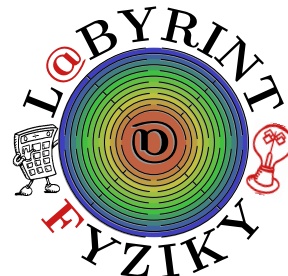


# L@byrint fyziky 2007/2008

## Řešení 1. kola kategorie S

(pro střední školy a vyšší ročníky víceletých gymnázií)

☞ <http://isouteze.upol.cz/fyzika> ☜



☛ **Úloha 1 (rébus)** a) Začněme zlehka – třemi rébisy. V každém z nich se skrývá jméno velmi známého fyzika. Protože ani jeden nebyl české národnosti, musíte použít i něco z jiných jazyků naznačených malou nápovědou. Věříme, že odhalit skutečná jména pro Vás nebude vůbec těžké!



1. rébus



2. rébus



3. rébus

☞ **3 body**

b) V letošním roce jsme si v souvislosti s jedním z těchto velikánů připomínali *kulaté* výročí. O jaké výročí a jaké z těchto jmen šlo?

☞ **1 bod**

Řešení:

- a) Málokdo z Vás udělal chybu, řešení vskutku nebylo obtížné: 1. rébus – Euler, 2. rébus – Einstein, 3. rébus – Newton.
- b) Připomněli jsme si 300. výročí narození jednoho z největších matematiků všech dob, který položil základy studiu řady fyzikálních problémů (hydrodynamika, mechanika tuhých těles) Leonharda Eulera, konkrétně 15. dubna 1707. Za správnou odpověď jsme uznávali i 280 výročí úmrtí jednoho z největších fyziků všech dob Isaaca Newtona (31. 3. 1727, podle juliánského kalendáře 20. 3. 1727). *Jana Zajíčková* také správně postřehla, že loni uplynulo 320 od vydání stěžejního Newtonova díla *Philosophiae naturalis principia mathematica* nazývaného zkráceně „Principie“ – spatřily světlo světa v roce 1687.

☛ **Úloha 2 (sudoku)** Hru *Sudoku* určitě znáte, možná jste jí i propadli. V této úloze máte namísto číslic doplnit písmena, která dohromady dávají příjmení slavného fyzika který právě před 100 lety získal nejvyšší vědecké ocenění – Nobelovu cenu. Původem Polák (pocházel z rodiny židovského obchodníka ve Strzelně, kde spařil světlo světa 19. prosince 1852) je znám spíše jako americký fyzik, dokonce jako první Američan, který získal Nobelovu cenu v oblasti přírodních věd. Do U.S.A. odešel s rodiči v necelých třech letech, doktorát ale získal v Evropě, konkrétně v Berlíně a Paříži. Náš neznámý zemřel 9. května 1931 v Pasadeně.

- a) Vyřešte sudoku tak, aby každé z písmen bylo v každém řádku, sloupci i malém čtverci vždy jen jednou. ☞ **5 bodů**
- b) Napište celé jméno (2 křestní a příjmení) slavného fyzika, „CH“ přitom složte z jednotlivých hlásek. ☞ **1 bod**
- c) Za co získal v roce 1907 Nobelovu cenu? ☞ **1 bod**

Řešení:

- a) Vyřešené sudoku je na obr. 1.
- b) Hledaným neznámým je americký fyzik polského původu Albert Abraham Michelson (19. 12. 1852–9. 5. 1931).
- c) Nobelova cena byla udělena – jak lze ověřit na internetových stránkách

[http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/)

„for his optical precision instruments and the spectroscopic and metrological investigations carried out with their aid“ tj. za přesné optické přístroje a za spektroskopické a metrologické výzkumy, které jejich pomocí provedl. V učebnicích se s jeho jménem setkáme také v souvislosti se základy teorie relativity, neboť během své evropské studijní cesty v letech 1880–1881 jako první provedl a po návratu v roce 1887 v Clevelandu společně s Edwardem Morleyem ještě zpřesnil experiment nesoucí jeho jméno, v němž prokázali, že rychlost šíření světla nezávisí na pohybu zdroje. Tento závěr pak tvoří jeden z postulátů Einsteinovy teorie – princip konstantní rychlosti světla.

