

FYZIKA

Teoretické úlohy celostátního kola 49. ročníku FO



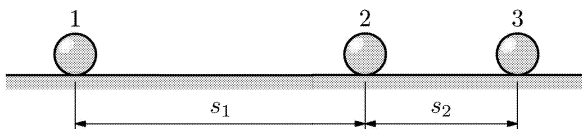
Ve dnech 26. až 29. února 2008 se v Karlových Varech uskutečnilo celostátní kolo 49. ročníku fyzikální olympiády (viz zprávu v MFI 17 (2008), č. 10, s. 634). V příspěvku uvádíme zadání i řešení teoretických úloh, jejichž autory jsou PaedDr. Přemysl Šedivý (úloha 1), Mgr. Lukáš Richterek, PhD. (úloha 2), prof. RNDr. Ivo Volf, CSc. (úloha 3) a prof. Ing. Bohumil Vybíral, CSc. (úloha 4).

Ve všech úlohách počítejte s tíhovým zrychlením $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

1. Valení koule po koberci

Homogenní koule o hmotnosti $m = 7,00 \text{ kg}$ a poloměru $r = 6,00 \text{ cm}$ se valila po koberci na vodorovné podlaze. Pohyb byl fotograficky zaregistrován zábleskovým zařízením, jehož záblesky se opakovaly s periodou $\tau = 2,00 \text{ s}$. Tři po sobě následující polohy koule 1, 2, 3 se nacházely ve vzájemných vzdálenostech $s_1 = 2,10 \text{ m}$, $s_2 = 1,10 \text{ m}$ (obr. 1). Předpokládáme, že pohyb koule byl rovnoměrně zpomalený bez klouzání. Odpor vzduchu je zanedbatelný.

- Kde se koule nacházela při dalším záblesku?
- Určete směr, velikost a působíště výslednice $\mathbf{R}$ sil, kterými na kouli při pohybu působily částice koberce.



Obr. 1

Řešení:

1.a) Označme t_1, t_2, t_3 časy záblesků, v_1, v_2, v_3 příslušné rychlosti středu koule, a velikost zrychlení koule, t čas, kdy se koule zastaví a s zbývající dráhu středu koule. Platí

$$v_1 - v_2 = a(t_2 - t_1) = a\tau, \quad v_2 - v_3 = a(t_3 - t_2) = a\tau, \quad (1)$$

$$s_1 = \frac{v_1 + v_2}{2}(t_2 - t_1) = \frac{v_1 + v_2}{2}\tau, \quad s_2 = \frac{v_2 + v_3}{2}(t_3 - t_2) = \frac{v_2 + v_3}{2}\tau. \quad (2)$$

Dosazením z (1) do (2) a úpravou dostaneme

$$2s_1 = 2v_2\tau + a\tau^2, \quad 2s_2 = 2v_2\tau - a\tau^2.$$

Z toho

$$2(s_1 - s_2) = 2a\tau^2 \Rightarrow a = \frac{s_1 - s_2}{\tau^2} = 0,25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}, \quad (3)$$

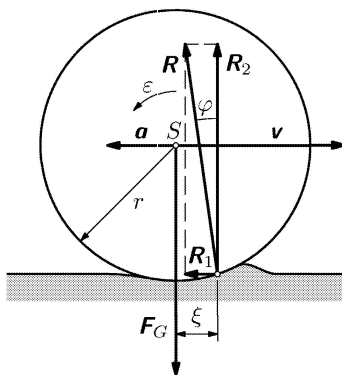
$$4v_2\tau = 2(s_1 + s_2) \Rightarrow v_2 = \frac{s_1 + s_2}{2\tau} = 0,80 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

Dále platí

$$s_2 + s = \frac{v_2^2}{2a} = \frac{(s_1 + s_2)^2}{8(s_1 - s_2)} \Rightarrow s = \frac{(s_1 + s_2)^2}{8(s_1 - s_2)} - s_2 = 0,18 \text{ m},$$

$$t - t_3 = t - t_2 - \tau = \frac{v_2}{a} - \tau = \tau \frac{s_1 + s_2}{2(s_1 - s_2)} - \tau = 1,2 \text{ s} < \tau$$

Při čtvrtém záblesku se koule nacházela v klidu ve vzdálenosti 18 cm od polohy při třetím záblesku. **5 bodů**



Obr. R1

b) Pohyb koule je složen z rovnoměrně zpomaleného posuvného pohybu se zrychlením o velikosti určené vztahem (3) a z rovnoměrně zpomaleného otáčivého pohybu, jehož úhlové zrychlení má velikost $\varepsilon = a/r$. Na kouli působí pouze tíhová síla F_G a reakce koberce R , jejíž vodorovnou složku označíme R_1 a svislou složku R_2 . Její působíště je v důsledku deformace koberce způsobené pohybem koule posunuto ve směru pohybu do vzdálenosti ξ od vektorové přímky tíhové síly (obr. R1). Podle první impulzové věty platí

$$R_1 = ma, \quad R_2 - F_G = 0 \quad \Rightarrow \quad R_2 = F_G = mg. \quad (4)$$

