný stav:** Voda se zahřeje, parafín roztaje a kulička klesne na dno.
**Odhad:** Protože roztavený parafin (ať ve tvaru loďky nebo kostky) vede k zvýšení hladiny a potopení olověné kuličky k jejímu snížení, nelze odhadem jednoznačně rozhodnout. Bude-li olova málo (při limitní představě nekonečně málo), hladina zcela jistě stoupne. Bude-li nezanedbatelný objem olova naložen v parafinové loďce s nekonečně tenkými stěnami, hladina klesne.
**Důkaz:** $V = V_0 + V_P$, $\rho_V \cdot V_P = \rho_{pat} \cdot V_{pat} + \rho_{Pb} \cdot V_{Pb}$, $V = V_0 + \dfrac{\rho_{pat}}{\rho_V} \cdot V_{pat} + \dfrac{\rho_{Pb}}{\rho_V} \cdot V_{Pb}$, $V' = V_0 + V_{pak} + V_{Pb}$,

$\rho_{pat} \cdot V_{pat} = \rho_{pak} \cdot V_{pak}$, $V' = V_0 + \dfrac{\rho_{pat}}{\rho_{pak}} \cdot V_{pat} + V_{Pb}$, $V' - V = \left( \dfrac{1}{\rho_{pak}} - \dfrac{1}{\rho_V} \right) \cdot \rho_{pat} \cdot V_{pat} + \dfrac{\rho_V - \rho_{Pb}}{\rho_V} \cdot V_{Pb}$.
O výsledku rozhodují konkrétně zadané hodnoty. Hladina může jak klesnout (je-li $V_{pat}$ velmi malé – loďka má tenké stěny), tak stoupnout (je-li např. $V_{Pb}$ velmi malé), nemusí se ani změnit (jsou-li konkrétní hodnoty takové, že první, kladný sčítanec v posledním vztahu, je roven absolutní hodnotě druhého, záporného sčítance).

**12. Na závěr ještě jeden příklad na procvičení:** Na destilátu plave loďka z parafinu, která má naložen led se zamrzlým korkem a olovo s bublinou stlačeného vzduchu. Jak se změní výška hladiny alkoholu v krvi, jestliže z destilátu šmejd vyhodíme a destilát vypijeme?

Poznámka redakce: Správnost svého odhadu si můžete ověřit také pokusem (obr. 6). Je ale potřeba použít úzkou nádobu (nejlépe odměrný válec) a větší množství ledu, aby případná změna hladiny byla patrná.

*Obr. 6 – změny výšky hladiny pro různé varianty zadání; fotografie znázorňuje konečný stav po úplném roztátí ledu, gumičkou je vždy označena původní výška hladiny; zleva led s korkem, led s napínáčky (obdoba olověné kuličky), samotný led a led s bublinou vzduchu; klesne pouze hladina vody v nádobě ledu s kovem*

*Článek vyšel v časopisu Školská fyzika, ročník VI/2000, mimořádné číslo, str. 5–10. Předkládaný text je zkrácenou verzí původního článku (uvedeno je zde pouze 12 úloh z původních 21). Fotografie, jejíž autorkou je Markéta Vojtajová, byla doplněna redakcí.*

# Fyzika v lékárničce II.

*Josef Trna[1], Pedagogická fakulta Masarykovy univerzity Brno, Gymnázium Boskovice, ZŠ Lysice*

Článek je rozšířením příspěvku autora na Veletrhu nápadů učitelů fyziky 6. Sborník příspěvků z této akce vydalo Vydavatelství Univerzity Palackého v Olomouci (editor: O. Lepil) v roce 2001. Tato druhá část převzatého článku obsahuje dalších několik pokusů s plastovými stříkačkami. Jedná se o pokusy, které se nevešly do tištěné podoby mimořádného čísla časopisu Školská fyzika 5/2013.

Plastové stříkačky lze pořídit s poměrně nízkými náklady v lékárně. Stříkačka se skládá z pouzdra s trnem, pístu a jehly, která se nasazuje zatlačením plastové násadky na kónický trn. Z bezpečnostních důvodů používáme jehlu jen při demonstračních učitelových pokusech nebo s přísným dozorem učitele. Pro zmenšení průtoku můžeme použít násadku jehly, ze které opatrně pomocí kleští (kroutivým pohybem) vytáhneme jehlu a násadku nasuneme na trn pouzdra. Pokud tuto násadku zahřátím zatavíme, získáme zátku na uzavření stříkačky. Na propojování stříkaček použijeme silikonové hadičky zakoupené také v lékárně nebo plastové hadičky a spojky pořízené v akvaristické prodejně.

## Atmosférický tlak vzduchu II ▶

Trn větší stříkačky (např. 60 ml) propojíme přímo nebo krátkou hadičkou s trnem pouzdra velké stříkačky 150 ml). Na toto pouzdro pomocí gumičky napneme tenký papír nebo tenký mikrotenový sáček. Prudkým vytažením pístu stříkačky vytvoříme pod blánou v pouzdru podtlak a papír nebo mikroten se se zvukovým efektem protrhne.

## ◀ Uvolnění plynu z kapaliny

Do větší stříkačky (např. 20 ml) nasajeme vodu z vodovodu nebo limonádu. Po odvzdušnění a uzavření trnu víčkem snížíme tlak povytažením pístu. Z kapaliny se začne v bublinkách uvolňovat vzduch nebo oxid uhličitý.

