

64. ročník Fyzikálnej olympiády

v školskom roku 2022/2023

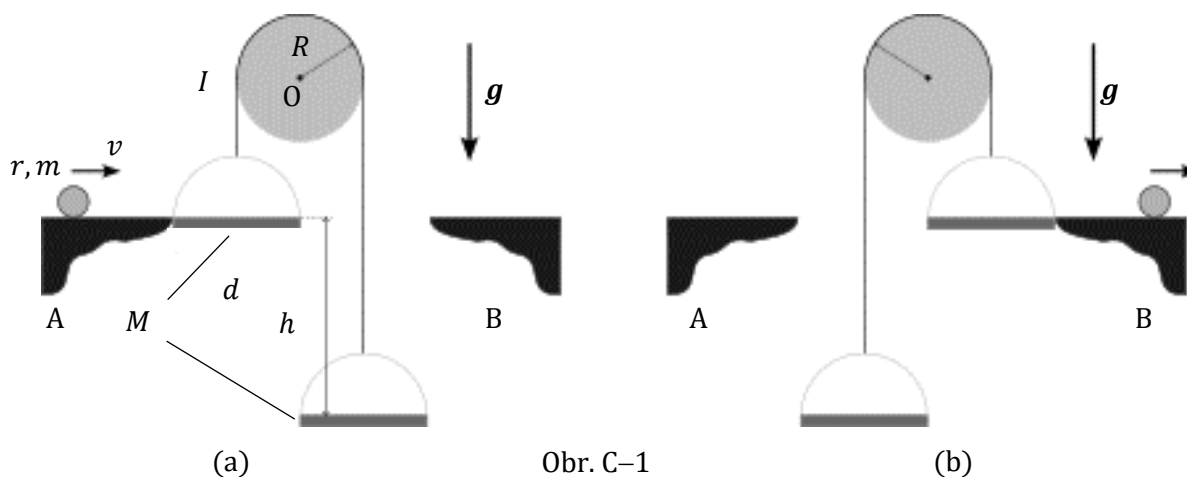
Katégória C

Domáce kolo – text úloh

1) Šťastná cesta

Valček s polomerom r a hmotnosťou m sa valí po vodorovnom hladkom povrchu stola A kolmo na jeho okraj, obr. C–1. Vedľa stola A je druhý stôl B, ktorého povrch je na rovnakej úrovni ako povrch stola A, a jeho okraj je rovnobežný s okrajom stola A. Okraje stolov sú vo vzdialenosti $2d$.

Na pevnej kladke s polomerom R a momentom zotrvačnosti I sú na lanku zavesené dve plošiny s hmotnosťou M , ktoré majú v smere pohybu valca dĺžku d . Plošiny sa môžu pohybovať v zvislom smere. Na začiatku bola sústava plošín v pokoji, pričom povrch ľavej plošiny bol na úrovni povrchu stola a povrch pravej plošiny bol v hĺbke h pod úrovňou povrchu ľavej plošiny, obr. (a). Keď valček prejde na ľavú plošinu, začne sa sústava pohybovať, pričom kladka sa otáča okolo svojej osi O bez trenia a lanko sa na kladke neprešmykuje.

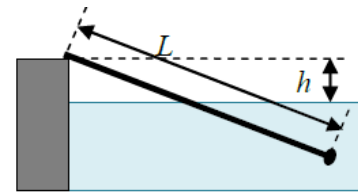


- Určte rýchlosť v pohybu valca tak, aby prešiel plynulo na druhý stôl, ako ukazuje obr. (b).
- Určte silu F_O , ktorá pôsobí na os kladky počas pohybu valčeka.
- Akú podmienku musí spĺňať polomer r valčeka, aby bol pohyb valčeka vo vodorovnom smere plynulý s konštantnou rýchlosťou (aby sa valček pri zvislom pohybe nedotkol okraja stolov, a neovplyvnil tak vodorovnú zložku rýchlosti valčeka)? Rozhodnite, či podmienka je splnená pre zadané údaje.

Úlohu riešte všeobecne a potom pre hodnoty: $m = 1,00$ kg, $M = 1,00$ kg, $I = 40$ g·m², $r = 10,0$ cm, $d = 2R = 40$ cm, $g = 9,81$ m·s⁻², $h = 1,00$ m. Obrázok je len ilustračný. Hmotnosť lanka a osky je zanedbateľne malá, kladku považujte za homogénny valec. Valček sa valí po celú dobu bez odporu, plošiny sú neustále vodorovné.

2) Doska vo vode

Úzka tenká homogénna doska dĺžky L je jedným koncom opretá o okraj bazéna a druhým spočíva vo vode. Na konci dosky, ktorý sa nachádza vo vode, je upevnené malé závažie, obr. C – 2. Vieme, že výška okraja bazéna nad hladinou vody $h = 40$ cm a faktor trenia medzi doskou a okrajom bazéna $\mu = 0,75$.