**Úloha 3** Železniční stanice Zábřeh na Moravě se nachází 46 km od stanice Olomouc hlavní nádraží. Ze Zábřehu vyjel nákladní vlak rychlostí 40 km/h a z Olomouce v tu samou chvíli opačným směrem rychlík rychlostí 75 km/h. V téměř okamžiku vystartuje z čelního okna lokomotivy rychlíku moucha-vytrvalkyně a rychlostí 100 km/h letí vstříc nákladnímu vlaku. Jakmile se s ním setká, nerozplácne se na okně, ale jen se dotkne nožkou a hned letí zpátky dokud se nesetká z čelem

H		S	O		N	I		E
I				E	H	M	N	
		E		I	M	S		L
	E		I		S	N		
	N			O			M	
		H	M		C		O	
L		N	E	S		C		
	I	C	N	M				H
O		M	H		I	L		N

H	M	S	O	L	N	I	C	E
I	C	L	S	E	H	M	N	O
N	O	E	C	I	M	S	H	L
M	E	O	I	H	S	N	L	C
C	N	I	L	O	E	H	M	S
S	L	H	M	N	C	E	O	I
L	H	N	E	S	O	C	I	M
E	I	C	N	M	L	O	S	H
O	S	M	H	C	I	L	E	N

Obr. 1: Zadání a řešení sudoku

lokomotivy rychlíku, pak zase letí zpět atd., dokud se lokomotivy obou vlaků na trati nemíjejí (naštěstí je dvoukolejná). Kolik kilometrů moucha nalétala? Uvažovaný úsek trati považujte za přímý, ani jeden z vlaků v něm nikde nezastavuje.

☞ 1. ročník 6 bodů, 2. ročník 5 bodů, 3. a 4. ročník 4 body

Řešení:

Mohli jste zvolit pracné i jednodušší řešení (někteří uvedli obě varianty). Lze samozřejmě vypočítat dráhu mouchy v jednotlivých úsecích mezi protijedoucími vlaky. Získáme tak klesající řadu, jejíž součet by dává hledanou dráhu. Kdo zkusil potvrdí, že výpočet pak rozhodně není hračkou, ale řada z Vás ukázala, že ho zvládnete!

Naštěstí si můžeme pomoci i jinak a k výpočtu nám bude stačit opravdu jen pár řádků. Označme rychlost nákladního vlaku  $v_1 = 40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , rychlíku  $v_2 = 75 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  a rychlost mouchy  $v_m = 100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , vzdálenost mezi Zábřehem a Olomoucí  $d = 46 \text{ km}$ . Moucha bude létat tak dlouho, dokud se vlaky nesetkají, tj. po dobu

$$t = \frac{d}{v_1 + v_2} = 0,4 \text{ h} = 24 \text{ min.}$$

Protože se pohybuje stále stejnou rychlostí  $v_m$ , urazí přitom dráhu

$$s = v_m t = \frac{d}{v_1 + v_2} v_m = 40 \text{ km.}$$

**Úloha 4** Jistě víte, že v CD mechanice přehrávače se „cédečko“ otáčí. Podívejme se na tento pohyb trochu podrobněji.

- Na obalech prázdných nosičů jsou uváděny údaje 650 MB na 74 minut nebo 700 MB na 80 minut, které odpovídají rychlosti čtení  $1\times$ . Jaké množství dat v kB/s za snímá při této rychlosti čtečka za 1 s?
- Pomalejší mechaniky a přehrávače CD používají tzv. CLV režim čtení (Constant Linear Velocity), kdy pod čtecí hlavou probíhá stále stejné množství dat, úhlová rychlost otáčení se pak mění v závislosti na vzdálenosti hlavy od středu disku tak, aby obvodová rychlost v místě čtení byla stále stejná. U starších CD nosičích s kapacitou 650 MB je délka stopy asi 5,7 km. Jakou stálou rychlostí v m/s se musí otáčet část disku pod hlavou?
- U klasického disku začíná záznam asi 23 mm od středu a končí asi 60 mm od středu. S jakými frekvencemi se musí otáčet disk, aby byl zajištěn konstantní tok dat na začátku i na konci stopy? Jak se hodnoty frekvencí změní při rychlosti čtení  $16\times$ ?

☞ 1. ročník 6 bodů, 2. ročník 5 bodů, 3. a 4. ročník 4 body

Řešení:

- Při počítání s bity a bajty musíme dát pozor na předpony kilo- a mega-. Neznačí totiž mocniny 10, nýbrž 2, takže  $1 \text{ MB} = 2^{10} = 1024 \text{ kB}$  a nikoli  $1000 \text{ kB}$ !. To, že  $1 \text{ min} = 60 \text{ s}$  je obecně známé, takže pro datový přenos za 1 s vychází pro CD o velikosti 650 MB i velikosti 700 MB

$$\frac{650 \cdot 1024}{74 \cdot 60} \approx \frac{700 \cdot 1024}{80 \cdot 60} \approx 150 \text{ kB/s.}$$

Při rychlosti čtení  $1\times$  v běžných audiopřehrávačích je nutný přenos dat  $150 \text{ kB/s}$ .