1 *trna@ped.muni.cz*

## Karteziánek ▶

Klasického karteziánka můžeme nahradit injekční stříkačkou (např. 2 ml), ve které je jako závaží umístěn olověný brok. Tohoto karteziánka je vhodné umístit do plastové láhve (např. 0,5 l) zcela naplněné vodou a uzavřené šroubovacím uzávěrem.

## ◀ Vytahování zátky z láhve

Skleněnou láhev naplníme co nejvíce vodou a zazátkujeme plastovou zátkou (korková není příliš vhodná). Na větší stříkačku (např. 60 ml) naplněnou vzduchem nasadíme jehlu, zátku propíchneme a prudce vtlačíme vzduch ze stříkačky do láhve. Zátka vyskočí.

## Vodotrysk ▼▶

Na trn svisle upevněného pouzdra velké (např. 60 ml) injekční stříkačky nasadíme hadičku, na jejímž druhém konci je zasunuta skleněná trubička. Tato trubička je vytažená do zúžené trysky a je otočená vzhůru (hadička tvoří písmeno U). Do pouzdra napustíme vodu, která bude (po zdvihnutí pouzdra) z trysky vystřikovat.

## Stlačitelnost a pružnost vzduchu

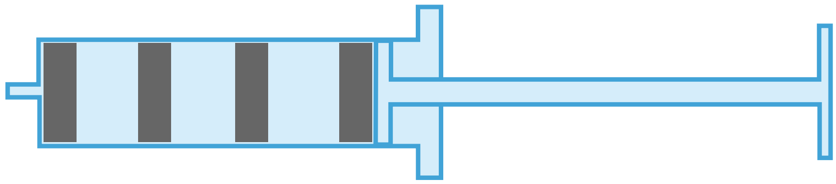
Do stříkačky natáhneme vzduch a víčkem pevně uzavřeme otvor v trnu. Opakovaným stlačením a povolením demonstrujeme stlačitelnost a pružnost vzduchu uzavřeného ve stříkačce.

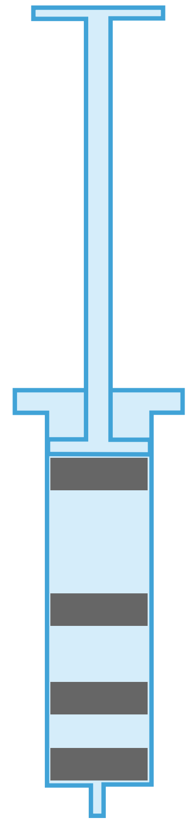
## Tepelná roztažnost vzduchu

Do stříkačky nasajeme přibližně do poloviny vzduch a víčkem z obalu jehly uzavřeme otvor v trnu. Stříkačku ponoříme do kádinky s teplou vodou. Vzduch se roztahuje a vytlačuje píst stříkačky. Možno také zahřát vysoušečem vlasů.

## Magnety ve stříkačce ▼▶

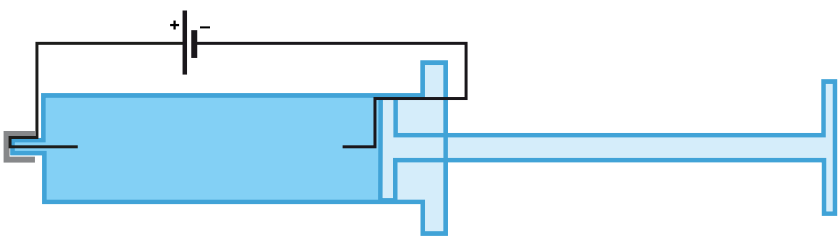
Do stříkačky (10 ml) postupně vložíme několik pecičkových keramických magnetů, které vkládáme tak, aby se vzájemně odpuzovaly. Demonstrujeme je nejdříve stlačené pístem k sobě, pak povytáhneme píst ve vodorovné i svislé poloze. Je vhodné použít tento pokus jako základ problémové úlohy.





## Elektrolýza roztoku ▼

Jednu tenkou měděnou elektrodu (drátek) zavedeme trnem stříkačky a druhou kolem pístu. Do stříkačky nasajeme vodný roztok NaCl s několika kapkami fenolftaleinu. Zátkou uzavřeme trn. Elektrody připojíme k pólům ploché baterie. Kolem záporné elektrody se roztok zabarví červeně.




## Měření objemu

Ocejchované injekční stříkačky (2, 5, 10, 20, 60, 150 ml) můžeme využít v řadě experimentálních úloh na měření objemu kapaliny, drobných tělísek apod.

**Literatura**

MATOUŠEK, J.: *Praktikum školských pokusů (návody k praktickým cvičením).* Brno: Pedagogická fakulta MU, 1993.

