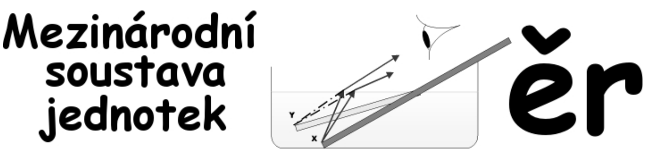
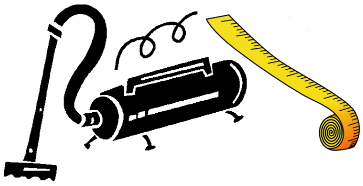
L@byrint fyziky 2008/2009
Řešení 1. kola kategorie S
(pro střední školy a vyšší ročníky víceletých gymnázií)

☞ http://isouteze.upol.cz/fyzika ☜

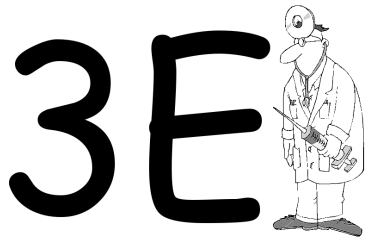
Úloha 1 (rébus) a) Začněme zlehka – třemi rébusy. V každém z nich se skrývá označení přístroje, s nímž se setkáme ve školní fyzikální laboratoři a někdy i mimo ni. Věříme, že odhalit názvy pro Vás nebude vůbec těžké!



1. rébus



2. rébus



3. rébus

☞ **3 body**

b) U prvního a druhého rébusu napište název fyzikální veličiny, které danými přístroji měříme, a jejich jednotky. ☞ **4 body**

Řešení:

a) Prvním přístrojem je **SI-LOM-ěr**, druhým **LUX-METR** a třetím **TRI-e-DR**.

b) Siloměrem měříme *sílu* v *newtonech* a luxmetrem *osvětlení* (někdy se používá termín *osvětlenost*) v *luxech*; $1\,\mathrm{lx} = 1\,\mathrm{lm{\cdot}m^{-2}} = 1\,\mathrm{cd{\cdot}m^{-2}}$ (správný rozměr uvedl pouze *Daniel Davídek*).

Úloha 2 (osmisměrka) U jednotek ještě zůstaňme.

a) V osmisměrce na obr. 1 najděte vypsané názvy jednotek. Některá písmena mohou patřit i více slovům zároveň! ☞ **4 body**

b) U každé z těchto jednotek napište, ke které fyzikální veličině patří nebo patřila a jaký je vztah mezi touto a základní jednotkou mezinárodní soustavy SI pro tuto veličinu (např. palec je jednotkou délky a odpovídá asi 0,0254 m). Můžete při tom využít tabulky nebo internetové stránky `http://www.jednotky.cz/`. ☞ **5 bodů**

Řešení:

a) Řešení osmisměrky je na obr. 2, jednotka erg se vyskytovala dvakrát, čehož jsme si sami ani nevšimli.

b) Jednotky a jejich převody shrnuje následující tabulka:

jednotka	**veličina**	**převodní vztah**
angström	délka	$1\,\text{Å} = 10^{-10}\,\mathrm{m}$
curie	aktivita radionuklidů	$1\,\mathrm{Ci} = 3{,}7{\cdot}10^{10}\,\mathrm{Bq}$
den	čas	$1\,\mathrm{d} = 86\,400\,\mathrm{s}$
dioptrie	optická mohutnost	$1\,\mathrm{D} = 1\,\mathrm{m^{-1}}$
dyn	síla	$1\,\mathrm{dyn} = 10^{-5}\,\mathrm{N}$
elektronvolt	energie	$1\,\mathrm{eV} \approx 1{,}602{\cdot}10^{-19}\,\mathrm{J}$
erg	energie	$1\,\mathrm{erg} = 10^{-7}\,\mathrm{J}$
gallon (britský)	objem	$1\,\mathrm{gal} \approx 4{,}546\,\mathrm{m^3}$
gauss	magnetická indukce	$1\,\mathrm{G} = 10^{-4}\,\mathrm{T}$
hektar	plocha	$1\,\mathrm{ha} = 10^4\,\mathrm{m^2}$
kilopond	síla	$1\,\mathrm{kp} \approx 9{,}807\,\mathrm{N}$
kůň	výkon	$1\,\mathrm{ks} = 735{,}499\,\mathrm{W}$ $1\,\mathrm{hp} = 745{,}7\,\mathrm{W}$
maxwell	mag. indukční tok	$1\,\mathrm{M} = 10^{-8}\,\mathrm{Wb}$
megaparsec	délka	$1\,\mathrm{Mpc} \approx 3{,}086{\cdot}10^{22}\,\mathrm{m}$
metrický karát	hmotnost	$1\,\mathrm{c} = 2{\cdot}10^{-4}\,\mathrm{kg}$
rentgen	ozáření	$1\,\mathrm{R} = 2{,}58{\cdot}10^{-4}\,\mathrm{C{\cdot}kg^{-1}}$
versta	délka	$1\,\text{versta} = 1\,066{,}8\,\mathrm{m}$