- Pomůžeme si jednoduchou úvahou. Vejde-li se 650 MB, tj.  $650 \cdot 1024 = 665\,600 \text{ kB}$  na stopu o délce  $5,8 \text{ km} = 5\,800 \text{ m}$ , zaujímá jeden kB  $5\,800/665\,600 \approx 0,008714 \text{ m}$  délky stopy, tj. necelých 9 mm. Aby čtečka mohla snímá 150 kB/s dat, musí se záznam pod ní otáčet rychlostí

$$v = 0,008714 \cdot 150 \approx 1,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}.$$

- c) Získanou rychlost  $v$  použijeme k výpočtu frekvence otáčení CD-média. Pro záznam ve vzdálenosti  $r$  od středu otáčení spočítáme frekvenci podle vztahu

$$f = \frac{v}{2\pi r}.$$

Konkrétně pro poloměry  $r_1 = 23,5 \text{ mm} = 0,0235 \text{ m}$  a  $r_2 = 58 \text{ mm} = 0,058 \text{ m}$  vychází

$$f_1 = \frac{v}{2\pi r_1} \approx 8,8 \text{ s}^{-1} \approx 528 \text{ min}^{-1}, \quad f_2 = \frac{v}{2\pi r_2} \approx 3,6 \text{ s}^{-1} \approx 214 \text{ min}^{-1}.$$

Pro srovnání dodejme, že běžně se uvádějí hodnoty 210–539 otáček/minutu pro datový přenos 150 kB/s. Pro rychlost čtení  $16\times$  vycházejí pochopitelně hodnoty  $16\times$ -větší, tj.  $f'_1 \approx 141 \text{ s}^{-1} \approx 8450 \text{ min}^{-1}$  a  $f'_2 \approx 57 \text{ s}^{-1} \approx 3420 \text{ min}^{-1}$ .

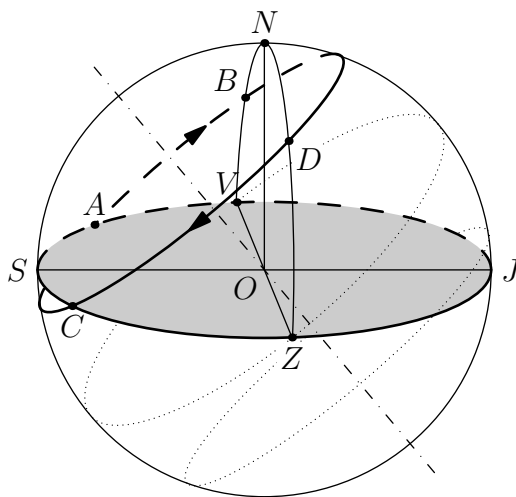
Podrobnější informace o CD-médiích a parametrech vypalování najdou zájemci např. na stránkách <http://cs.felk.cvut.cz/~friedla/pz/cd.htm> nebo <http://www.sweb.cz/lautas/vypalovani.htm>.

**Úloha 5** Věhlasný inspektor Trachta svému nezkušenému inspicientovi Hlaváčkovi nejednou ukázal, jak výborně zná fyzikální zákony. Připomeňme jeden z jeho úspěšně vyřešených případů.

V roce 1907 zavítal na Hanou. Starosta Čertoryjí se na něho obrátil s prosbou o pomoc při vyšetřování krádeže v hospodě, k níž došlo okolo páté odpoledne a podezřelým byl čeledín Fókál. Ten však sebevědomě tvrdil, že má alibi. Tetka Šléšková i kostelník Lavečka mu mohli dosvědčit, že ten den byl na trhu v Olomouci. Když ráno odjížděl, směřoval stín kostelní věže přesně na západ a když ho viděli přijíždět, směřoval její stín přesně na východ. I když hodiny na kostele byly zrovna v opravě, bylo přece jasné, že přijel až po šesté a krást v hospodě nemohl.

- a) Odehrál se náš příběh v létě nebo v zimě?  
 b) Inspektor Trachta však ihned prohlásil, že takové svědectví krádež nevylučuje. Pod podlahou Fókalovy postele se později část zcizených věcí našla. Proč se Trachta – a určitě ani vy – nedal zmást? Varianta, že se Fókál vrátil nepozorován a později návrat předstíral, není správná, v Čertoryjích by si ho určitě někdo všiml.