*Článek vyšel v časopisu Školská fyzika, ročník VII/2002, číslo 4, str. 52–60. Předkládaný text je druhou částí zkrácené verze původního článku (v této části je uvedeno pouze 10 pokusů z původních 30). Fotografie a náčrtky, jejichž autorkou je Marie Mollerová, byly doplněny redakcí.*

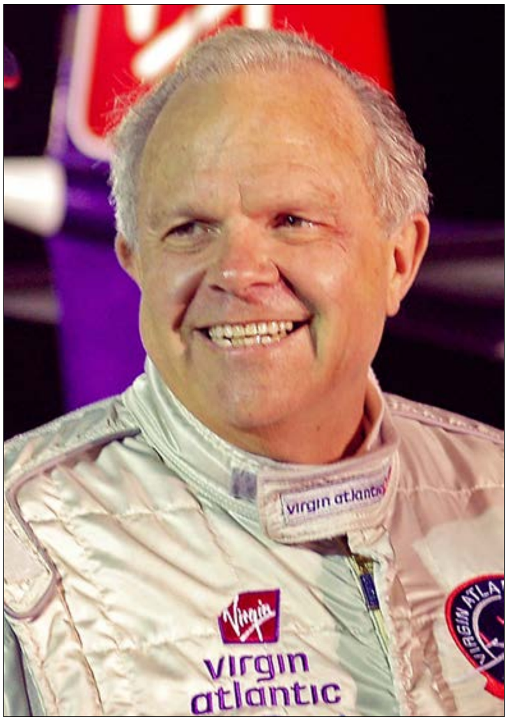
# Steve Fossett – americký boháč a dobrodruh?

*Ivo Volf[1], Přírodovědecká fakulta Univerzity Hradec Králové*

Tento článek je věnován památce Steve Fossetta, zajímavého člověka, někdy dobrodruha, určitě však výzkumníka, mj. i člena Královské geografické společnosti a člena správní rady jedné z amerických univerzit. S jeho jménem jsem se setkal při četbě novin a zaujal mne právě proto, že se snažil pokořit svět kolem sebe a překonat sám sebe.

James Stephen Fossett se narodil 22. 4. 1944 v americkém městě Jackson (USA, Tennessee). Dvakrát se zúčastnil expedice na Mount Everest, zúčastnil se závodů psích spřežení na Aljašce, závodů automobilů ve známém 24 hodin Le Mans, přeplaval kanál La Manche. Nejznámější jsou ale jeho úspěchy při riskantních letech v letadlech, v letech aerostatickými balóny a při plavbě na plachetnici. V těchto oborech dosáhl 116 světových rekordů a dalších prvenství. Dne 3. září 2007 se vypravil Steve Fossett na svou poslední cestu ve svém jednomotorovém letadle ze soukromého letiště ve státě Nevada a havaroval. Až 2. října 2008 nedaleko městečka Mammot Lakes našli turisté trosky letadla a několik věcí patřících Steve Fossettovi. Byly nalezeny lidské kosti, jež šelmy roznesly po okolí, a po šesti týdnech se analýzou DNA potvrdilo, že jde o ostatky po zahynulém Steve Fossettovi.

Čím bych já, autor mnoha fyzikálních úloh, mohl vzdát poctu tomuto člověku, než vzpomínkou v několika problémech, které jsem již zadal či ještě třeba zadám fyzikálním olympionikům. Zkuste si je vyřešit a nezapomeňte, že onen dobrodruh, za kterého ho měli novináři a mnozí další lidé, byl ale také člověk toužící zkusit vše, a proto musel ve svém životě vyřešit mnohem více a mnohem vážnějších problémů.




*Obr. 1 – Steve Fossett*

## 1. Ultralehké letadlo


*Obr. 2 – speciální Fossettův letoun – Virgin Atlantic GlobalFlyer*

Ultralehké letadlo Global Flyer, s nímž Steve Fossett obletěl svět za méně než 80 h, má dolet za bezvětří 33 800 km, rychlost 440 km/h. Letadlo startovalo na letišti Salina (Kansas, USA) a mělo původně plánovanou trasu míst, nad nimiž mělo proletět: Montreal, Londýn, Paříž, Řím, Káhira, Manama (SAE), Karáčí, Kalkata, Šanghaj, Tokio, Honolulu, Los Angeles a zpět letiště Salina. Poloměr Země pro výpočty $R = 6370$ km.

a) Najdi všechna místa na mapách a vyznač do jedné mapy světa. Jaké měřítko má mapa a jak se podle mapy zjišťují skutečné vzdálenosti?
b) Uveď délku trasy, kterou Fosset naplánoval; jak dlouho měl být na trase?

1 Ivo.Volf@uhk.cz

c) Odhadni, jakou dráhu a za jak dlouho by Fosset urazil při cestě kolem světa, kdyby letěl po 38. rovnoběžce, kolem níž všechna místa přibližně leží?
d) Jaký vliv na let letadla má oblast, kde vane západní vítr? Vysvětli alespoň slovně.

## 2. Atmosférický tlak

*Obr. 3 – nejvyšší hora na Zemi Mount Everests 8848 m n. m., S. Fossett se zúčastnil dvou expedic.*

Steve Fossett miloval hory. Když však horolezci stoupají do hor, mění se jimi měřený tlak vzduchu $p$ s rostoucí výškou $h$ podle vzorce $p = \frac{p_0}{e^{0,000125h}}$, $p_0 = 101{,}3\ \text{kPa}$ je tlak atmosférický v nulové nadmořské výšce.

a) Tvrdí se, že ve výšce 5 500 m je atmosférický tlak poloviční než v nadmořské výšce nulové. Ověř toto tvrzení.
b) Jaký je atmosférický tlak za oknem letadla Jumbo Jet, které letí ve výšce 11,0 km?
c) Odhadni, jaký je atmosférický tlak na sedmitisícovce.
d) Načrtni změny tlaku $p(h)$ do grafu pro výšky od 0 m do 22 km. Ověř svůj odhad v c).