Výsledná reakce koberce má velikost

$$R = \sqrt{R_1^2 + R_2^2} = m\sqrt{a^2 + g^2} = 68,69 \text{ N} \approx F_G$$

a je odchýlena od svislého směru proti směru pohybu koule o úhel

$$\varphi = \arctg(R_1/R_2) = \arctg(a/g) = 1,46^\circ.$$

Podle druhé impulzové věty platí

$$R_2\xi - R_1\sqrt{r^2 - \xi^2} = J\varepsilon = \frac{2}{5}mr^2 \cdot \frac{a}{r}. \quad (5)$$

Dosazením z (4) do (5) a úpravou dojdeme ke kvadratické rovnici:

$$g\xi - \frac{2}{5}ar = a\sqrt{r^2 - \xi^2}, \quad (g^2 + a^2)\xi^2 - \frac{4}{5}gra\xi - \frac{21}{25}a^2r^2 = 0.$$

Úloze vyhovuje kořen

$$\xi = \frac{ra \left(2g + \sqrt{25g^2 + 21a^2} \right)}{5(g^2 + a^2)} = 0,00214 \text{ m} = 2,1 \text{ mm}.$$

5 bodů

Poznámka: Vodorovnou složku R_1 reakce nazýváme *valivý odpor* a vzdálenost ξ je *rameno valivého odporu*. Při jeho výpočtu jsme mohli použít aproximaci $\sqrt{r^2 - \xi^2} \approx r$. Rovnice (5) se zjednoduší na tvar

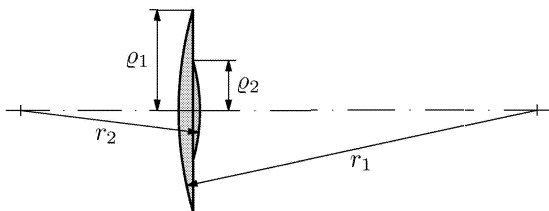
$$R_2\xi - R_1r \approx J\varepsilon \quad \Rightarrow \quad mg\xi \approx mar + \frac{2}{5}mr^2 \cdot \frac{a}{r},$$

Z toho $\xi \approx \frac{7a}{5g}r = 0,00214 \text{ m} \doteq 2,1 \text{ mm}$.

2. Dvojčočka

Dvě ploskovypuklé čočky položené rovnými plochami na sebe tvoří centrovanou optickou soustavu (obr. 2). Kulové plochy čoček mají poloměry $r_1 = 50 \text{ mm}$ a $r_2 = 25 \text{ mm}$, obvodové kružnice mají poloměry $\varrho_1 = 14 \text{ mm}$ a $\varrho_2 = 7 \text{ mm}$. Index lomu skla je $n = 1,55$. Na optickou osu soustavy umístíme do vzdálenosti $a = 200 \text{ mm}$ před první čočkou bodový zdroj světla a za druhou čočku umístíme stínítko kolmé k optické ose. Jaká musí být vzdálenost x stínítka od rovinných ploch obou čoček, aby poloměr ϱ osvětlené plochy stínítka byl co nejmenší? Určete tento nejmenší poloměr.

Řešte jako úlohu o tenkých čočkách.



Obr. 2

Řešení:

2. Jednotlivé čočky mají optické mohutnosti

$$\varphi_1 = (n - 1) \frac{1}{r_1} = 11 \text{ D}, \quad \varphi_2 = (n - 1) \frac{1}{r_2} = 22 \text{ D}$$

a ohniskové vzdálenosti $f_1 = \frac{r_1}{n-1} = \frac{1}{11} \text{ m}$, $f_2 = \frac{r_2}{n-1} = \frac{1}{22} \text{ m}$.

Výsledná optická mohutnost a ohnisková vzdálenost spojených čoček je

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 = 33 \text{ D}, \quad f = \frac{1}{\varphi} = \frac{1}{33} \text{ m}.$$

Paprsky, které procházejí ve větší vzdálenosti od optické osy (okrajem optické soustavy), se budou lámat pouze na větší ploskovypuklé čočce a vytvoří obraz ve vzdálenosti

$$a'_1 = \frac{af_1}{a - f_1} = \frac{1}{6} \text{ m}.$$

Střední část optické soustavy vytvoří obraz ve vzdálenosti

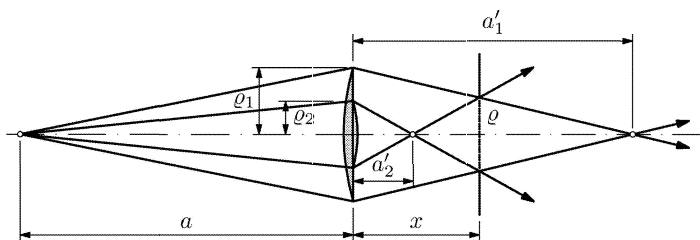
$$a'_2 = \frac{af}{a-f} = \frac{1}{28} \text{ m}.$$

