

62. ročník Fyzikálnej olympiády

v školskom roku 2020/2021

kategória B – krajské kolo

Texty úloh

1. Gulôčka a rúrka

Na hladkej vodorovnej podložke leží v pokoji rúrka s hmotnosťou $M = 90$ g. Dĺžka rúrky $L = 0,5$ m, a je na jednom konci uzavretá. Otvoreným koncom vletí do rúrky pozdĺž jej osi gulôčka s hmotnosťou $m = 10$ g. Po zrážke s uzavretým koncom rúrky opustí gulôčka rúrku vo vzdialenosti $x = 1,2$ m od miesta na podložke, v ktorom do rúrky vnikla.

- Určte pomer $p_1 = Q/E_{k0}$ uvoľneného tepla Q pri zrážke a kinetickej energie E_{k0} gulôčky pred zrážkou.
- Určte pomer $p_2 = v_2'/v_0$, kde v_2' je rýchlosť gulôčky po odraze (vzhľadom na rúrku po odraze) a v_0 je rýchlosť gulôčky pred odrazom.
- Určte možný rozsah hodnôt pomeru $p_3 = x/L$ pre rôzne typy odrazu (od dokonale pružného až po dokonale nepružný).

Úlohu riešte všeobecne a potom pre dané hodnoty, časti a) a b) pre $x = 1,2$ m.

Rozmery gulôčky a trenie medzi všetkými plochami neuvažujte.

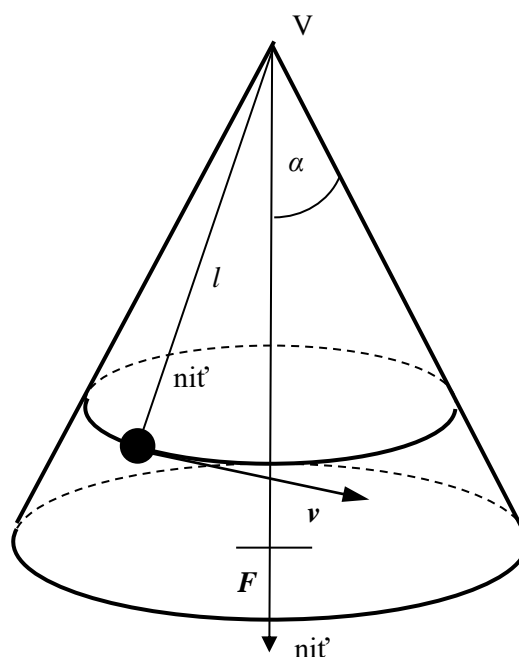
2. Gulôčka na kuželi

Na kuželi so zvislou osou a vrcholovým uhlom $2\alpha = 60^\circ$ sa nachádza gulôčka s hmotnosťou $m = 4,0$ g pripevnená na niti, ktorá je cez malý otvor vo vrchole ťahaná smerom nadol silou F , obr. B-1. Dĺžku úseku nite medzi gulôčkou a vrcholom V označíme l .

- Určte veľkosť F_0 sily F , ak je gulôčka v pokoji.

Na začiatku je gulôčka na niti vo vzdialenosti $l_1 = 20$ cm od vrcholu V. Gulôčke udelíme rýchlosť v kolmo na niť v smere dotýčnice k povrchu kužela, obr. B-1.

- Určte maximálnu veľkosť v_m rýchlosti v , aby sa gulôčka pohybovala po povrchu kužela.



Obr. B-1

Gulôčke udelíme rýchlosť v s veľkosťou $v_1 = 0,50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} < v_m$. Pri dĺžke nite l_1 sa bude pohybovať po kružnici na povrchu kužeľa.

- c) Určte veľkosť F_1 sily \mathbf{F} , ktorou musíme pôsobiť na niť pri udržiavaní jej konštantnej dĺžky l_1 .
- d) Začneme veľmi pomaly ťahať za niť a skracovať jej dĺžku l medzi gulôčkou a vrcholom V – pohyb gulôčky môžeme stále považovať za pohyb po kružnici s pomaly sa zmenšujúcim polomerom. Určte dĺžku l_2 nite, pri ktorej gulôčka stratí kontakt s povrchom kužeľa.

Pri riešení úlohy považujte gulôčku za hmotný bod (bez vlastnej rotácie). Trenie medzi gulôčkou a kužeľom neuvažujte. Tiažové zrýchlenie $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Pomôcka: Moment sily, ktorou pôsobí niť na gulôčku, je vzhľadom na os kužeľa nulový.

