

64. ročník Fyzikálnej olympiády

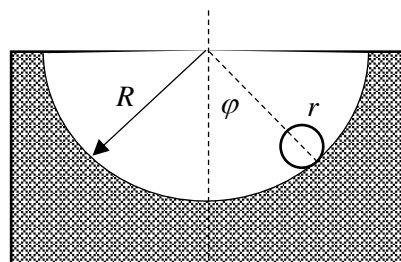
v školskom roku 2022/2023

Kategória B

Krajské kolo – text úloh

1) Valček v žľabe

Vo valcovom žľabe s polomerom $R = 10$ cm je malý homogénny valček s polomerom $r = 10$ mm, obr. B–1. Keď valček vychýlime z rovnovážnej polohy o malý uhol φ a uvoľníme, začne sa pohybovať valivým pohybom okolo rovnovážnej polohy.



Obr. B–1

- Určte periódu T kmitov valčeka za predpokladu zanedbateľného valivého odporu a že valček neprekĺzne.
- Určte počet kmitov do ich úplného utlmenia, ak ho na začiatku vychýlime z rovnovážnej polohy o uhol $\varphi_0 = 5,0^\circ$ a uvažujeme valivý odpor s koeficientom $\xi = 0,015$ mm.

Pozn.: Predpokladajte, že ťažisko valčeka sa pri kmitoch vychýli okolo osi žľabu o uhol $\varphi \ll 1$ rad. Pre tento uhol platia približné vzťahy $\sin \varphi \approx \varphi$ a $\cos \varphi \approx 1 - \frac{1}{2} \varphi^2$ a možno uvažovať tlakovú silu medzi valčekom a žľabom $F_n \approx m g$. Šmykové trenie je dostatočne veľké počas celého pohybu valčeka, takže valček neprekĺzne.

Moment zotrvačnosti valca s hmotnosťou m a polomerom r vzhľadom na jeho rotačnú os symetrie $J = \frac{1}{2} m r^2$.

2) Kondenzátory

Pracovníci výskumného ústavu vyvinuli nový nelineárny izolačný materiál (nelineárne dielektrikum), ktorý sa vyznačoval závislosťou relatívnej permitivity od elektrickej intenzity

$$\varepsilon_r = \varepsilon_{r0} \left(1 + \frac{E}{E_0} \right), \text{ kde } \varepsilon_{r0} = 1,5 \text{ a } E_0 = 100 \text{ kV} \cdot \text{m}^{-1}. \quad (*)$$

Vyrobili dva kapacitory z dvoch rovnobežných kovových elektród s plochou $S = 100 \text{ cm}^2$ a hrúbkou medzery medzi elektródami $d = 0,10$ mm. V medzere prvého kapacitora bol vzduch a medzery druhého vyplnili novým dielektrikom.

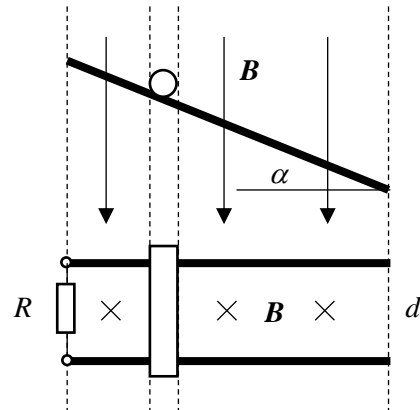
- Najprv spojili kapacitory za sebou (do série) a pripojili ich k zdroju elektrického napätia $U_0 = 12$ V. Určte napätia U_1 a U_2 na jednotlivých kapacitoroch po ustálení.
- Určte prácu W zdroja po pripojení sústavy kapacitorov.
- Určte energiu E nabitých kapacitorov a vysvetlite rozdiel hodnôt W a E .

Elektrická konštanta (permitivita vákua) $\varepsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$.

3) Valec na šikmých koľajničkách v magnetickom poli

Dve rovnobežné elektricky vodivé koľajničky sa nachádzajú v magnetickom poli s indukciou $B = 2,0 \text{ T}$ orientovanom zvislo nadol. Rovina dvojice koľajničiek zvierá s vodorovným smerom uhol $\alpha = 10^\circ$, vzájomná vzdialenosť koľajničiek $d = 15 \text{ cm}$. Koľajničky na hornom konci sú vzájomne prepojené rezistorom s odporom $R = 1,2 \Omega$.

Na horný koniec koľajničiek položili valček s hmotnosťou $m = 26 \text{ g}$ a polomerom $r = 2,5 \text{ mm}$ a uvoľnili ho. Valček sa začal pohybovať na koľajničkách valivým pohybom (bez prešmykovania) nadol, pričom počas pohybu bol kolmý na smer koľajničiek. Situáciu znázorňuje obr. B-2, hore z boku, dole zhora.



Obr. B-2

- Nakreslite vhodný obrázok a vyznačte v ňom sily pôsobiace na valček a jednotlivé sily opíšte.
- Dokážte, že po určitom čase prejde pohyb valčeka v pohyb rovnomerný a určte rýchlosť v_0 ustáleného postupného pohybu valčeka.
- Určte začiatočné zrýchlenie a_0 postupného pohybu valčeka. Určte čas τ , za ktorý by valček nadobudol ustálenú rýchlosť v_0 , a dráhu s_0 , ktorú by za tento čas prešiel, keby sa pohyboval počas rozbehu so stálym zrýchlením a_0 .

Odpor koľajničiek a valčeka je veľmi malý v porovnaní s odporom R .

Tiažové zrýchlenie $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Moment zotrvačnosti valca s hmotnosťou m a polomerom r vzhľadom na jeho os $J = \frac{1}{2} m r^2$.

4) Kyvadlo a šošovka

Malá žiarovka je zavesená na tenkých vodičoch dĺžky $L = 2,5 \text{ m}$ a nachádza sa vo výške $H = 70 \text{ cm}$ nad vodorovnou plochou stola.

- K dispozícii sú dve šošovky s ohniskovými vzdialenosťami $f_1 = 15 \text{ cm}$ a $f_2 = 20 \text{ cm}$. Určte výšku h nad stolom, do ktorej treba umiestniť prvú alebo druhú šošovku tak, aby zvislá optická os šošovky prechádzala bodom závesu a aby sa vytvoril ostrý obraz žiarovky na stole.
- Pomocou obrázku nakreslite chod lúčov od žiarovky k zaostrenému obrazu na stole pre výsledky výpočtu v časti a) a pre žiarovku mierne vychýlenú z rovnovážnej polohy.

Žiarovke udelíme jemný impulz vo vodorovnom smere, takže začne kmitať okolo rovnovážnej polohy s amplitúdou $x_m = 20 \text{ mm}$.

- Určte periódu T pohybu žiarovky okolo rovnovážnej polohy.
- Určte maximálnu rýchlosť v_{0m} pohybu obrazu žiarovky na stole v jednotlivých prípadoch a smer pohybu obrazu vzhľadom na smer pohybu žiarovky.

Zavesenú žiarovku považujte za matematické kyvadlo. Šošovky považujte za tenké. Tiažové zrýchlenie $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

64. ročník Fyzikálnej olympiády – Úlohy domáceho kola kategórie B

Autori návrhov úloh: Lubomír Konrád (2, 4), Ivo Čáp (1, 3)
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