Úloha 3

a) Na obr. 3 najdete jednotlivé části obrazu jednoho francouzského fyzika a chemika, profesora pařížské Sorbonny, jednoho z nejvýznamnějších vědců první poloviny 19. století. Složte je do původního tvaru jako „puzzle“. Pokud budete chtít, stáhněte si ze stránek L@byrintu pomocný soubor `puzzle_s1.doc`, v němž můžete jednotlivé díly poskládat elektronicky tažením myši. ☞ **2 body**

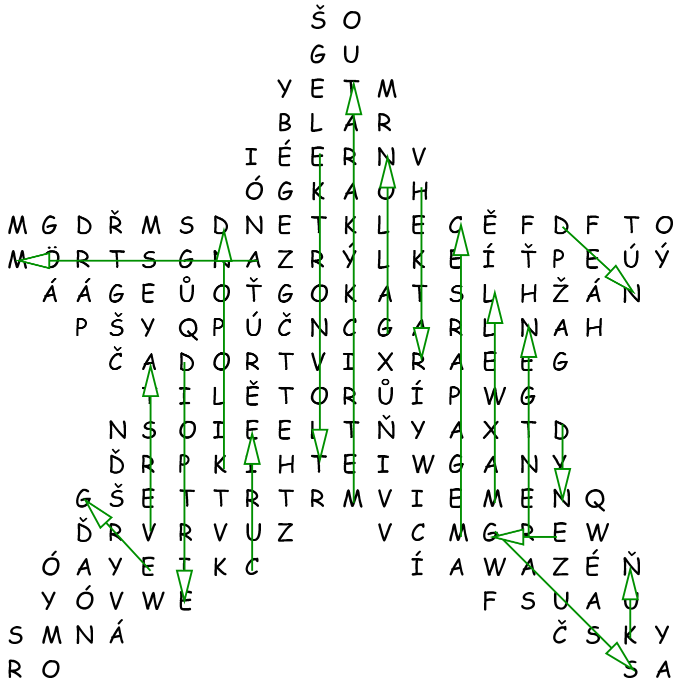
b) Víte o jakého velkého muže se jedná? Napovíme Vám, že se narodil 6. 12. 1778 ve vesnici Saint-Léonard-de-Noblat, takže si letos připomeneme 230. výročí jeho narození. Ve fyzice je jeho jméno spojeno se studiem chování plynů při konstantním tlaku (1802), jako chemik se podílel na objevu dvou prvků – bóru (1808 spolu s Humphry Davyem a L. J. Thénardem) a jódu (1811). Roku 1804 s Jean-Baptiste Biotem při prvních pokusech s cílem zkoumat atmosféru Země v horkovzdušném balónu vystoupali do výšky 6,4 km. Napište nám jeho celé jméno! ☞ **1. ročník 4 body, 2. ročník 3 body, 3. a 4. ročník 2 body**

Řešení:

