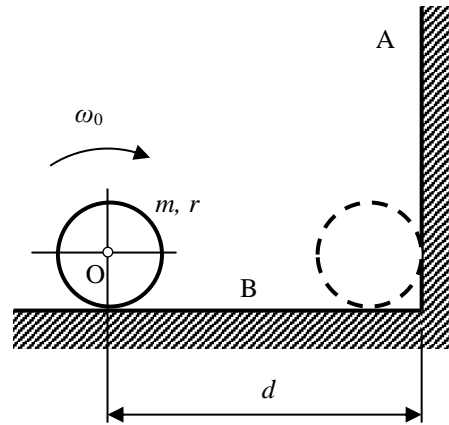


60. ročník Fyzikálnej olympiády
v školskom roku 2018/2019
kategória B – krajské kolo
Texty úloh

1. Odras rotujúceho valca od zvislej steny

Roztočený homogénny plný valec s uhlovou rýchlosťou ω_0 rotácie okolo vodorovnej geometrickej osi O, rovnobežnej so stenou A, je položený na vodorovnú podložku B vo vzdialenosti d do zvislej steny A, obr. B–1. V dôsledku trenia sa valec začne pohybovať smerom k zvislej stene.



Obr. B–1

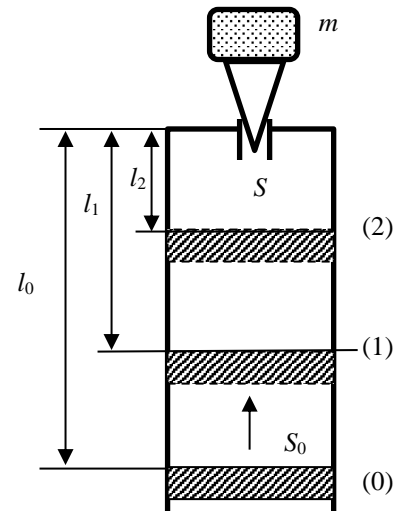
- a) Nakreslite obrázok valca na vodorovnej podložke a v ňom ako vektory sily pôsobiace na valec počas pohybu k stene A. Napíšte pohybové rovnice valca. Určte výslednú rýchlosť v_1 pohybu ťažiska a výslednú uhlovú rýchlosť ω_1 rotácie valca ak je vzdialenosť d dostatočne veľká, aby valec prešiel do valivého pohybu (bez prešmykovania).
- b) Uvažujte, že valec sa pohybuje po vodorovnej podložke valivým pohybom rýchlosťou ťažiska v_1 a narazí na zvislú stenu A. Nakreslite obrázok valca počas nárazu a v ňom ako vektory sily, ktoré pôsobia na valec počas odrazu. Určte impulz sily, ktorý udelí stena valcu počas odrazu, a uhlovú rýchlosť ω_2 rotácie valca tesne po skončení odrazu. Aká podmienka musí byť splnená, aby i po odraze bol pohyb valca valivý?

Pozn.: Pri riešení použite nasledujúce predpoklady: valec a stena sú dokonale pružné a rýchlosť v_2 ťažiska valca tesne po odraze je rovná rýchlosti v_1 ťažiska tesne pred odrazom, ťažisko valca sa počas zrážky pohybuje iba vo vodorovnom smere (valec nenadskočí). Vplyv trenia medzi valcom a podložkou B počas odrazu je zanedbateľne malý, uplatní sa iba trenie medzi valcom a stenou A.

Úlohu riešte všeobecne. Faktor trenia f medzi valcom podložkou B a medzi valcom a stenou A je rovnaký.

2. Termodynamika

Vo valci s obsahom vnútorného prierezu S_0 je v polohe (0) piestom uzatvorený vzduch s teplotou t_0 a tlakom p_0 rovnými teplotu a tlaku vzduchu v okolí valca. Na kruhový otvor s obsahom S , ktorý sa nachádza v hornej podstave valca, je položená kužeľová záklopka so závažím (tlakový ventil), pričom hmotnosť záklopky so závažím je m , obr. B–2.