3 body

Z obrázku R2 (ve kterém nejsou dodrženy proporce) je zřejmé, že krajní paprsky, které se lámou jen na větší čočce, a krajní paprsky, které se lámou na obou čočkách, vytvoří rotační kuželové plochy. Nejmenší osvětlená plocha je ohraničena kružnicí, která je průnikem těchto kuželových ploch. Její vzdálenost x od spojených čoček a poloměr ϱ určíme z podobnosti trojúhelníků. Platí

$$\frac{\varrho}{\varrho_1} = \frac{a'_1 - x}{a'_1}, \quad \frac{\varrho}{\varrho_2} = \frac{x - a'_2}{a'_2}.$$

4 body



Obr. R2

Z toho

$$\varrho = \frac{(a'_1 - x)\varrho_1}{a'_1} = \frac{(x - a'_2)\varrho_2}{a'_2} \Rightarrow (a'_1 - x)\varrho_1 a'_2 = (x - a'_2)\varrho_2 a'_1,$$

$$x = \frac{a'_1 a'_2 (\varrho_1 + \varrho_2)}{\varrho_1 a'_2 + \varrho_2 a'_1} = 0,075 \text{ m},$$

$$x = a'_1 - \frac{\varrho a'_1}{\varrho_1} = \frac{\varrho a'_2}{\varrho_2} + a'_2 \Rightarrow \varrho = \frac{a'_1 - a'_2}{\frac{a'_1}{\varrho_1} + \frac{a'_2}{\varrho_2}} = 0,0077 \text{ m}.$$

3 body

3. Sluneční fotonové záření

Sluneční záření, které dopadá kolmo na 1 m^2 rovinné plochy ve volném prostoru ve vzdálenosti 1 AU od středu Slunce, má výkon 1365 W. Slunce můžeme považovat ze dokonale černé těleso, které pohlcuje veškeré elektromagnetické záření, které na ně dopadá, a vydává pouze záření vlastní. Podle *Stefanova-Boltzmannova zákona* je intenziva vyzařování (tj. energie záření vystupujícího za 1 s z plochy 1 m^2 povrchu tělesa) takového tělesa, jehož povrchová teplota je T ,

$$H = \sigma T^4, \quad \text{kde } \sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}.$$

Průměr sluneční fotosféry vidí pozorovatel na povrchu Země pod úhlem $32'$, poloměr Země je 6371 km, 1 AU = $149,6 \cdot 10^6$ km.

- Stanovte celkový zářivý výkon L Slunce.
- Určete teplotu T_s sluneční fotosféry.
- Určete energetický příjem slunečního záření dopadajícího na Zemi za jeden den a za jeden rok (365,25 dne).
- V současné době se hovoří o projektu, kdy by na Sahare měla být instalována elektrárna ze solárních článků: předpokládejme, že na povrch Země dopadne po průchodu atmosférou 40 % záření, které se dostalo na hranici atmosféry. Dále budeme uvažovat, že existující solární články mají účinnost 12 %. Jak velký maximální výkon $P_{\max}$ by měly solární články s plošným obsahem 1 km^2 ?
- Na oběžnou dráhu okolo Země vyšleme družici kulového tvaru tak, aby byla nepřetržitě ozářena Sluncem. Družice bude mít dobrou tepelnou vodivost a její nátěr bude mít vlastnosti blížící se vlastnostem povrchu dokonale černého tělesa. Určete její teplotu T_z . Záření Země dopadající na družici zanedbejte.
- Určete teplotu T_m stejné družice obíhající okolo Marsu, je-li jeho střední vzdálenost od Slunce 1,52 AU.
- V jakých mezích se mění teplota družic Země a Marsu z úloh e) a f), je-li číselná výstřednost trajektorií obou planet po řadě $\varepsilon_z = 0,017$; $\varepsilon_m = 0,093$?

Řešení:

3.a) Celkový zářivý výkon Slunce je dán vztahem $L = 4\pi a^2 P_1$, kde a je vzdálenost rovinné plochy od Slunce, P_1 je výkon slunečního záření

dopadajícího kolmo na plochu 1 m^2 ve vzdálenosti a . Po dosazení $P_1 = 1,365 \text{ kW}$, $a = 1 \text{ AU}$ dostaneme $L = 3,84 \cdot 10^{26} \text{ W}$.