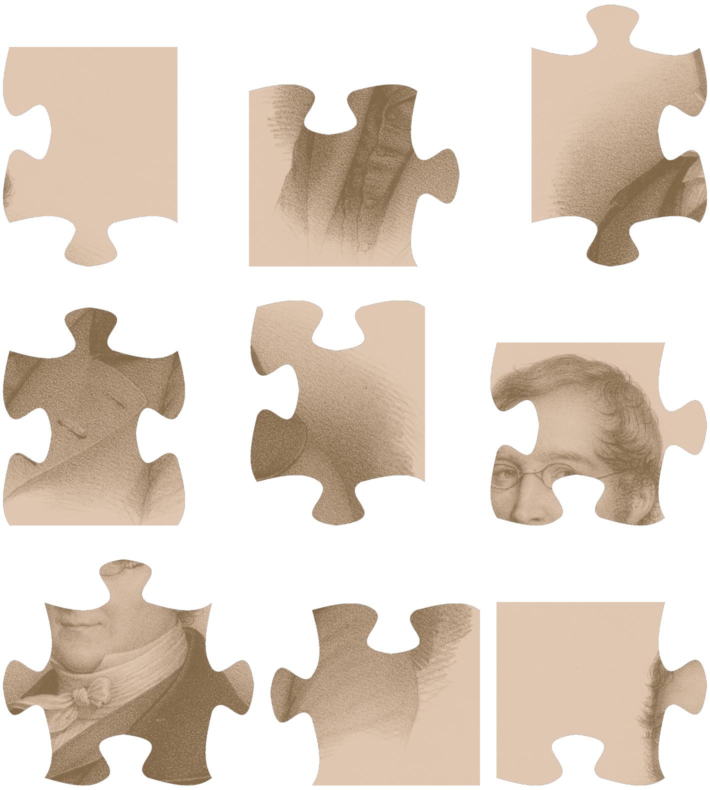
a) Složené puzzle je znázorněno na obr. 4.

ANGSTRÖM, CURIE, DEN, DIOPTRIE, DYN, ELEKTRONVOLT, ERG, GALLON, GAUSS, HEKTAR, KILOPOND, KŮŇ, MAXWELL, MEGAPARSEC, METRICKÝ KARÁT, RENTGEN, VERSTA

Obr. 1: K úloze 2



Obr. 2: K řešení úlohy 2



Obr. 3: K úloze 3

Obr. 4: K řešení úlohy 3

b) Slavným fyzikem byl pochopitelně *Joseph Louis Gay-Lussac* (uvádí se někdy také Louis Joseph Gay-Lussac; 6. 12. 1778 – 9. 5. 1850).

Úloha 4 V *Matematických, fyzikálních a chemických tabulkách pro střední školy* (viz např. Mikulčák J. a kol., Prometheus, Praha 2003) najdeme spoustu zajímavých a užitečných informací. Podívejme se podrobněji na jednu ze základních meteorologických veličin, na atmosférický tlak.

a) Jak jistě víte, tlak vzduchu závisí na nadmořské výšce a ve zprávách o počasí se udává atmosférický tlak přepočtený na hladinu moře. K přepočítávání se používá tzv. barometrické rovnice

$$p_0 = pe^k, \qquad \text{kde} \qquad k = \frac{M_m gh}{RT}.$$

V této rovnici p_0 je tlak u hladiny moře, p tlak v místě s nadmořskou výškou h, $g = 9{,}807\,\mathrm{m/s^2}$ tíhové zrychlení, $M_m = 0{,}029\,\mathrm{kg/mol}$ molární hmotnost vzduchu, $R = 8{,}314\,\mathrm{J{\cdot}kg^{-1}{\cdot}K^{-1}}$ univerzální plynová konstanta a T termodynamická teplota. Předpokládáme přitom pro jednoduchost, že teplota vzduchu se s výškou nemění. V sobotu 18. 10. 2008 ve 22 h večer naměřili ve stanici Holešov s nadmořskou výškou 224 m.n.m. při teplotě 6,6°C tlak 994,7 hPa. Jaká je odpovídající hodnota tlaku vzduchu přepočítaná na hladinu moře? Výsledek si můžete orientačně zkontrolovat právě v tabulkách, kde je naše rovnice zapsána i v trochu jiném tvaru.