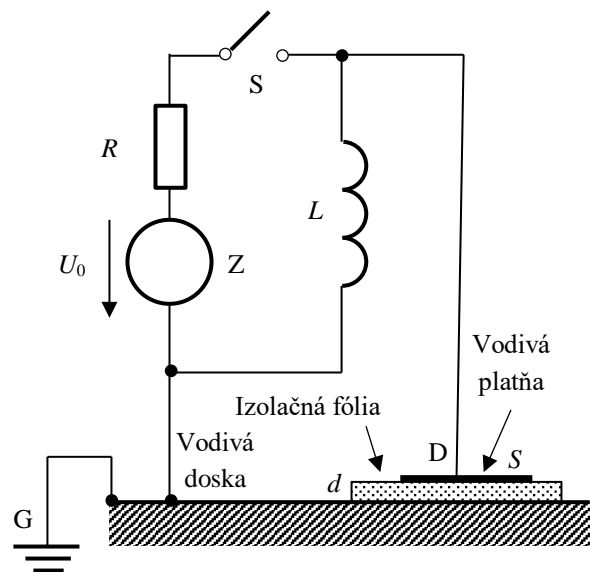
Obr. B–2

- Určte začiatočné látkové množstvo n_0 vzduchu vo valci.
- Piest posunieme zo začiatočnej polohy (0) do polohy (1), pričom dĺžka vzduchového stĺpca vo valci sa zmení zo začiatočnej hodnoty l_0 na hodnotu l_1 . Určte hodnotu l_1 , pre ktorú začne vzduch unikať ventilom do okolia a teplotu t_1 , ktorú vzduch počas tohto deja dosiahne. Stlačenie považujte za adiabatické.
- Piest sa ďalej pomaly posunie z polohy (1) do polohy (2) do vzdialenosti $l_2 < l_1$ od hornej podstavy valca. Opíšte dej v sústave počas posúvania piestu z polohy (1) do polohy (2) a uveďte, ako sa menia stavové veličiny vzduchu vo valci.
- Napokon sa piest vráti adiabaticky do polohy (0). Určte výslednú teplotu t_3 , tlak p_3 a látkové množstvo n_3 plynu vo valci, keď piest dosiahne polohu (0).

Úlohu riešte všeobecne a potom pre hodnoty: $l_0 = 30$ cm, $p_0 = 101$ kPa, $t_0 = 20$ °C, $S_0 = 50$ cm², $S = 5,0$ cm², $l_2 = 10$ cm, $m = 1,0$ kg, $g = 9,8$ m·s⁻², adiabatická konštanta $\kappa = 1,4$; plynová konštanta $R = 8,3$ J·K⁻¹·mol⁻¹.

3. Elektrický obvod

Na pracovnom stole je uzemnená (G–ground) elektricky vodivá doska. Nad doskou sa nachádza elektrický obvod so schémou na obr. B–3: cievka s indukčnosťou $L = 0,50 \text{ H}$, spínač S, zdroj Z s napätím $U_0 = 12 \text{ V}$ a rezistor s odporom $R = 10 \text{ }\Omega$. Svorka zdroja spojená s cievkou je uzemnená (G). Na vodivej doske je položená tenká izolačná fólia s hrúbkou $d = 0,20 \text{ mm}$, relatívnou permitivitou $\epsilon_r = 2,1$ a elektrickou pevnosťou $E_p = 80 \text{ MV}\cdot\text{m}^{-1}$. Na fólii je položená vodivá platňa D s obsahom $S = 400 \text{ cm}^2$, spojená s druhou svorkou cievky a spínačom S.



Obr. B–3

- Vodivá doska, fólia a platňa D tvoria elektrický kondenzátor. Určte kapacitu C tohto kondenzátora.
- Na začiatku sa zapne spínač a nechá sa zapnutý až do ustálenia stavu obvodu. Určte prúd I_0 zdroja, výkon P_0 zdroja, energiu E_{L0} magnetického poľa cievky a energiu E_{C0} elektrického poľa kondenzátora v ustálenom stave obvodu.
- Potom spínač vypneme. Opíšte a fyzikálne zdôvodnite, čo sa bude diať v elektrickom L – C obvode po vypnutí spínača.
- Uveďte, ako sa mení prúd I_L induktora a napätie U_C medzi platňou D a povrchom G stola. Vyjadrite prúd I_L a napätie U_C ako funkcie času t od okamihu vypnutia spínača. Určte čas τ , za ktorý napätie U_C dosiahne maximálnu hodnotu U_m .
- Určte maximálnu hodnotu U_m , ktorú dosiahne napätie U_C a určte, či dôjde po vypnutí spínača k elektrickému prerazu fólie.