1 bod

b) Platí

$$L = 4\pi R_s^2 \sigma T_s^4 = \pi D^2 \sigma T_s^4 = 4\pi a^2 P_1,$$

kde R_s je poloměr Slunce, D jeho průměr a T_s teplota fotosféry. Z toho

$$T_s = \sqrt[4]{\frac{4P_1}{\sigma \left(\frac{D}{a}\right)^2}},$$

přičemž $\frac{D}{a} = 32' = 0,0093084 \text{ rad}$. Číselně vychází $T_s = 5770 \text{ K}$.

1 bod

c) Zářivý výkon dopadající na Zemi za 1 sekundu je dán vztahem

$$P = P_1 \cdot S = P_1 \cdot \pi R_z^2.$$

Potom $W_{\text{den}} = P \cdot t_1 = P_1 \cdot \pi R_z^2 \cdot t_1$, kde $t_1 = 86400 \text{ s}$.

Pro dané hodnoty je $W_{\text{den}} = 1,5 \cdot 10^{22} \text{ J}$, $W_{\text{roc}} = 365,25 \cdot W_{\text{den}} = 5,5 \cdot 10^{24} \text{ J}$.

1 bod

d) Maximální výkon solárních článků je

$$P_{\text{max}} = 1365 \cdot 0,4 \cdot 0,12 \cdot 1 \cdot 10^6 \text{ W} = 65,5 \text{ MW}.$$

1 bod

e) Celkový výkon slunečního záření dopadajícího na družici Země je roven celkovému výkonu záření, které družice vyzařuje. Teplota T_z družice se určí ze vztahu

$$\pi R^2 P_1 = \sigma T_z^4 \cdot 4\pi R^2,$$

z čehož

$$T_z = \sqrt[4]{\frac{P_1}{4\sigma}} = 278,5 \text{ K}, \text{ tj. } t_z \approx 5^\circ \text{C}.$$

2 body

f) Pro Mars můžeme psát $\frac{P_{1\text{m}}}{P_1} = \frac{a^2}{a_{\text{m}}^2}$. Analogicky jako v případě Země platí

$$T_{\text{m}} = \sqrt[4]{\frac{P_{1\text{m}}}{4\sigma}} = \sqrt[4]{\left(\frac{a}{a_{\text{m}}}\right)^2 \frac{P_1}{4\sigma}} = \sqrt{\frac{a}{a_{\text{m}}}} T_z.$$

Pro dané hodnoty je $T_{\text{m}} = \sqrt{\frac{1}{1,52}} \cdot 279 \text{ K} = 226 \text{ K}$, tj. $t_{\text{m}} = -47^\circ \text{C}$.

2 body

g) Pro Zemi v periheliu platí $r_p = a(1 - \varepsilon_z)$, $P_{1p} = \frac{P_1}{(1 - \varepsilon_z)^2}$. Analogicky jako v úloze e) můžeme psát $T_{1p} = \sqrt[4]{\frac{P_{1p}}{4\sigma}} = \sqrt{\frac{1}{1 - \varepsilon_z}} T_z = 281 \text{ K}$.

Obdobně v aféliu platí $r_a = a(1 + \varepsilon_z)$, $P_{1a} = \frac{P_1}{(1 + \varepsilon_z)^2}$. Analogicky jako v úloze e) můžeme psát $T_{1a} = \sqrt[4]{\frac{P_{1a}}{4\sigma}} = \sqrt{\frac{1}{1 + \varepsilon_z}} T_z = 276 \text{ K}$.

Teplota povrchu družice Země se mění s ohledem na vzdálenost od Slunce v rozmezí od 3°C do 8°C .

Pro Mars v periheliu platí $r_{pm} = a_m(1 - \varepsilon_m)$, $P_{1pm} = \frac{P_{1m}}{(1 - \varepsilon_m)^2}$. Analogicky jako v případě Země můžeme psát

$$T_{1pm} = \sqrt[4]{\frac{P_{1pm}}{4\sigma}} = \sqrt{\frac{1}{1 - \varepsilon_m}} T_m = 237 \text{ K}.$$

Obdobně v aféliu platí $r_{am} = a_m(1 + \varepsilon_m)$, $P_{1am} = \frac{P_{1m}}{(1 + \varepsilon_m)^2}$. Analogicky jako v případě Země můžeme psát

$$T_{1am} = \sqrt[4]{\frac{P_{1am}}{4\sigma}} = \sqrt{\frac{1}{1 + \varepsilon_m}} T_m = 216 \text{ K}.$$

Teplota družice Marsu se tedy mění v rozmezí od -57°C do -36°C .