☞ **1. ročník 4 body, 2. ročník 3 body, 3. a 4. ročník 2 body**

b) Představme si, že bychom v tuto dobu nastoupili v Holešově do balonu a vystoupili do nadmořské výšky odpovídající Pradědu a Mount Everestu. Jaký atmosférický tlak bychom v těchto výškách naměřili?

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

c) Do jaké výšky nad Holešovem by musel balon vyletět, aby náš barometr ukazoval poloviční tlak než na zemi?

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

Pozn: Pokud jste se ještě v matematice neseznámili s exponenciální funkcí, můžete si v případě Holešova i Pradědu s dostatečnou přesností pomoci přibližným vztahem, který platí pro malé k ($|k| \ll 1$):

$$e^k \approx 1 + k + \frac{k^2}{2}.$$

Řešení:

a) Předně poznamenejme, že vztah ve zmíněných tabulkách odpovídá prvním dvěma členům našeho (obecně tzv. Taylorova, zde tzv. Maclaurinova) rozvoje

$$e^k \approx 1 + k;$$

kdo už umí počítat s logaritmy může porovnat přesnost takového přiblížení. V našem případě $h = 224\,\mathrm{m}$, $p = 994{,}7\,\mathrm{hPa}$, $T = 6{,}6 + 273{,}15 = 279{,}75\,\mathrm{K}$ a tudíž $k \approx 0{,}027391$. Po dosazení do vzorce v zadání pak vychází

$$p_0 = \begin{cases} pe^k \approx 1\,022{,}3\,\mathrm{hPa} \\ p\,(1+k) \approx 1\,021{,}9\,\mathrm{hPa} \\ p\left(1 + k + k^2/2\right) \approx 1\,022{,}3\,\mathrm{hPa}. \end{cases}$$

b) Označme výšku hor h_1; pro Praděd $h_1 = 1\,492\,\mathrm{m}$, pro Mount Everest $h_1' = 8\,848\,\mathrm{m}$, odpovídající tlak v těchto výškách p_1, resp. p_1'. Podle zadání pro tlak na přepočtený na hladinu moře p_0 musí platit

$$p_0 = pe^k = p_1 e^{k_1} = p_1' e^{k_1'}, \quad k = \frac{M_m gh}{RT}, \quad k_1 = \frac{M_m gh_1}{RT}, \quad k_1' = \frac{M_m gh_1'}{RT}.$$

Odtud vyjádříme tlak p_1

$$p_1 = pe^{-(k_1-k)} = \frac{p}{e^{(k_1-k)}}, \quad \text{resp.} \quad p_1' = pe^{-\left(k_1'-k\right)} = \frac{p}{e^{\left(k_1'-k\right)}},$$

kde $k_1 - k = 0{,}15505$ a $k_1' - k = 1{,}0545$ .Dostáváme

$$p_1 = \begin{cases} p/e^{(k_1-k)} \approx 851{,}8\,\mathrm{hPa} \\ p/\left(1 + k_1 - k\right) \approx 861{,}17\,\mathrm{hPa} \\ p/\left[1 + (k_1-k) + (k_1-k)^2/2\right] \approx 852{,}3\,\mathrm{hPa}. \end{cases}$$

pro Praděd a

$$p_1' = \begin{cases} p/e^{\left(k_1'-k\right)} \approx 346{,}5\,\mathrm{hPa} \\ p/\left(1 + k_1' - k\right) \approx 484{,}15\,\mathrm{hPa} \\ p/\left[1 + (k_1'-k) + (k_1'-k)^2/2\right] \approx 381{,}0\,\mathrm{hPa}. \end{cases}$$

Vidíme, že pro velkou hodnotu k je náš přibližný výpočet velmi nepřesný.

c) Označme hledanou výšku h_2, v níž má platit $p_2 = p/2$, potom

$$p_0 = pe^k = p_2 e^{k_2} e = \frac{p}{2} e^{k_2}, \quad k = \frac{M_m g h}{RT}, \quad k_2 = \frac{M_m g h_2}{RT}$$

neboli

$$2e^{M_m gh/(RT)} = e^{M_m g h_2/(RT)}, \qquad \ln 2 = \frac{M_m g\,(h_2 - h)}{RT}.$$

