



Ústřední komise fyzikální olympiády České republiky

Teoretické úlohy celostátního kola 49. ročníku FO

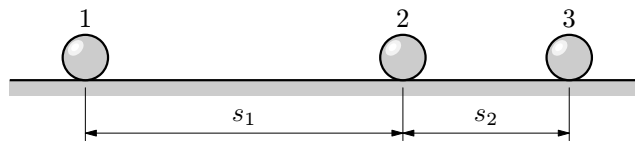
Karlovy Vary 2008

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

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 působiště výslednice \mathbf{R} sil, kterými na kouli při pohybu působily částice koberce.

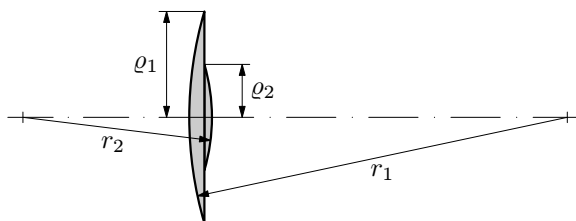


Obr. 1

2. Dvočočka

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 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, $1 \text{ AU} = 149,6 \cdot 10^6 \text{ km}$.

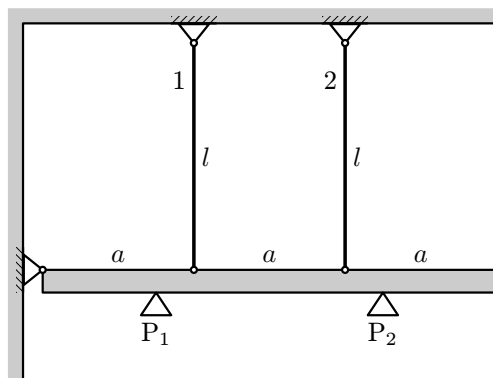
- Stanovte celkový zářivý výkon L Slunce.
- Určete teplotu T_s sluneční fotosféry.
- Určete energetický příjem slunečního záření dopadajícího na Zemi za jeden den a za jeden rok (365,25 dne).
- V současné době se hovoří o projektu, kdy by na Sahaře měla být instalována elektrárna ze solárních článků: 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 ?
- 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 blízké 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 $\varepsilon_z = 0,017$; $\varepsilon_m = 0,093$?

4. Staticky neurčitá soustava

Homogenní nosník stálého průřezu a délky $3a = 120$ cm, na který působí tíhová síla $F_G = 2000$ 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 $S = 25,0$ mm² a po jejich připojení k nosníku a stropu bylo jejich napětí nulové. Po ukončení montáže byly podpěry odstraněny.

- 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.
- 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)?
- 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