2 body

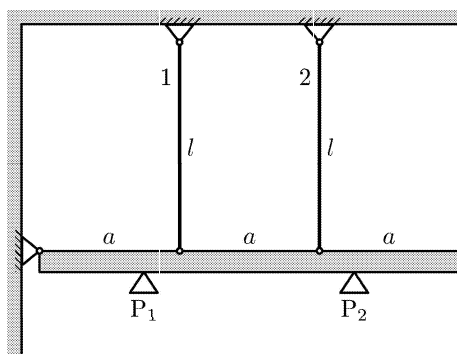
4. Staticky neurčitá soustava

Homogenní nosník stálého průřezu a délky $3a = 120 \text{ cm}$, na který působí tíhová síla $F_G = 2000 \text{ N}$, byl umístěn do vodorovné polohy na dvě podpěry P_1, P_2 . Při teplotě $t_1 = 10^\circ\text{C}$ byl jedním koncem otáčivě připevněn ke stěně a pomocí dvou svislých pružných ocelových prutů 1, 2 délky $l = 0,60 \text{ m}$ uchycených v jedné třetině a ve dvou třetinách délky nosníku zavěšen na strop (obr. 3). Pruty mají kruhový průřez o plošném obsahu $S = 25,0 \text{ mm}^2$ a po jejich připojení k nosníku a stropu bylo jejich napětí nulové. Po ukončení montáže byly podpěry odstraněny.

- a) Za předpokladu, že nosník, stěna a strop jsou dokonale tuhé, určete síly F_1, F_2 a F_0 , kterými na nosník působily pruty a stěna, prodloužení obou prutů $\Delta l_1, \Delta l_2$, napětí σ_1 a σ_2 v prutech a odchylku φ nosníku od vodorovné polohy.

- b) Při provozu zařízení se teplota prutů zvýšila na $t_2 = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$, zatímco teplota stěny a stropu a jejich rozměry se nezměnily. Jak se změnilы hodnoty veličin vypočítaných v úkolu a)?
- c) Při které teplotě t_3 v obou prutech bylo napětí v prutu 1 nulové?

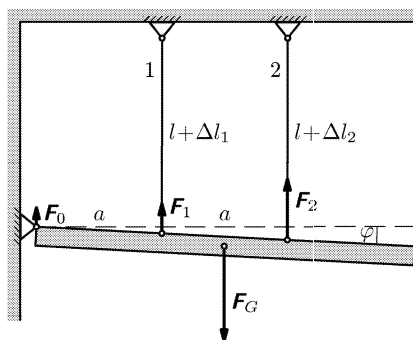
Youngův modul oceli je $E = 2,1 \cdot 10^{11}\text{ Pa}$, teplotní součinitel délkové roztažnosti oceli $\alpha = 1,5 \cdot 10^{-5}\text{ K}^{-1}$.



Obr. 3

Řešení:

4.a) Situace po odstranění podpěr je na obr. R3. Tíhová síla a síly, kterými na nosník působí stěna a pruty, musí splňovat podmínky rovnováhy. Protože odchylky prutů od svislého směru jsou nepatrné, můžeme vektorové přímky všech těchto sil považovat za svislé.



Obr. R3

Z podobnosti trojúhelníků plyne

$$\Delta l_2 = 2\Delta l_1 \quad \Rightarrow \quad F_2 = 2F_1.$$

Podle momentové věty k bodu upevnění na stěně je

$$F_G \cdot 1,5a = F_1 a + F_2 \cdot 2a = 5F_1 a.$$

Z toho dostaneme

$$F_1 = \frac{3}{10} F_G = 600 \text{ N}, \quad F_2 = 1200 \text{ N}, \quad F_0 = F_G - F_1 - F_2 = 200 \text{ N}$$

a napětí v prutech $\sigma_1 = \frac{F_1}{S} = 2,4 \cdot 10^7 \text{ Pa}$, $\sigma_2 = 2\sigma_1 = 4,8 \cdot 10^7 \text{ Pa}$.

Pruty se prodloužily o

$$\Delta l_1 = \frac{F_1 l}{ES} = \frac{0,3 F_G l}{ES} = 6,86 \cdot 10^{-5} \text{ m}, \quad \Delta l_2 = 1,37 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

a nosník se odchýlil od vodorovného směru o úhel

$$\varphi = \frac{\Delta l_1}{a} = 1,71 \cdot 10^{-4} \text{ rad} = 0,0098^\circ = 0,59'.$$

4 body

b) Po zahřátí se prodloužení prutů změní na $\Delta l'_2 = 2\Delta l'_1$. Z toho část o velikosti $\alpha l \Delta t$ připadá na teplotní prodloužení. Elastické síly, kterými pruty působí na nosník, se změní na

$$F'_1 = \frac{ES(\Delta l'_1 - \alpha l \Delta t)}{l}, \quad F'_2 = \frac{ES(2\Delta l'_1 - \alpha l \Delta t)}{l}. \quad (1)$$

Z momentové věty plyne

$$F_G \cdot \frac{3a}{2} = \frac{ES(\Delta l'_1 - \alpha l \Delta t)}{l} \cdot a + \frac{ES(2\Delta l'_1 - \alpha l \Delta t)}{l} \cdot 2a = \frac{ESa(5\Delta l'_1 - 3\alpha l \Delta t)}{l}.$$

Z toho $\Delta l'_1 = \frac{3F_G l}{10ES} + \frac{3}{5}\alpha l \Delta t = 2,036 \cdot 10^{-4} \text{ m}$, $\Delta l'_2 = 4,07 \cdot 10^{-4} \text{ m}$.