Odtud

$$h_2 = h + \frac{RT}{M_m g} \ln 2 \approx 5893\,\mathrm{m}.$$

Pokud si ještě nejste jistí v počítání s logaritmy, ale zato se nebojíte kvadratické rovnice jako *Anna Chejnovská*, dostanete

$$2 = 1 + k_2 + \frac{(k_2)^2}{2}, \quad k_2 \approx 0{,}732 = \frac{M_m h\,(h_2 - h)}{RT}, \quad h_2 = h + \frac{RT}{M_m g} k_2 \approx 6200\,\mathrm{m};$$

záporné řešení kvadratické rovnice nemá fyzikální smysl. Je zřejmé, že pro tuto výšku řádově srovnatelnou s nadmořskou výškou Mount Everestu už s naším přibližným vzorcem nevystačíme. Při našich výpočtech jsem zanedbávali pokles teploty vzduchu s nadmořskou výškou (asi 6,5 K/km), což lze do výšky několika kilometrů považovat za jakž takž uspokojivé.

Úloha 5 Možná si vzpomenete, že loni připadl úplněk Měsíce na Štědrý den. Na Boží Hod vánoční se u stréčka Létala v Čertoryjích vždy sejde několik známých, aby si v teple u kamen popovídali. Tehdy se na kus řeči zastavil i porybný Bělica. Všichni přítomní si všimli jeho odřené tváře.
„To ste to včera zase přehnal s tó vodkó, že strécu!“
„Ale kuš,“ bránil se Bělica. „Šel jsem z půlnoční k našemu rebníko a za vesnicí bela óplná tma, jen ten měsíček troche svétil, ale jen tak nizóčko nad řekó, zrovénka do očisek. To se pak jednomu špatně kóká! Tož jsem si nevšim' teho klacka přes cestó a tak sem sa natáh jak široké tak dlóhé. Halt přes zimó je málo světla ve dne i v noce…“
„No, přes klacek jste se asi natáh, ale jináč se mi to Vaše povídání moc nepozdává,“ namítl strééček Létal. Co se mu asi na vyprávění Bělici nelíbilo? Svou odpověď zdůvodněte! ☞ **1. ročník 5 bodů, 2. ročník 4 body, 3. a 4. ročník 3 body**

Řešení:

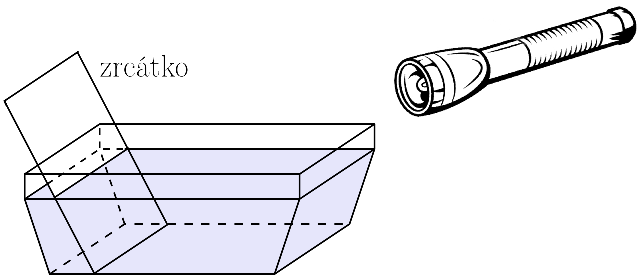
Jak jste si vesměs správně všimli, tvrzení nemůže být pravdivé z astronomického hlediska. Při úplňku je měsíc nejvýše na obloze okolo půlnoci, nemůže proto uprostřed v noci (zhruba okolo jedné, kdy se měl Bělica vracet z půlnoční) vycházet ani zapadat. Zbývá ještě určit, jaké výšce nad obzorem je měsíc při úplňku v zimním období. Rovina, v níž obíhá Měsíc okolo Země svírá s rovinou oběhu Země okolo Slunce asi 5°, Měsíc tak na obloze spatříme vždy v blízkosti ekliptiky, průmětu zdánlivého pohybu Slunce na oblohu. Je samozřejmě pravda, že v zimě je přes den Slunce nad obzorem nejníže z celého roku a v noci je naopak nejhlouběji pod obzorem. Protože při úplňku je Měsíc na opačné straně než Slunce, je naopak v zimě při úplňku výš nad obzorem než v zimě, nemohl být „jen tak nizóčko nad řekó“, jak tvrdil Bělica. Komu se to zdá podezřelé, může si porovnat dva letošní úplňky 11. ledna a 7. července. V lednu Měsíc vyšel v 16:52 a zapadl v 8:21, v červenci jsou odpovídající časy 20:29 a 3:42. Je zřejmé, že delší době nad obzorem odpovídá i větší výška, do které Měsíc vystoupí (viz např. `http://www.observatory.cz/info/index.php?page=Oblohadnes/mesic.html`).
Někteří poukázali na skutečnost, že v zimě (pro severní polokouli) je soustava Země-Měsíc Slunci blíže než v létě a Měsíc proto odráží více světla a svítí jasněji. V principu je to jistě pravda, ale z hlediska lidského oka je tento rozdíl zanedbatelný.