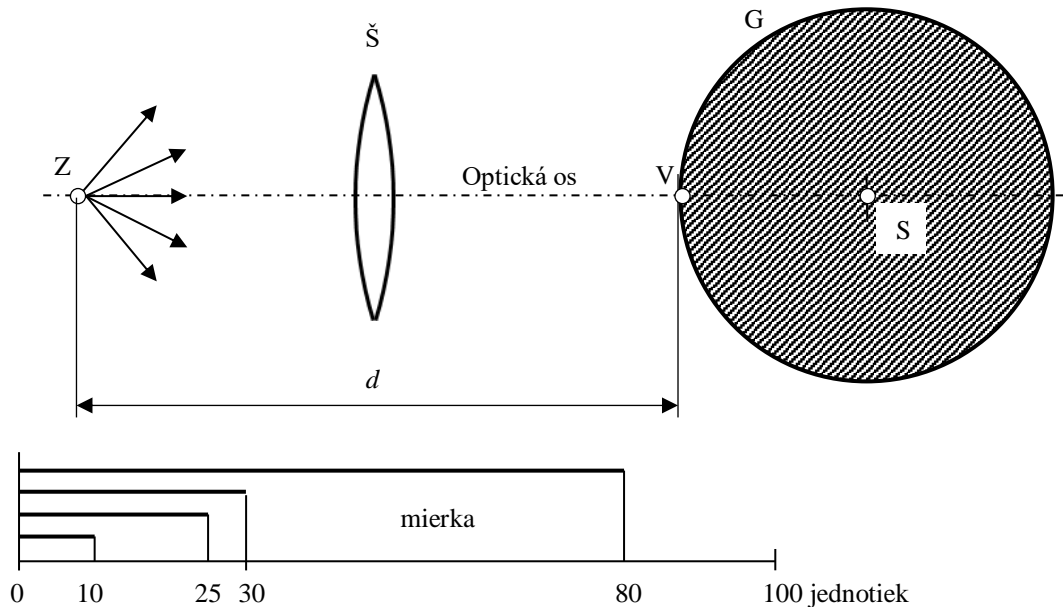
Úlohu riešte všeobecne a potom pre dané hodnoty veličín.

Elektrická konštanta $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F}\cdot\text{m}^{-1}$. Cievku považujte za ideálny induktor.

Pozn.: Elektrická pevnosť dielektrika je najväčšia intenzita elektrického poľa v dielektriku, pri ktorej nedôjde k elektrickému prerazu dielektrika.

4. Odraz svetla od lesklej gule

Pred lesklou guľou G s polomerom $R = 25$ mm sa nachádza bodový zdroj Z vo vzdialenosti $d = 80$ mm od bodu V na povrchu gule, obr. B–4. Do stredu vzdialenosti ZV je umiestnená spojná šošovka \check{S} s ohniskovou vzdialenosťou $f = 30$ mm, pričom priamka ZV predstavuje optickú os sústavy. Svetlo zdroja prechádza šošovkou a dopadá na lesklý povrch gule, od ktorého sa dokonale odráža.



Obr. B–4

Zostrojte čo najpresnejšie optickú sústavu a vyznačte v nej chod význačných lúčov potrebných pre určenie polohy obrazu zdroja. Ako mierku použite úsečky v obr. B–4.

- Zostrojte obrazy zdroja Z postupne tak, ako ich zobrazujú jednotlivé časti sústavy pri prechode lúčov sústavou. Zostrojte obraz Z_1 zdroja Z vytvorený šošovkou, obraz Z_2 zdroja vytvorený odrazom svetla od povrchu gule a obraz Z_3 zdroja vytvorený po spätnom prechode odrazeného svetla šošovkou. Uveďte vlastnosti (skutočný – zdanlivý) jednotlivých obrazov. Postup zostrojenia obrazov stručne opíšte.
- Z nákresu sústavy určte graficky približné vzdialenosti z_2 a z_3 obrazov Z_2 a Z_3 zdroja svetla od bodu V na povrchu gule v jednotkách podľa mierky na obr. B–4.

Pri riešení úlohy uvažujte tenkú šošovku a tenké zrkadlo, ktoré má ohnisko odrazovej guľovej plochy v polovici úsečky VS .

60. ročník Fyzikálnej olympiády – Úlohy krajského kola kategórie B

Autori návrhov úloh: Ivo Čáp 1, 2, 4, Ľubomír Konrád 3

Recenzia a úprava úloh a riešení: Daniel Klivanec, Ľubomír Mucha

Preklad textu úloh do maďarského jazyka: Anikó Hevesi

Redakcia: Ivo Čáp

Vydal: Slovenská komisia fyzikálnej olympiády

IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2019