Poznámka: Hodnotu čísla $e$ najdeš na svém kalkulátoru: na displeji ponech jedničku a zmáčkni $e^x$. Libovolnou hodnotu výrazu $e^x$ zjistíš stejným postupem: na displej napíšeš číslo a zmáčkneš $e^x$. Na novějších kalkulátorech naopak nejprve zadáváš $e^x$, a pak teprve číslo, na které chceš konstantu $e$ (Eulerovo číslo) umocnit. Na některých kalkulátorech musíš nejprve zmáčknout shift nebo 2nd. Pamatuj: Kalkulátor je tvůj dobrý kamarád, ale musíš se s ním nejprve dobře seznámit.

## 3. Let balónem

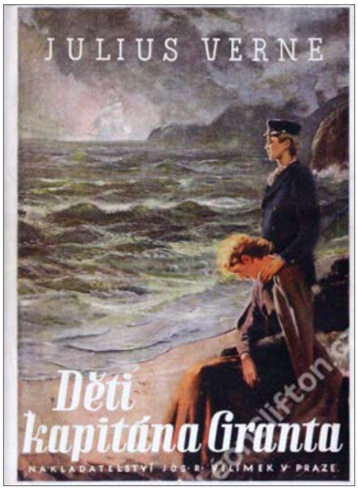
Když se Steve Fossett snažil obeplout v balónu zeměkouli, předpokládejme, že si vybral trasu přibližně na 32° jižní šířky a držel se cesty podél této rovnoběžky. Odhadněte, jakou trasu musel balónem uletět (nakreslete si polární řez naší zeměkoulí a určete poloměr kružnice, která představuje tuto rovnoběžku). Let kolem zeměkoule trval 13 dní 8 h 33 min. Odhadněte, jakou průměrnou rychlostí Fossett letěl na zvolené trase. Poloměr Země pro výpočty $R = 6370$ km.

## 4. Děti kapitána Granta

Když děti kapitána Granta hledaly svého otce, měly informaci, že se nachází někde na 37° 11’ jižní šířky, zeměpisná délka byla ve zprávě nečitelná. Vydaly se proto se svými přáteli na břeh Chile a putovaly zčásti po pevnině, zčásti po oceánech, po této rovnoběžce směrem na východ kolem celé zeměkoule. Poloměr Země pro výpočty $R = 6370$ km.

*Obr. 4 – S. Fossett obletěl jako první sólově svět v balónu.*

a) Prostuduj ve svém atlase, kterými pevninami při pátrání prošli záchranáři.
b) Jak dlouhou cestu měla skupina celkem před sebou? Kolik z toho procházela pevninou?
c) Při své cestě museli záchranáři přejít přes datovou čáru. Vysvětli pojem pásmového času i smysl datové čáry.
d) Lodí mohli záchranáři plout průměrně rychlostí 12 uzlů, na pevnině urazili pěšky denně asi 30 km. Jak by dlouho trvalo toto cestování?
e) Jak dlouho by cesta trvala balónem letícím rychlostí 32 kilometrů za hodinu, kterým chtěl cestu kolem světa přibližně po téže rovnoběžce urazit jeden multimilionář? Ve skutečnosti Steve Fossett urazil v červnu 2002 za 14 dní a 19 hodin vzdálenost 31 380 km. Jakou průměrnou rychlostí se pohyboval?



*Obr. 5 – kniha Děti kapitána Granta (Jules Verne)*

## Výsledky, k nimž jste se měli dopracovat (přibližně)

**1a)** Všechna místa jsou uvedena na mapě, není obtížné je najít. **1b)** Pomocí měření vzdáleností vyšla trasa asi 32 800 km, doba letu asi 75 h při rychlosti 440 kilometrů za hodinu. **1c)** Délka 38. rovnoběžky vyšla 31 550 km. **1d)** Letadlo musí mít dostatečnou aerodynamickou vztlakovou sílu, která závisí na rychlosti letadla vzhledem k proudícímu vzduchu: při letu po větru musí mít tedy vzhledem k zemi větší rychlost než při letu proti větru.
**2a)** Výraz $e^x$ pro 5 500 dává 1,988 7, tedy převrácená hodnota asi 0,5. **2b)** Získáváme 0,253, tedy tlak je asi čtvrtina tlaku vzduchu v nulové výšce. **2c)** Tlak je asi 0,417 tlaku v nulové výšce. **2d)** Grafem je křivka klesající od hodnoty (0 m; 101 325 Pa) v diagramu $p(h)$.
**3)** Poloměr 32. rovnoběžky je 5 402 km, délka 32. rovnoběžky 33 940 km. Let trval 320,55 h, průměrná rychlost letu byla 106 kilometrů za hodinu. Při letu ve výšce 4 km je poloměr dráhy asi 5 406 km, dráha letu o něco delší – 33 967 km, ale na rychlosti to patrné nebude.
**4a)** Pevniny: Jižní Amerika, státy Chile a Argentina, jižní část Austrálie, severní část Nového Zélandu. **4b)** Celková trasa: 31 890 km, z toho po pevnině 2 520 km. **4c)** Protože tzv. pravé poledne – průchod slunce rovinou místního poledníku – se místo od místa liší, jsou na povrchu Země vyznačeny hranice území, kde je jednotný čas; časová pásma se od sebe liší o 1 h, což odpovídá šířce pásma 15°. Je-li na greenwichské hvězdárně právě 12.00 h, na 180° v. d. je 24.00 h téhož dne a na 180° z. d. je právě 0.00 h téhož dne. Při přestoupení 180. poledníku směrem východním se vracíme do téhož dne (musíme ho absolvovat dvakrát, tedy datum bereme dvakrát stejné), směrem západním se dostáváme na konec dne, a proto jedno datum vynecháme. **4d)** Loď plula 12 uzlů = 22,2 kilometrů za hodinu, potřebovala tedy na dráhu 29 370 km celkem 1 320 h = 55 dní (plující dnem i nocí), na pevnině asi 84 dní. **4e)** Rychlostí 32 kilometrů za hodinu by trvala cesta asi 1 000 h, tj. méně než 42 dní, ve skutečnosti balón letěl rychlostí 88,4 kilometrů za hodinu.