Dosazením do (1) dostaneme

$$F'_1 = \frac{3}{10} F_G - \frac{2}{5} ES \alpha \Delta t = -188 \text{ N}, \quad F'_2 = \frac{6}{10} F_G + \frac{1}{5} ES \alpha \Delta t = 1594 \text{ N}, \quad (2)$$

$$F'_0 = F_G - F'_1 - F'_2 = 594 \text{ N}$$

a napětí v prutech $\sigma'_1 = \frac{F'_1}{S} = -7,5 \cdot 10^6 \text{ Pa}$, $\sigma'_2 = \frac{F'_2}{S} = 64 \cdot 10^6 \text{ Pa}$.

Napětí v prutu 1 se změnilo z tahového na tlakové. Vychýlení nosníku se zvětšilo na $\varphi' = \frac{\Delta l'_1}{a} = 5,09 \cdot 10^{-4} \text{ rad} = 0,029^\circ = 1,7'$.

5 bodů

Poznámka: Kritická síla, při které tyč dané délky a kruhového průřezu upevněná na koncích otáčivě ztratí stabilitu ve vzpěru, je

$$F_{\text{kr}} = \frac{\pi^2 E J_z}{l^2} = \frac{\pi^2 E \frac{\pi d^4}{64}}{l^2} = \frac{\pi E S^2}{4l^2} = 286 \text{ N}.$$

c) Teplotu t_3 , při které bylo napětí v prutu 1 nulové, určíme úpravou vztahu (2). Dostaneme

$$\frac{3}{10} F_G = \frac{2}{5} E S \alpha (t_3 - t_1) \quad \Rightarrow \quad t_3 = t_1 + \frac{3 F_G}{4 E S \alpha} = 29^\circ \text{C}.$$

1 bod

Problémové úlohy a experimenty^{*)}

IRENA KOUDELKOVÁ

Matematicko fyzikální fakulta UK, ZŠ a MŠ Červený Vrch, Praha

Úvod

V tomto příspěvku je uvedeno několik problémových úloh a experimentů. Sama je užívám při výuce fyziky podle projektu Heuréka, domnívám se však, že je může ve své práci využít každý učitel, který tento typ úloh do své výuky zařazuje.

V našem projektu jsou problémové úlohy a experimenty nedílnou součástí výuky. Projekt Heuréka je přímo založen na tom, že se žáci aktivně

^{*)} Příspěvek byl přednesen na semináři Projektová výuka fyziky ve ŠVP, Vlachovice 17. – 20. 10. 2007 a publikován ve sborníku z tohoto semináře.

podílejí na svém učení, řeší problémy, dělají experimenty, apod. Celá výuka je vedena heuristickým způsobem, žáci formulují hypotézy, hledají cesty, jak je ověřit, diskutují se spolužáky i s učitelem. Problémové úlohy tedy nejsou jen doplňkem běžného výkladu učitele, ale součástí celého poznávacího procesu.

Uvedu několik úloh a experimentů, které při výuce používám. Mohou být zařazeny v podstatě do libovolné části hodiny, jenom nedoporučuji zařazovat je do písemných prací. Podle mých zkušeností není vhodné zařazovat úlohy tohoto typu do písemek, pokud není samotná výuka vedena problémově – žáci to vnímají jako „nefér“ jednání ze strany učitele, neboť po nich v písemce chce něco, co se v hodinách neučili. (Tuto zkušenost jsem získala u nás ve škole, když si kolega, který učil v podstatě klasicky, půjčil moji písemnou práci a žáci v jeho třídě protestovali.)

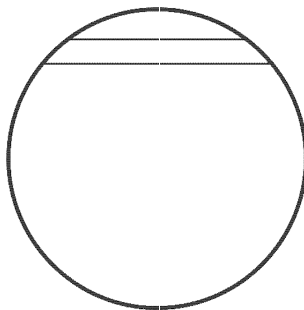
Naopak doporučuji používat podobné úlohy jako „úlohy na jedničku“, přičemž jedničku mají možnost získat všichni žáci, kteří úlohu v daném časovém limitu vyřeší, nikoliv například jen tři nejrychlejší.

Zdrojem problémových úloh mohou být nejen učebnice a sbírky (i staré), ale třeba i beletrie, filmy či písničky. Nejbohatším zdrojem je však samotný svět kolem nás.