☛ 1. ročník 6 bodů, 2. ročník 5 bodů, 3. a 4. ročník 4 bodů



Obr. 2: K úloze 5 – zdánlivý pohyb Slunce po obloze

**Řešení:**

Někteří jste nás podezírali, že jde o trik se zavedením letního času, ale ten byl v tehdejší Rakousku-Uhersku zaveden až v roce 1916 (jak správně uvedl Petr Procházka). Také šikmá věž, jejíž stín směřuje trochu jinak, než je obvyklé, nebyl klíčem k řešení úlohy.

- a) Inspektor Trachta měl velmi přesnou představu o zdánlivém pohybu slunce po obloze v různých částech roku. Situaci znázorňuje obr. 2. Světové strany jsou na něm vyznačeny písmeny S – sever, J – jih, V – východ, Z – západ; nadhlavník neboli zenit značí bod N, v našich zeměpisných šířkách se v něm ale slunce nikdy nenachází. Směr zemské osy je naznačen čerchovaně.

V létě je slunce vysoko nad obzorem a jeho pohyb po obloze odpovídá přibližně elipse ABCD, jeho pohyb v době rovnodennosti (vychází na východě v bodě V a zapadá na západě v bodě Z) a v zimě jsou znázorněny tečkovanými elipsami (příznejme, že pro větší názornost jsou letní a zimní elipsa od elipsy odpovídající rovnodennosti vzdáleny více, než by v daném měřítku odpovídalo skutečnosti). Vidíme, že v zimě se slunce ani na východ, ani na západ při svém zdánlivém pohybu vůbec nedostane – vychází na jihovýchodě a zapadá na jihozápadě. Náš příběh – má-li mít smysl – se musel odehrát v létě. Navíc – jak jste většinou správně uváděli – v zimě už v šest a většinou ani v pět hodin žádný stín nevidíme, protože v tu dobu je již tma.

- b) Směřují-li stíny na západ, nachází se slunce na východě, tj. v bodě B, směřují-li na východ, nachází se slunce na západě, tj. v bodě D. Jak vidíme, část elipsy mezi body B, D neodpovídá její polovině, slunci tedy netrvá přesun z B do D 12 hodin,

jak by se mohlo na první pohled zdát (to platí pouze při rovnodennosti, kdy  $B$  splyne s  $V$  a kdy  $D$  splyne s  $Z$ ). Neplatí tudíž, že Fókál odcházel v šest ráno a vracel se v šest večer, slunce bylo v bodě  $D$  před šestou a Fókál byl proto zpátky „včas“ na to, aby mohl mít krádež na svědomí. Pomocí různých počítačových programů (např. volně dostupného software Noční obloha <http://nio.astronomy.cz/indexnio.html>) lze zjistit, kdy se slunce nachází na západě okolo páté hodiny odpoledne – na přelomu dubna a května nebo července a srpna. *Jana Zajíčková*, která spolu s *Ondrou Kmentem* poslala nejúplnější řešení této úlohy, dokonce našla na internetu applet, pomocí kterého lze zjistit směr stínu v různých časech; najdete ho na adrese <http://www.jgiesen.de/sunshine/index.htm>.

**Úloha 6 (experimentální)** Dokázali byste odhadnout, jaký přetlak dokážete dechem vytvořit oproti okolnímu vzduchu? Konkrétně, o kolik je větší tlak uvnitř ústy nafouknutého balónku? Je to několik Pascalů, několik desítek, stovek či tisíc Pascalů, co myslíte?

Řádový odhad můžeme získat pomocí jednoduchého experimentu. Budeme k němu potřebovat jeden obyčejný nafukovací balónek (kdo má silný dech a balónek mu praskne, ten i více), asi 3 slánky nebo jakoukoliv delší trubičku, pravítko popř. jiné délkové měřidlo, jednu, zdatnější „dechaři“ možná dvě PET lahve s vodou, provázek nebo gumičku a někdo možná i Tabulky.