**Zdroje obrázků**
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4b/Fossett_before_globalflyer_flight_cropped.jpg; http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5c/Virgin-globalflyer-040408-06cr.jpg; http://www.novinky.cz/cestovani/294419-krasy-a-hruzy-mount-everestu.html; http://onthisday.goodnewsweekly.ca/2011_06_01_archive.html; http://leonclifton.cz/novink

*Článek vyšel v časopisu Školská fyzika, ročník IX/2012, číslo 1, str. 31–34. Předkládaný text je zkrácenou verzí původního článku. Fotografie byly doplněny redakcí. Původní článek si můžete přečíst na webové stránce* `http://sf.zcu.cz/cs/2012/1/8-steve-fossett-americky-bohac-a-dobrodruh`.

# Frontální pokusy s „kreslenými“ rezistory

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

Málokdo ví, že uhlíkový rezistor je možné s prakticky nulovými náklady vyrobit. Stačí nakreslit obyčejnou tužkou čáru na kvalitní papír. Této skutečnosti je možno s výhodou užít při procvičování několika témat z elektřiny formou frontálních prací. Každý žák přitom potřebuje jen měkkou tužku (tvrdost 0 nebo 1) a čtverečkovanou čtvrtku, v každé pracovní skupině se pak používá jeden ohmmetr, případně plochá baterie s miliampérmetrem. V následujícím přehledu jsou rozebrány některé jevy a zákonitosti, které je možno pomocí „kreslených“ rezistorů demonstrovat.

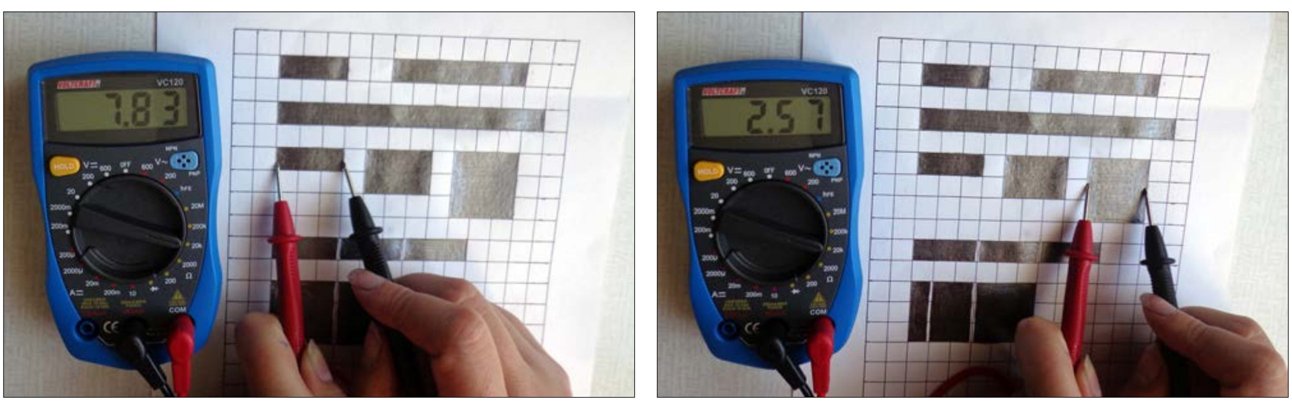
## 1. Závislost odporu vodiče na jeho délce

Každý žák si pečlivě vykreslí tužkou obdélník o stranách například 1 a 3 čtverečky a změří jeho odpor tak, že vývody ohmmetru přitiskne na kraje obdélníka. Nemáme-li ohmmetr, lze odpor vypočítat z Ohmova zákona tak, že známé napětí, například 4,5 V z ploché baterie, dělíme proudem, změřeným miliampérmetrem. Pak žáci prodlouží nakreslený vodič tím, že přikreslí k již hotovému obdélníku další část, například opět 1 × 3 čtverečky. Opět změří odpor a naměřenou hodnotu srovnají s hodnotou předešlou. Postup lze několikrát opakovat, až je možné usoudit, že odpor vodiče roste s jeho délkou. Postup je patrný z obr. 1.


*Obr. 1 – měření závislosti odporu vodiče na jeho délce*

## 2. Závislost odporu vodiče na jeho průřezu

Výška „nakreslených“ vodičů je nepatrná a nelze ji měřitelně zvětšovat. Proto plošný obsah zvyšujeme zvětšením šířky vykresleného obdélníka. Postup kreslení a měření je patrný z obr. 2. Použijí-li se ke kreslení tužky různých tvrdostí, je možné se přesvědčit i o závislosti odporu na materiálu vodiče: čím vyšší stupeň tvrdosti má tužka, tím je odpor obdélníku stejných rozměrů vyšší.