Příklady problémových úloh

Úloha 1

Představ si, že je Země provrtaná tunelem pro metro kolmo k poloměru tak, že nejhlubší místo tunelu je 5 km pod povrchem Země. Do tunelu je z povrchu zaveden potok hluboký 0,5 metru. Bylo by možné tunelem projet na kanoi? Proč? (Obr. 1 – obrázek není v měřítku.)



Obr. 1

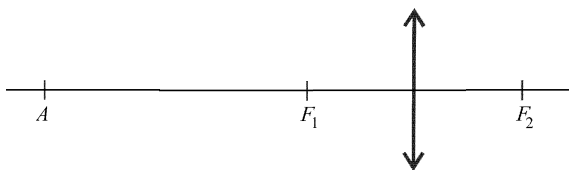
Tato úloha je podle mých zkušeností velmi náročná nejen pro děti, ale často i pro učitele. Pokud Vaši žáci budou při řešení úlohy tápat, můžete jim pomoci těmito návodnými otázkami:

Ukaž rukou směr, kterým by měl začít hrabat krtek (či vrtací stroj), který by tunel vytvářel. Z jakého směru krtek na druhé straně tunelu vyleze? Nakresli k ústí tunelu člověka. Uvědom si, že tunel míří z jeho pohledu šikmo dolů. Představ si, že na kraji tunelu je kapka vody. Nakresli, jaké síly na ni působí. Jaké síly budou působit na kapku vody na druhém konci tunelu? Jak se tedy bude kapka pohybovat? Kde se budou kapky hromadit, když jich do tunelu pustíme víc? Jak vypadá „rovná“ hladina vody na povrchu Země? Jak bude vypadat „rovná“ hladina vody, která se bude uprostřed tunelu hromadit? Při diskuzi se žáky můžete žákům připomenout rozklad sil na nakloněné rovině.

Podobnou úlohu uvádí i *J. I. Perelman* v [1].

Úloha 2

Jak najdeš geometricky obraz bodu A , který leží přesně v optické ose spojky? (Obr. 2 – známe polohu ohnisek; bod neleží mezi ohniskem a čočkou.)



Obr. 2

První řešení, které obvykle žáci uvádějí, je narysovat obraz bodu A v osové souměrnosti s lupou jako osou souměrnosti. V tom případě je třeba žákům připomenout, že při zobrazování pomocí lupy se nikdy žádná osová souměrnost neobjevila (obvykle zde opakuji experiment, při kterém lupou zobrazuji na stěnu obraz okna – je zřejmé, že obraz a vzor osově souměrné nejsou). Zadávám-li tento problém jako úlohu na jedničku, obvykle tak 5 až 10 žáků objeví správné řešení – do bodu A si nakreslí například svíčku, najdou její obraz a tím i obraz bodu A .

Úloha 3

Vyber a zdůvodni správnou odpověď: Jestliže Měsíc „couvá“, je zastíněna Zemí

- a) jeho levá část (z pohledu ze Země),
- b) jeho pravá část,
- c) ani jedna odpověď není správně.

Tato úloha vyžaduje jak pochopení principu fází Měsíce, tak i jistý postřeh. Úspěšný řešitel si musí všimnout slovního spojení „zastíněna Zemí“ v zadání úlohy a nenechat se zmást uvažováním o tom, jak vypadá „couvající“ Měsíc. Při rozboru úlohy může učitel se žáky zopakovat rozdíl mezi fázemi Měsíce a jeho zatměním.

Úloha 4

Sherlock Holmes jednou s doktorem Watsonem řešili případ vraždy v Číně. Ve svém apartmá v hotelu měli koupelnu v národním stylu. Sherlock Holmes se chtěl vykoupat jako druhý, hned po svém příteli, nevěděl však, který kohoutek je na teplou a který na studenou vodu, neboť nebyly nijak označeny. Přesto ale jediným pohledem na ně poznal, který je který. Jak to udělal?

Tato úloha patří mezi ty, které vznikly pozorováním běžné situace v koupelně – oroseného kohoutku. Jen jsem hledala způsob, jak ji naformulovat zajímavě, jako problém, nezeptat se přímočaře – co pozoruješ, když se po koupání díváš na vodovodní kohoutky?

Úloha 5

V detektivce Dicka Francise *Hra na fanty* je tato scéna: Auto havarovalo, vjelo do rybníka a potopilo se. Hlavnímu hrdinovi, který seděl na zadním sedadle, se podařilo rozbít zadní okénko. Přestože byla noc a nebylo nic vidět, poznal, že nejsou hluboko pod hladinou. Jak to mohl poznat, když byl uvnitř auta?

