Ústřední komise fyzikální olympiády České republiky

Teoretické úlohy celostátního kola 49. ročníku FO

Karlovy Vary 2008

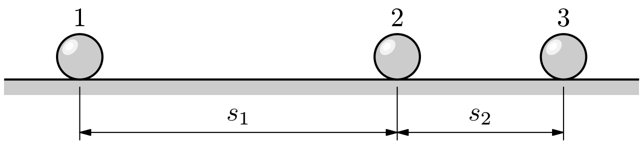
Ve všech úlohách počítejte s tíhovým zrychlením $g = 9{,}81\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$.

1. Valení koule po koberci

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

a) Kde se koule nacházela při dalším záblesku?

b) Určete směr, velikost a působiště výslednice $\boldsymbol{R}$ sil, kterými na kouli při pohybu působily částice koberce.

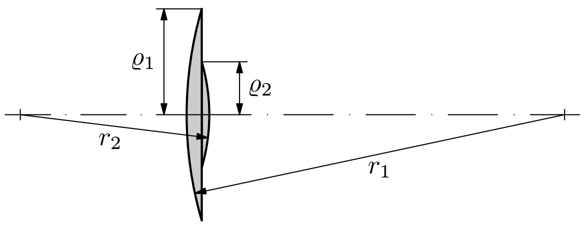


Obr. 1

2. Dvojčočka

Dvě ploskovypuklé čočky položené rovnými plochami na sebe tvoří centrovanou optickou soustavu (obr. 2). Kulové plochy čoček mají poloměry $r_1 = 50$ mm a $r_2 = 25$ mm, obvodové kružnice mají poloměry $\varrho_1 = 14$ mm a $\varrho_2 = 7$ mm. Index lomu skla je $n = 1{,}55$. Na optickou osu soustavy umístíme do vzdálenosti $a = 200$ 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

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 1 365 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) takovéhoto tělesa, jehož povrchová teplota je T,

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

Průměr sluneční fotosféry vidí pozorovatel na povrchu Země pod úhlem 32', poloměr Země je 6 371 km, 1 AU = $149{,}6 \cdot 10^6$ km.

a) Stanovte celkový zářivý výkon L Slunce.

b) Určete teplotu T_s sluneční fotosféry.

c) Určete energetický příjem slunečního záření dopadajícího na Zemi za jeden den a za jeden rok (365,25 dne).

d) V současné době se hovoří o projektu, kdy by na Sahaře 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?

e) 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.

f) Určete teplotu T_m stejné družice obíhající okolo Marsu, je-li jeho střední vzdálenost od Slunce 1,52 AU.

g) V jakých mezích se mění teplota družic Země a Marsu z úloh e) a f), je-li číselná výstřednost trajektorií obou planet po řadě $\varepsilon_\mathrm{z} = 0{,}017$; $\varepsilon_\mathrm{m} = 0{,}093$?

4. Staticky neurčitá soustava

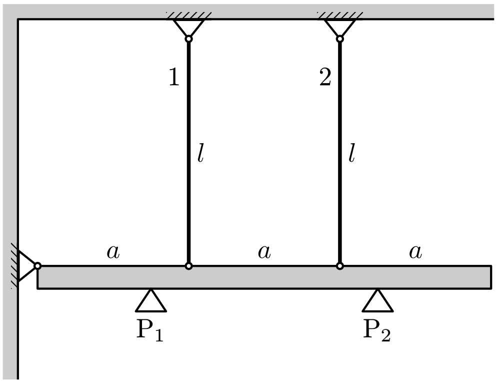
Homogenní nosník stálého průřezu a délky $3a = 120$ cm, na který působí tíhová síla $F_G = 2\,000$ N, byl umístěn do vodorovné polohy na dvě podpěry P_1, P_2. Při teplotě $t_1 = 10$ °C byl jedním koncem otáčivě připevněn ke stěně a pomocí dvou svislých pružných ocelových prutů 1, 2 délky $l = 0{,}60$ m uchycených v jedné třetině a ve dvou třetinách délky nosníku zavěšen na strop (obr. 3). Pruty mají kruhový průřez o plošném obsahu $S = 25{,}0$ 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 $\boldsymbol{F}_1$, $\boldsymbol{F}_2$ a $\boldsymbol{F}_0$, kterými na nosník působily pruty a stěna, prodloužení obou prutů Δl_1, Δl_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 $t_2 = 35$ °C, zatímco teplota stěny a stropu a jejich rozměry se nezměnily. Jak se změnily 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 $E = 2{,}1 \cdot 10^{11}$ Pa, teplotní součinitel délkové roztažnosti oceli $\alpha = 1{,}5 \cdot 10^{-5}$ K^{-1}.



Obr. 3