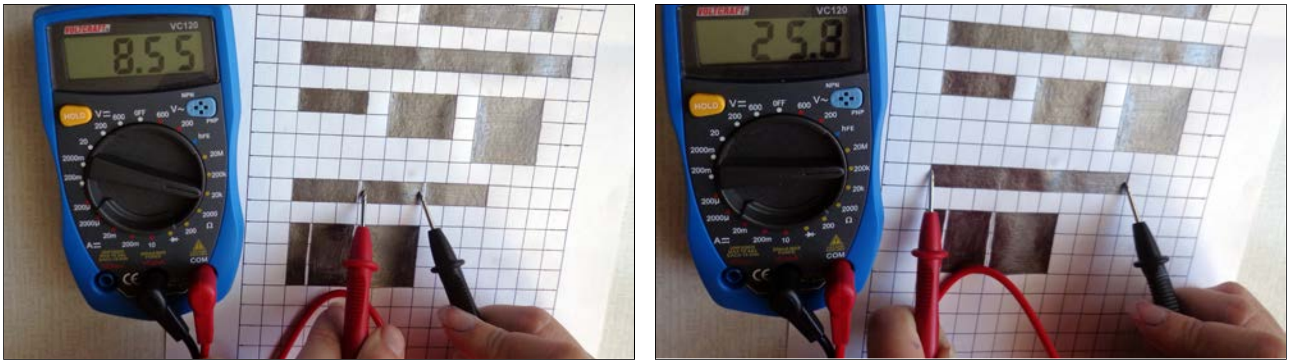



*Obr. 2 – měření závislosti odporu vodiče na jeho příčném průřezu*

1 *rauner@kmt.zcu.cz*

## 3. Spojování rezistorů za sebou

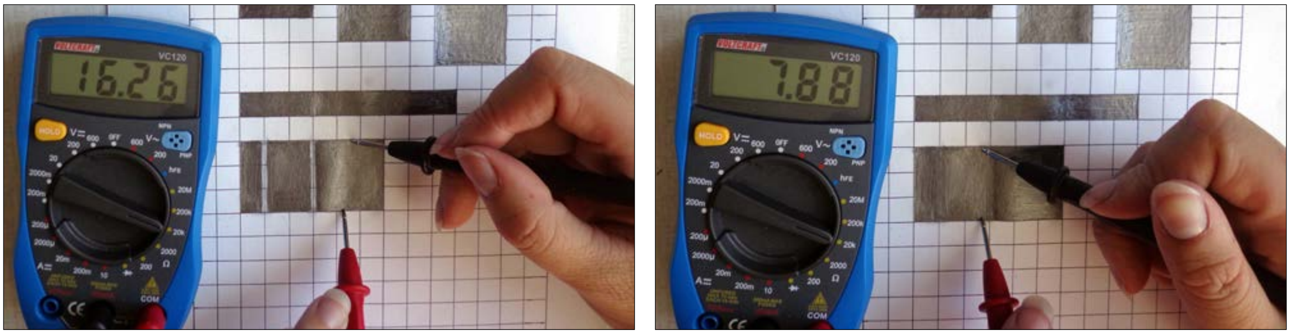
Žáci vykreslí několik obdélníků tak, že se téměř dotýkají kratšími stranami, jejichž rozměr je stejný, například jeden čtvereček. Změří odpory jednotlivých „rezistorů“, hodnoty si zapíší a pečlivě zakreslí mezery mezi obdélníky. Pak změří celkový odpor a výsledek porovnají s odpory původních obdélníků. Ověří tak vztah, podle kterého se výsledný odpor sériové kombinace rezistorů rovná součtu jednotlivých odporů. Postup je zřejmý z obr. 3.




*Obr. 3 – sériové spojování rezistorů*

## 4. Spojování rezistorů vedle sebe

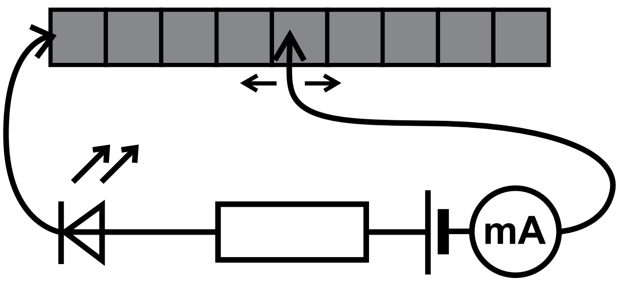
Postup je obdobou předchozího pokusu, rozdíl je v tom, že původní obdélníky mají stejnou délku a kreslí se těsně u sebe delšími stranami. Postup je zcela zřejmý z obr. 4. Z měření je patrné, že výsledný odpor rezistorů zapojených vedle sebe (paralelně) je menší než nejmenší z původních odporů.




*Obr. 4 – paralelní spojování rezistorů*

## 5. Proměnný odpor (reostat)

Funkci proměnného odporu je možné ověřit miliampérmetrem v zapojení podle obr. 5. Pevně zařazený rezistor *R* zabraňuje překročení rozsahu miliampérmetru při náhodném dotyku měřicími hroty. Přitiskne-li žák jeden měřicí hrot ke kraji dlouhého, pečlivě vykresleného obdélníka, může pozorovat závislost proudu při regulaci posouváním druhého hrotu po délce. Je dobře vidět, že proud v takto regulovaném obvodu neklesá na nulu. Pro optické zdůraznění průběhu regulace je vhodné zapojit do obvodu svítivou diodu.