Ze tří slánek spojením vytvoříme delší trubičku (nemusí být nutně rovná) na jejíž jeden konec upevníme gumičkou nebo provázkem balónek. Zkusíme ho nafouknout a přitom zkontrolujeme, zda vzduch někde neuniká – pokud ano, musíme všechny spoje lépe upevnit. PET lahev nalijeme vodou skoro po okraj, balónek ponoříme do vody tak, aby se dolní konec poslední slánky dotýkal dna. Pokud vzduch uniká jedna PET lahev nestačí a musíme si ze dvou vyrobit vyšší „válec“. Pokud neuniká, pomalu balónek s trubičkou zvedáme, dokud vzduch nezačne unikat (obr. 3). Nyní již víte vše potřebné, určitě přijdete na vylepšení, jak měřit co nejpřesněji. Napište, jak pomocí takové aparatury odhadnete přetlak v balónku a jaká hodnota Vám vyšla. Fotografie dokumentující Vaše měření jsou vítány!

☞ 6 bodů



Obr. 3: K úloze 6

Řešení:

Princip měření spočívá pochopitelně v hydrostatickém tlaku. Označíme atmosférický tlak vzduchu v místnosti  $p_a$  (pokud ho přímo nezměříme, můžeme ho přibližně aproximovat normálním tlakem  $p_a = 101,6 \text{ kPa}$ ) a změříme hloubku  $h$ , do které ponoříme trubičku s balónkem, při které začnou z ústí trubičky vystupovat bublinky – znamená to, že se vyrovnal součet tlaku okolního vzduchu a hydrostatického tlaku vody s tlakem vzduchu v balónku. Potom bude při hustotě vody  $\rho = 1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a tíhovém zrychlení  $g \approx 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  celkový tlak v balónku  $p = p_a + h\rho g$ . Protože máme určit přetlak oproti okolnímu vzduchu, stačí naměřit pouze hloubku  $h$  a dopočítat velikost přetlaku  $p' = p - p_a = h\rho g$ . V našem experimentu se hloubka pohybovala okolo 20 cm, což odpovídá přetlaku asi  $p' = 2 \text{ kPa}$ . I Vaše výsledky vycházely řádově podobně: 0,765 kPa (*Daniel Davídek*) 1 kPa (*Věra Kmentová*), 1,961 kPa (*Zdeněk Kovář*), 4,7 kPa (*Jana Zajíčková*).

Problémem je – jak správně poznamenala *Zuzka Chlebounová* – těžko určitelná chyba měření, protože vzduch z balónku utíká během zasouvání hadičky do balónku, dále se těžko přesně určuje výška vodního sloupce nad ústím hadičky díky zkreslení obrazu způsobeného rozdílným indexem lomu vzduchu a vody.

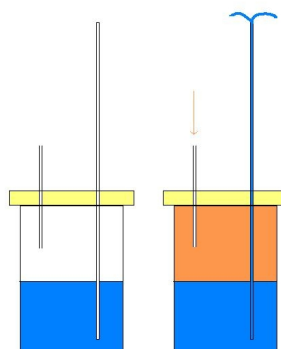
*Zuzka* navrhla i vylepšení – sestrojila jednoduchý přístroj ze zavařovací sklenice a několika brček: „Ze sedmi brček jsem udělala asi metrovou trubičku. Tu jsem provlékla připraveným otvorem ve víčku od zavařovací sklenice, která byla do poloviny zaplněna vodou tak, aby ústí této trubičky sahalo téměř na dno. Jedno brčko jsem protáhla druhým potvorem, ale tak aby nezasahovala do vodní hladiny. Otvory jsem vzduchotěsně utěsnila plastelínou. Do kratšího brčka jsem foukla a podařilo se mi vodu vyfouknout celým metrovým brčkem. to by znamenalo, že jsem schopna vyvinout přetlak určitě větší než 10 kPa.“ Větší účinnost přímého dýchání z plic oproti použití balónku potvrdil i svým nádherným otevřeným manometrem *Ondra Kment*, který dosáhl přetlaku 11,9 kPa. Ukázky Vašich aparatur a nápadů jsou na obr. 4. Děkujeme!!!



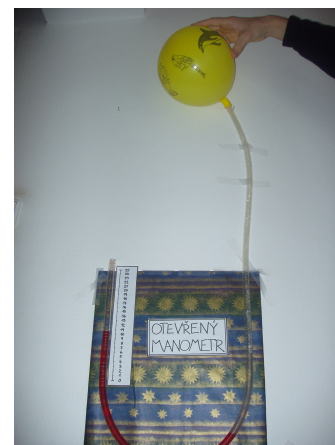
© Daniel Davídek



© Zuzka Chlebounová



© Zuzka Chlebounová:  
vylepšení aparatury



© Ondřej Kment:  
otevřený manometr

Obr. 4: Ukázky Vašich aparatur