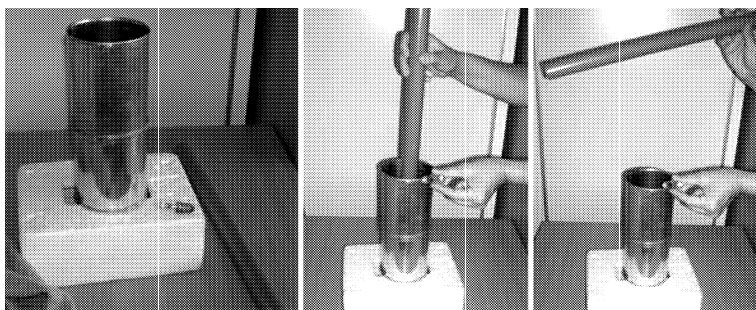
Tuto úlohu jsem vytvořila po přečtení výše uvedené knížky. Místo řešení zde budu citovat příslušný odstavec [2]: „Vytrhl jsem mu obušek a uhodil vší silou směrem, kde jsem tušil zadní sklo. Střelil jsem se jen do čalounění. Rychle jsem začal znovu šmátrat rukou, až jsem přímo nad hlavou nahnatal sklo. Vší silou jsem do něho praštil. Sklo prasklo. Bylo to pevné, laminované sklo. Proklínal jsem firmu Rolls Royce za její kvalitní výrobky. Znovu jsem uhodil do skla. Nemohl jsem se pořádně rozmáchnout. Ještě

jednou. Konečně se vysypala díra. Z díry začala téct voda, ale netekla prudce. Okno tedy bylo pod hladinou, ale ne hluboko ...“

Příklady problémových experimentů

1. Perpetuum mobile s plechovkami

Postavte plechovku (raději vyšší) na polystyrén (obr. 3). Vložte nabitou tyč do plechovky a ke kraji plechovky přiložte doutnavku. Doutnavka blikne. Doutnavku dejte pryč a pak oddalte i tyč. Po opětovém přiložení doutnavky k plechovce uvidíte druhé bliknutí. Celý děj můžete mnohokrát opakovat. Pozorujete, že doutnavka bliká, aniž by se nabitá tyč plechovky dotkla.



Obr. 3

Tento pokus je poměrně překvapivý. Při jeho řešení žáci musí prokázat porozumění principu elektrostatické indukce. Po vyřešení problému můžete se žáky mluvit i o tom, zda může nebo nemůže existovat perpetuum mobile.

2. Nabíjení plechovky vodou

Postavte plechovku na polystyrén. Na kraj plechovky pověste lístek alobalu – ten funguje jako lístek elektroskopu. (Vyzkoušejte, zda se plechovka dá nabít otřením nabitě tyče, tedy zda se lístek alobalu zvedá). Plechovku vybijte. Připravte si druhou plechovku s trochou vody. Nabijte tyč a z druhé plechovky lijte do stojící plechovky pomalu tenký pramínek vody (tak, aby se voda se během padání rozpadala na kapičky). Nabitou tyč přiblížte k padající vodě. Pozorujete zvedání lístku alobalu. Pomocí tyče zjistíte, že plechovka se nabíla nábojem opačným, než je na tyči.



Obr. 4

Experiment je pro žáky zajímavý a překvapivý – zvláště proto, že se často v souvislosti s elektrostatikou mluví o tom, že pokusy nefungují, neboť je vzduch vlhký.

Na Veletrhu nápadů učitelů fyziky 6 v Olomouci v roce 2001 předvedl prof. Emanuel Svoboda malou vodní influenční elektrárnu, která vychází ze stejného principu. Popis experimentu i s podrobným vysvětlením lze najít v souhrnném sborníku na CD [3] nebo na webu [4].

Závěr

Věřím, že uvedené náměty Vám budou inspirací pro Vaši vlastní problémovou výuku. Budete-li mít jakékoliv komentáře k úlohám či experimentům, budu ráda, když mne budete kontaktovat mailem. Pokud byste se chtěli seznámit s dalšími úlohami z projektu Heuréka, či s ukázkami metodiky projektu, můžete se podívat na naše webové stránky [5]. Pokud by Vás projekt zaujal a chtěli jste se také zapojit, ozvěte se, rádi Vás mezi sebe přivítáme.

Literatura

- [1] *Perelman, J. I.*: Zajímavá fyzika, Mladá fronta, Praha 1962.
- [2] *Francis, D.*: Hra na fanty, Olympia, Praha 1984, s. 182, ISBN 27-034-84.
- [3] Veletrh nápadů pro fyzikální vzdělávání. Pro učitele fyziky a nejen pro ně. (Souhrnný elektronický sborník na CD.) Ed.: Dvořák L., Broklová Z. Prometheus, Praha 2005.
- [4] http://kdf.mff.cuni.cz/veletrh/sbornik/Veletrh_06/06_19_SvobodaE.html (cit. 24. 10. 2007)
- [5] <http://kdf.mff.cuni.cz/heureka/> (cit. 24. 10. 2007)