Obr. C-2

- Prekreslite obrázok C-2 do vášho riešenia a zakreslite do obrázku všetky sily, ktoré pôsobia na dosku. Sily označte a popíšte.
- Určte maximálnu hodnotu pomeru $x = m/M$ hmotnosti m malého závažia a hmotnosti M homogénnej dosky, pri ktorom sa bude doska nachádzať v rovnovážnej polohe.

Voda v bazéne sa nepohybuje, hustota vody $\rho_0 = 1,0 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, hustota dosky $\rho = 0,50 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, hustota závažia je výrazne väčšia, ako hustota vody, a vztlakovú silu pôsobiacu na závažie môžeme zanedbať.

3) Dusík

Vo valci s objemom $V_1 = 150$ l je piestom uzatvorený dusík pod tlakom $p_1 = 200$ kPa a s teplotou $t_1 = 20$ °C (stav 1). Plyn začneme ochladzovať a súčasne stláčať na objem $V_2 = 0,6 V_1$ (stav 2) tak, že tlak sa mení priamoúmerne s objemom. Po stlačení sa nechá plyn pri stálej polohe piestu zohriať na pôvodnú teplotu t_1 (stav 3).

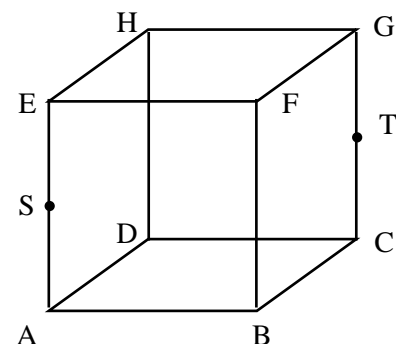
- Nakreslite p – V diagram deja a určte hmotnosť m a počet molekúl dusíka vo valci.
- Určte prácu W , ktorú vykonala vonkajšia sila pôsobiaca na piest pri stlačení, teplotu t_2 po stlačení plynu na objem V_2 a teplo Q_1 , ktoré bolo potrebné odobrať plynu pri stlačení. Teplotu t_2 porovnajte s bodom skvapalnenia dusíka pri normálnom tlaku.
- Určte výsledný tlak p_3 v stave 3 a teplo Q_2 , ktoré plyn prijme od okolia počas vyrovnávania teploty, a pomer $q = Q_2/Q_1$. Porovnajte rozdiel $Q_1 - Q_2$ s prácou W .

Plyn považujte za ideálny a potrebné konštanty vyhľadajte v tabuľkách.

4) Odporová sieť

Z odporového drôtu je vytvorená kocka ABCDEFGH. Každá hrana má odpor $R = 10 \Omega$, obr. C– 3.

- Zdroj konštantného napätia $U = 12$ V pripojíme k protiľahlým vrcholom A,G kocky. Určte prúd v jednotlivých vetvách obvodu a prúd I_{Z1} , ktorý prechádza zdrojom.
- Zdroj pripojíme k stredom S, T protiľahlých hrán kocky. Určte prúd I_{Z2} , ktorý prechádza zdrojom, a prúdy v jednotlivých vetvách obvodu.



Obr. C-3

Pri riešení úlohy si obvod vhodne prekreslite a využite symetriu kocky.

5) Balón s héliom

Výskumný balón je vyrobený z pružného materiálu neprepúšťajúceho plyn. Hmotnosť obalu balóna $m_1 = 400$ kg. Balón naplnili héliom a vybavili meracími prístrojmi. Hmotnosť záťaže $m_2 = 225$ kg. Pri vypúšťaní bol atmosférický tlak pri zemi $p_0 = 103$ kPa a teplota prostredia i balóna $t_0 = 17$ °C. Po uvoľnení začal balón stúpať a vysielal informáciu o výške. Zastavil sa vo výške $h_1 = 3\,500$ m.

- Určte tlak vzduchu p_1 vo výslednej výške, ak predpokladáme, že teplota atmosféry je konštantná a rovná teplote t_0 .
- Určte priemer d_1 balóna a hmotnosť m_{He} hélia v balóne.
- Určte pomer $\eta = V_1/V_0$ objemu V_1 balóna vo výške h_1 a objemu V_0 v mieste štartu.

Predpokladajte, že balón má počas stúpania tvar gule a vplyv napätia v materiáli balóna má na tlak vo vnútri balóna zanedbateľný vplyv. Objem záťaže je podstatne menší ako objem balóna.

Úlohu riešte všeobecne a potom pre hodnoty: molárna hmotnosť vzduchu $M_{\text{vz}} = 29,0$ g·mol⁻¹ a hélia $M_{\text{He}} = 4,0$ g·mol⁻¹, molárna plynová konštanta $R = 8,31$ J·K⁻¹·mol⁻¹, tiažové zrýchlenie $g = 9,81$ m·s⁻².

Pomôcka.: Pozrite si na internete stránku https://sk.wikipedia.org/wiki/Atmosférický_tlak.

