

64. ročník Fyzikálnej olympiády

v školskom roku 2022/2023

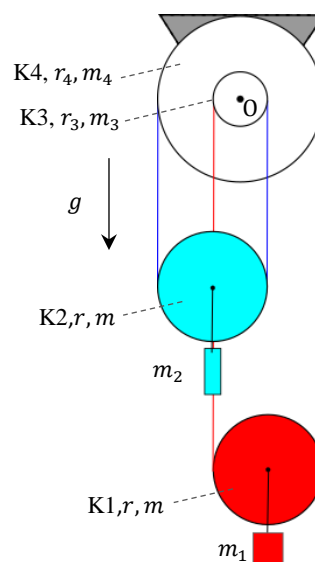
Kategória B

Domáce kolo – text úloh

1) Zacyklená kladka

V sústave kladiek K1, K2, K3, K4 je vedená uzavretá slučka, ako ukazuje obr. B–1. Kladky K1, K2 sú rovnaké, majú rovnakú hmotnosť m aj obvod r , a voľne sa otáčajú okolo svojich osí. Visia na nich závažia s hmotnosťami m_1 a m_2 . Kladky K3 a K4 sú pevne spojené, a voľne sa otáčajú okolo svojej spoločnej osi O, ktorá je pevne uchytená pod stropom. Obvod väčšej kladky $r_4 = \frac{3}{2}r$, a $r_3 = \frac{1}{2}r$ je obvod menšej kladky. Ich hmotnosti v uvedenom poradí sú $m_4 = \frac{9}{4}m$ a $m_3 = \frac{1}{4}m$. Lanko je na všetkých úsekoch zvislé a neprešmykuje na kladkách. Tiažové zrýchlenie $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

- Vyjadrite zrýchlenie a_1 kladky K1 ako funkciu jej uhlového zrýchlenia α_1 , ktorým sa otáča okolo vlastnej osi, a rovnako vyjadrite závislosť zrýchlenia a_2 kladky K2 od jej uhlového zrýchlenia α_2 okolo jej vlastnej osi.
- Určte veľkosť síl, ktorými je napínané lano v jednotlivých vetvách.
- Určte veľkosť sily, ktorou pôsobí sústava kladiek na os O.

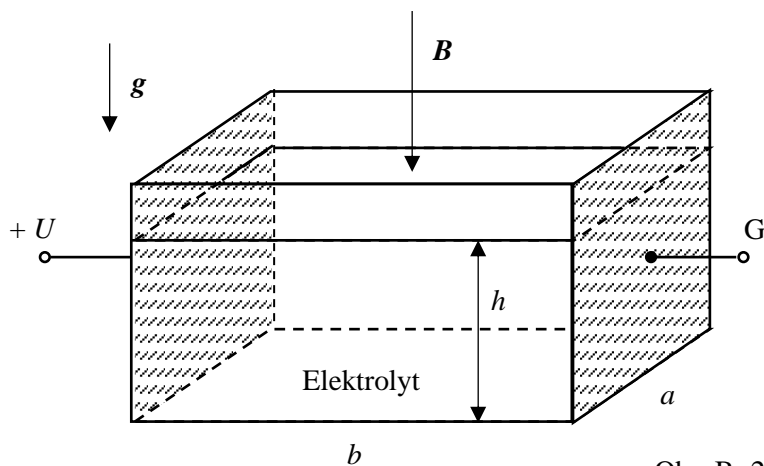


Obr. B–1

Trenie v osiach všetkých kladiek je zanedbateľne malé. Lanko sa nenatáhuje a jeho hmotnosť je zanedbateľne malá.

Úlohu riešte všeobecne, potom pre nasledujúce hodnoty veličín: $r = 100 \text{ mm}$, $r_3 = 50 \text{ mm}$, $r_4 = 150 \text{ mm}$, $m = 80 \text{ g}$, $m_1 = 100 \text{ g}$, $m_2 = 10 \text{ g}$.