*Obr. 5 – obvod s reostatem*

*Článek vyšel v časopisu Školská fyzika, ročník VI/2000, mimořádné číslo, str. 59–62. Předkládaný text je zkrácenou verzí původního článku (uvedeno je zde pouze 5 pokusů z původních 8). Fotografie, jejichž autorkou je Zuzana Suková, byly doplněny redakcí.*

# Pohyb planet a pohádka o Koblížkovi

*Miroslav Randa*[1]*, Fakulta pedagogická Západočeské univerzity v Plzni*

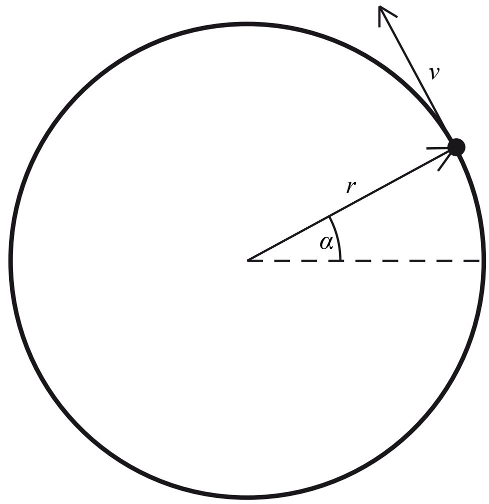
*Obr. 1 – pohádka o Koblížkovi, http://www.abatar.cz/pohadky/koblizek_versovane.htm*

Myslíte si, že pohyb planet nijak nesouvisí s pohádkami, natož s pohádkou o Koblížkovi? To se tedy šeredně mýlíte! Pohyb planet kolem Slunce i kutálení Koblížka totiž fyzici popisují velice podobnými rovnicemi.

Pohybuje-li se těleso po kružnici o poloměru $r$ stále stejnou rychlostí $v$, oběhne ji celou dokola za dobu $T$. Mezi těmito veličinami platí vztah

$$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T},$$

protože dráha, kterou těleso urazí při jednom oběhu, je rovna obvodu kružnice.




*Obr. 2 – pohyb po kružnici*

Za dobu $T$ urazí těleso celou kružnici, tedy úhel 360°. Úhel $\alpha$, který těleso urazí za čas $t$, určíme pomocí přímé úměrnosti:

$$\alpha = 360° \cdot \frac{t}{T}.$$

## Příklad 1

V pohádce o Koblížkovi vyskočí voňavý, čerstvě upečený Koblížek z okna a kutálí se do lesa. Tam postupně potká zajíce, vlka, medvěda a lišku. Předpokládejte, že průměr Koblížka je 8 cm a vzdálenost od domu k zajíci je 100 m. Určete, kolikrát se Koblížek při kutálení otočí, a nakreslete natočení Koblížka u zajíce.

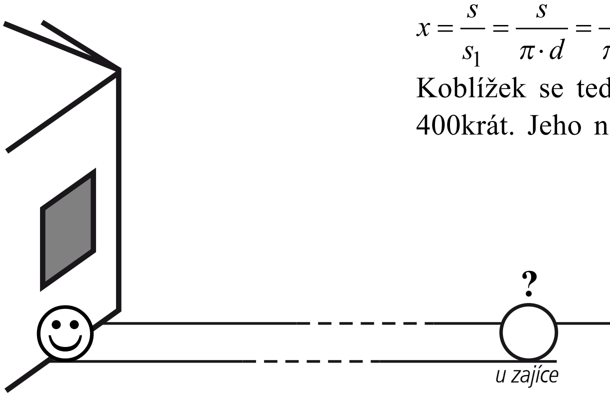
*Obr. 4 – Koblížek u lišky, http://www.abatar.cz/pohadky/koblizek_versovane.htm*

**Řešení:**

Při jednom otočení se posune Koblížek o dráhu $s_1 = \pi \cdot d$, kde $d$ je průměr Koblížka. Na dráze $s$ se Koblížek otočí:

$$x = \frac{s}{s_1} = \frac{s}{\pi \cdot d} = \frac{100}{\pi \cdot 0{,}08} \doteq 397{,}9.$$

Koblížek se tedy otočil téměř 400krát. Jeho natočení určíme z čísla $x$ po odečtení celých otoček. Kromě nich Koblížek vykonal ještě 0,9 otočky, otočil se tedy o $0{,}9 \cdot 360° = 320°$. Stejně tak můžete vypočítat počet otáček a polohu Koblížka u vlka, medvěda či lišky.