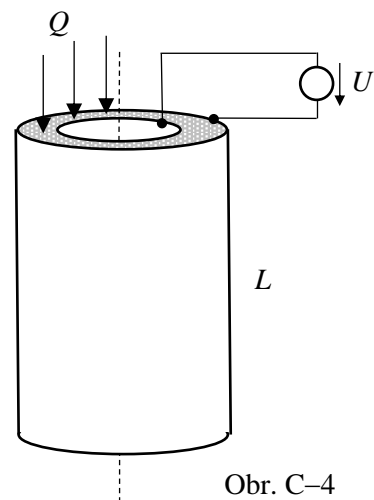
6) Prietokový ohrievač

Na obr. C-4 je znázornený jednoduchý prietokový ohrievač vody. Voda prúdi medzi dvomi vodivými koaxiálnymi rúrami s polomerami $r_1 = 20$ mm a $r_2 = 22$ mm, a s dĺžkou $L = 50$ cm. Rúry sú pripojené na zdroj napätia $U_1 = 120$ V.

- Určte prúd I , ktorý prechádza zdrojom.
- Do ohrievača sa privádza voda s teplotou $t_1 = 20$ °C. Určte objemový prietok q_1 vody ohrievačom, aby z neho vytekala voda s teplotou $t_2 = 40$ °C na umývanie.
- Určte napätie U_2 zdroja, aby pri prietoku q_1 sa voda zohriala na teplotu $t_3 = 90$ °C, potrebnú na prípravu čaju alebo kávy.

Úlohu riešte všeobecne a potom pre dané hodnoty. Uvažujte konduktivitu vody 50 mS·m⁻¹, zvyšné hodnoty veličín vyhľadajte vo fyzikálnych tabuľkách.

Straty tepla vedením do okolia neuvažujte.



7) Valivý odpor

Pri valivom pohybe zvyčajne predpokladáme, že nedochádza k strate mechanickej energie telesa, tzn. valivý pohyb telesa po vodorovnej podložke je rovnomerný. V skutočnosti ale aspoň k malej strate mechanickej energie dochádza, väčšinou premenou na vnútornú energiu telesa a podložky. Valivý odpor kolesa na vodorovnej podložke vyjadruje vzťah

$$F_v = \frac{\xi}{R} F_N,$$

kde ξ sa nazýva rameno valivého odporu, R je vonkajší polomer kolesa a F_N tlaková sila podložky kolmá na podložku. Pomer $\frac{\xi}{R}$ sa nazýva koeficient valivého odporu.

Úloha:

Úlohou je určiť rameno valivého odporu valca na rôznych podložkách.

Metóda:

Na meranie použite ako zdroj konštantnej sily naklonenú rovinu. Použite dosku s uhlom sklonu $\alpha = 30^\circ$ a dĺžkou aspoň $L \approx 1$ m. Na meranie použite valec s priemerom okolo 10 cm (drevený, sklenený, kovový).

1. Zmerajte hmotnosť m a polomer R valca, dĺžku L a uhol α sklonu naklonenej roviny.
2. Vypočítajte teoretickú hodnotu času t_0 pohybu valca po celej dĺžke naklonenej roviny a rýchlosť v_0 na dolnom konci naklonenej roviny za predpokladu nulového valivého odporu.
3. Zmerajte čas t_1 pohybu valca po naklonenej rovine a vypočítajte rýchlosť v_1 valca na dolnom konci naklonenej roviny. Z rozdielu rýchlostí v_0 a v_1 určte silu F_{v1} valivého odporu. Rameno valivého odporu ξ_1 valca na danej podložke vyjadrite pomocou časov t_0 a t_1 .
4. Na naklonenú rovinu pripevnite tenký textilný pás (tak aby sa pri pohybe valca neposúval) a meranie z bodu 2. opakujte. Určte rameno valivého odporu ξ_2 v tomto prípade.
5. Meranie opakujte s iným druhom materiálu na povrchu naklonenej roviny, napr. pás z gumy, papiera, plastu a pod.

Porovnajzte získané hodnoty ramena valivého odporu pre rôzne typy kontaktu materiálov kolesa a podložky.

Merania s každou podložkou niekoľkokrát opakujte a výsledky štatisticky vyhodnoťte.

Predpokladajte, pohyb valca po naklonenej rovine je rovnomerne zrýchlený. Dbajte na to, aby valec neprekíždaval.

Pozn.: Moment zotrvačnosti plného homogénneho valca $J = \frac{1}{2} m R^2$, pre tenkostenný dutý valec $J = m R^2$, pre hrubostenný dutý valec (s vnútorným polomerom r) $J = \frac{1}{2} m (R^2 + r^2)$. Momenty zotrvačnosti sú vyjadrené vzhľadom na os valcov.

64. ročník Fyzikálnej olympiády – Úlohy domáceho kola kategórie C

Autori návrhov úloh:	Lubomír Konrád (2, 3, 5, 6), Aba Teleki (1), Kamil Bystrický (4), Ivo Čáp (7)
Recenzia:	Aba Teleki, Lubomír Mucha
Preklad textu úloh do maďarského jazyka:	Aba Teleki
Redakcia:	Ivo Čáp
Vydal:	Slovenská komisia fyzikálnej olympiády Národný inštitút vzdelávania a mládeže, Bratislava 2022