3. Tepelný dej

Vo valci je piestom uzatvorený dusík s látkovým množstvom $n = 1,0 \text{ mol}$. Začiatočný objem plynu je $V_1 = 20 \text{ l}$. Plyn najprv stlačíme piestom zo začiatočného objemu V_1 na polovičný objem V_2 pri konštantnej teplote $T_1 = 400 \text{ K}$, potom v druhej fáze deja plyn zohrejeme na teplotu $T_2 = 700 \text{ K}$ pri konštantnom objeme V_2 . V tretej fáze deja plyn expanduje na pôvodný objem V_1 pri konštantnej teplote T_2 a vo štvrtej fáze sa plyn vráti do začiatočného stavu pri konštantnom objeme.

- a) Určte hodnoty tlaku v jednotlivých stavoch prechodu medzi fázami deja a dej znázornite graficky v p - V diagrame.
- b) Určte účinnosť η deja.

Uvážte Carnotov cyklus, ktorý má s pôvodným dejom rovnakú prvú fázu, a druhú a štvrtú fázu nahradíte adiabatickým dejom. Teploty T_1 a T_2 izotermických fáz ostávajú rovnaké ako v pôvodnom cykle.

- c) Určte začiatočný objem V_3 a konečný objem V_4 tretej fázy cyklu a znázornite cyklus čiarkovane v grafe pôvodného deja.
- d) Určte účinnosť η_C Carnotovho cyklu s teplotami T_1 a T_2 a určte pomer η_C/η .

Úlohu riešte všeobecne a potom pre dané hodnoty. Mólová plynová konštanta $R = 8,3 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$, Poissonova konštanta dusíka $\kappa = 1,4$. Plyn považujte za ideálny.

Pozn.: Mólová tepelná kapacita ideálneho plynu pri konštantnom objeme $C_V = \frac{R}{\kappa - 1}$.

Pomôcka: Práca pri izotermickom dej medzi stavmi A a B: $W_{AB} = \int_{V_A}^{V_B} p \, dV$.

4. Zohrievanie vodiča

Elektrické vodiče (drôty), z ktorých sa robia transformátory, vonkajšie vedenia i domáce rozvody sa dimenzujú s ohľadom na ich zohrievanie, keď nimi prechádza elektrický prúd. Pri významnom prekročení dovolenej teploty môže dôjsť k roztopeniu izolácie, ku skratu medzi susednými vodičmi, prípadne aj k požiaru.

- a) Uveďte stručne, ktoré fyzikálne faktory ovplyvňujú teplotu elektrického vodiča, ktorým tečie elektrický prúd. Uveďte aspoň päť faktorov. Ako môžeme tieto faktory ovplyvňovať, aby bola teplota vodiča, ktorým tečie elektrický prúd, čo najmenšia.

Uvažujte dva priame homogénne valcové medené vodiče (drôty) s rovnakou hmotnosťou, jeden s dĺžkou $l_1 = 2,5$ m a priemerom $d_1 = 0,50$ mm, druhý s priemerom $d_2 = 1,0$ mm.

- b) Určte pomer $p_1 = S_1/S_2$ obsahov valcového povrchu vodičov.
- c) Určte pomer $p_2 = P_1/P_2$ tepelného výkonu, ktorý sa vo vodičoch uvoľňuje, ak nimi tečie rovnaký elektrický prúd $I = 10$ A.
- d) Určte pomer $p_3 = \Delta t_1/\Delta t_2$ prírastku teploty $\Delta t = t - t_0$ povrchu vodičov v ustálenom stave, ak nimi tečie elektrický prúd $I = 10$ A a nachádzajú sa vo vzduchu s izbovou teplotou $t_0 = 20$ °C. Určte pomer $p_4 = q_K/q_S$ plošnej hustoty výkonu odvádzaného konvekciou (prestupom) (q_K) a sálaním (q_S). Uvažujte koeficient prestupu tepla medzi vodičom a okolitým vzduchom $\alpha_T = 7,0 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ a odrazivosť povrchu $\alpha_r = 0,80$. Predpokladajte, že pre rozdiel $\Delta T = T - T_0$ termodynamickkej teploty povrchu vodiča T a okolitého vzduchu T_0 platí $\Delta T \ll T_0$. Stefanova-Boltzmannova konštanta $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-4}$.

62. ročník Fyzikálnej olympiády – Úlohy krajského kola kategórie B

Autori návrhov úloh:	Lubomír Konrád (1, 2, 4), Kamil Bystrický (3)
Recenzia a úprava úloh a riešení:	Aba Teleki, Lubomír Mucha, Ivo Čáp
Preklad textu úloh do maďarského jazyka:	Aba Teleki
Redakcia:	Ivo Čáp
Vydal:	Slovenská komisia fyzikálnej olympiády IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2021