Úloha 6 (experimentální) Pohrajme si trochu s barvičkami! Potřebovat k tomu budeme mělkou misku naplněnou vodou, zrcátko (stačí i malé přenosné, jaké mívají dámy ve svých kabelkách), kapesní svítilnu a bílou stěnu (nebo bílý papír) jako stínítko.
Misku naplníme přes polovinu vodou a zrcátko opřeme o boční stěnu tak, aby byla alespoň 1/3 třetina ponořena (obr. 5). Pokud bude potřeba, můžeme zrcátko ke stěně připevnit např. plastelínou, aby se nepohybovalo. Poté zatemníme (nebo si počkáme na večer) a kapesní svítilnou posvítíme na ponořenou část zrcadla a na stěně nad baterkou (nebo bílém papíře) uvidíme světlo různých barev – duhu.
Vysvětlete, jak taková duha vzniká a pokuste se vysvětlení doplnit náčrtkem, jak naší experimentální soustavou prochází červené a modré světlo. Fotografie dokumentující Vaše měření jsou vítány! ☞ **6 bodů**

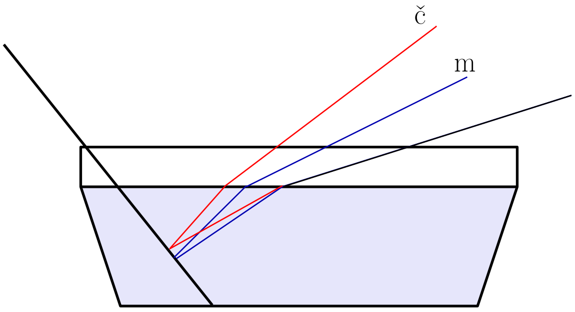
Řešení:

Princip rozkladu bílého (nebo přesněji mírně nažloutlého) světla baterky je skutečně podobný jako u duhy či hranolu, tj. *disperze*, závislost rychlosti šíření světla (a tím indexu lomu) v látkovém prostředí na vlnové délce (tím i na frekvenci, barvě) světla. U většiny látek (včetně vody použité v experimentu) pozorujeme pokles indexu lomu s vlnovou délkou, platí proto, že index lomu červeného světla je menší než u modrého $n_{\check{c}} < n_{\mathrm{m}}$; při přechodu z jednoho prostředí do druhého se tak modré paprsky budou od původního směru odchylovat více než červené. Chod paprsků je znázorněn na obr. 6. Krásné ukázky nám zaslali *Daniel Davídek* a *Michal Zanáška* (viz obr. 7-8).

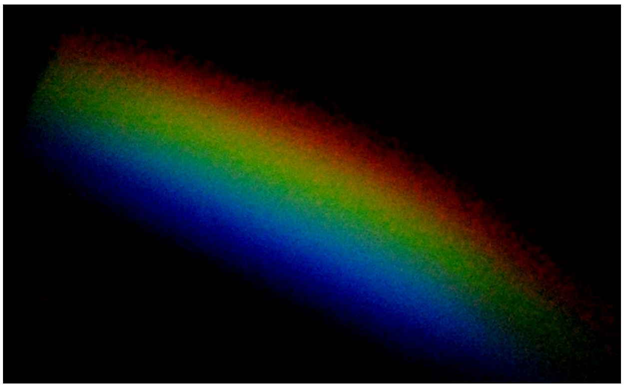
Ročník u bodového hodnocení odpovídá 4-letým gymnáziím a SOŠ.



Obr. 5: K úloze 6



Obr. 6: K řešení úlohy 6



Obr. 7: Rozklad světla (© Daniel Davídek)

Obr. 8: Rozklad světla (© Michal Zanáška)