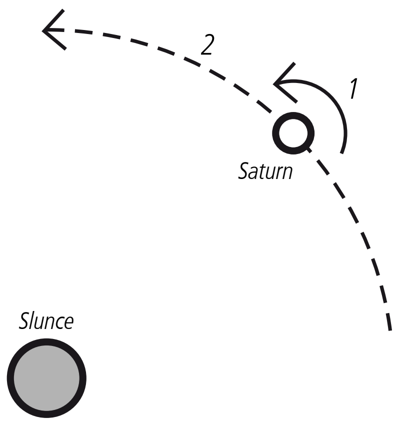

*Obr. 3 – kutálení Koblížka*

1 randam@kmt.zcu.cz

## Příklad 2

Planeta Saturn koná současně dva pohyby: za 10 h 40 m se otočí kolem své osy (pohyb 1 na obr. 5) a za 29,5 pozemských let oběhne Slunce (pohyb 2). Víte-li, že poloměr rovníku Saturna je 60 000 km a vzdálenost Saturna, od Slunce je 9,54 AU, vypočtěte:

a) kolik saturnských dní trvá saturnský rok;
b) jakou rychlostí obíhají body na rovníku Saturna;
c) jakou rychlostí se pohybuje Saturn kolem Slunce.



Obr. 5 – pohyb Saturna

**Řešení:**

a) 1 saturnský rok (doba oběhu Saturna kolem Slunce) trvá 29,5 pozemských let, tj. přibližně $(29{,}5 \cdot 365{,}25 \cdot 24)$ h $= 260\,000$ h. 1 saturnský den (doba rotace Saturna kolem vlastní osy) trvá 10 h 40 m, tj. 10,67 h. Jeden saturnský rok tedy má zhruba $\frac{260\,000}{10{,}67} = 24\,000$ saturnských dní.

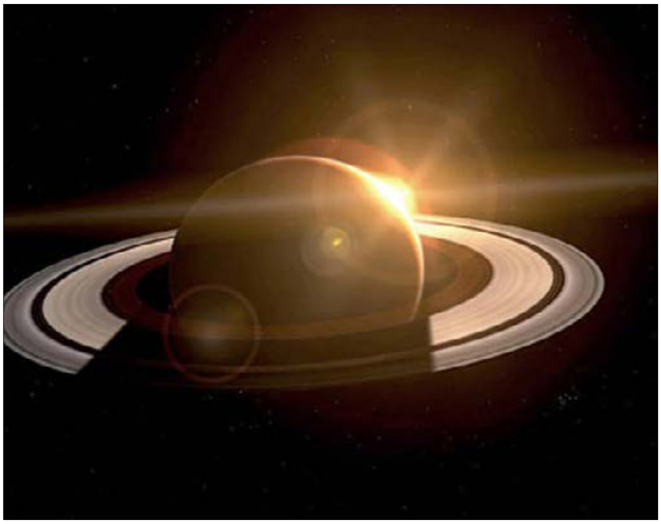
b) Body na rovníku Saturna musí urazit za dobu $T$ jedné otočky dráhu rovnou $2 \cdot \pi \cdot R$, kde $R$ je poloměr rovníku. Pro rychlost rotace tedy dostáváme

$$v_{rotace} = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{T} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 60\,000\ \text{km}}{10{,}67 \cdot 3\,600\ \text{s}} = 9{,}8\,\frac{\text{km}}{\text{s}}.$$

c) Saturn urazí za dobu $t$ jednoho oběhu dráhu rovnou $2 \cdot \pi \cdot r$, kde $r$ je vzdálenost Saturna od Slunce. Protože je zadána v astronomických jednotkách (AU), musíme ji nejdříve převést na kilometry. Platí $r = 9{,}54$ AU = 9,54 ·149 600 000 km = 1 430 000 000 km. Pro rychlost oběhu platí

$$v_{oběhu} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{t} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1430\,000\,000\,\text{km}}{260\,000 \cdot 3600\,\text{s}} = 9{,}6\,\frac{\text{km}}{\text{s}}.$$

U Saturnu je rychlost rotace téměř stejná jako rychlost oběhu kolem Slunce.


Obr. 6 – planeta Saturn, http://www.allvoices.com/contributed-news/5190865/image/48196091-the-sun-rises-over-saturn

Jak tedy souvisí pohyb planet s pohádkou o Koblížkovi? Planety se kutálejí po kružnicích kolem Slunce podobně jako Koblížek po zemi. Dráhy planet ale nejsou pevné, a proto není „rychlost kutálení“ planety stejná jako rychlost, jakou se planeta pohybuje po oběžné dráze.

Například u Země je „rychlost kutálení“ na rovníku přibližně 0,5 kilometru za sekundu, zatímco kolem Slunce se Země pohybuje rychlostí 30 kilometrů za sekundu. Tak by se Koblížek mohl pohybovat na téměř zledovatělé cestě. Uran se dokonce „převrací“ kolmo ke směru pohybu. Zato Saturn se chová vzorně jako Koblížek: kutálí se přibližně stejnou rychlostí, jako se pohybuje kolem Slunce. Ještě nevěříte, že pohádky a pohyb planet jdou dohromady? Vám tedy pomůže jen návštěva planetária – tam uvidíte, že pohyb planet je skutečně pohádka!

*Článek vyšel v časopisu Školská fyzika, ročník VI/2000, mimořádné číslo, str. 49–51. Předkládaný text je zkrácenou verzí původního článku (řešeny jsou zde pouze dva příklady z původních pěti). Fotografie byly doplněny redakcí.*

# školská fyzika

mimořádné číslo Think Big 5 / ročník 2013
www.sf.zcu.cz

## Obsah



## Vydává

Fakulta pedagogická
Západočeské univerzity v Plzni,
Univerzitní 8, Plzeň

oddělení fyziky katedry matematiky,
fyziky a technické výchovy

**ISSN 1211-1511**