2) Elektrolyt v magnetickom poli



Obr. B–2

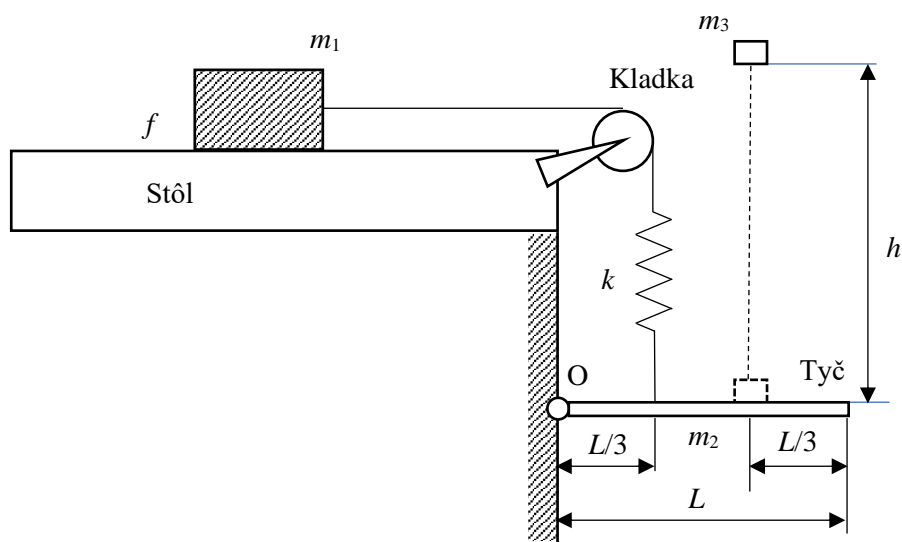
Vo vaničke v tvare kvádra s rozmermi podstavy $a = 10 \text{ cm}$, $b = 20 \text{ cm}$, sa nachádza elektrolyt s hustotou $\rho = 1,05 \text{ g/cm}^3$ a konduktivitou $\gamma = 20 \text{ S}\cdot\text{m}^{-1}$, do výšky $h = 80 \text{ mm}$, obr. B-2. Dve protiľahlé steny vzdialené b sú vo vnútri vaničky pokovené, zvyšné sú z nevodivého skla. Vanička s elektrolytom sa nachádza v magnetickom poli s indukciou $B = 250 \text{ mT}$, pričom vektor magnetickej indukcie smeruje zvislo nadol.

- Ku kovovým elektródam pripojíme zdroj konštantného elektrického napätia $U = 24 \text{ V}$. Určte intenzitu elektrického poľa E a prúdovú hustotu J v elektrolyte, ak predpokladáte, že elektrolyt aj elektrické pole v elektrolyte sú homogénne.
- Po pripojení zdroja dôjde k vychýleniu hladiny elektrolytu. Vysvetlite, prečo sa hladina vychýli a ktorým smerom. Situáciu znázorníte obrázkom a vyznačte v ňom všetky sily pôsobiace na elektrolyt.
- Určte uhol α vychýlenia hladiny elektrolytu z vodorovnej polohy.

Úlohu riešte všeobecne a potom pre dané hodnoty, $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Pozn.: Prechodové javy na elektródach neuvažujte.

3) Harmonické kmity



Obr. B-3

Na obr. B-3 je mechanická sústava. Na vodorovnej doske stola leží teleso s hmotnosťou m_1 . K telesu je pripojené vlákno vedené cez kladku a pružinu s tuhosťou k na plochú tyč otočnú okolo vodorovnej osi O. Tyč je homogénna, má hmotnosť m_2 a dĺžku L a na začiatku je vo vodorovnej polohe. Pružina je upevnená v $1/3$ dĺžky tyče. Na tyč necháme padať z výšky h nad úroveň tyče teliesko s hmotnosťou m_3 , pričom náraz telieska do tyče je dokonale nepružný. Faktor trenia medzi telesom na stole a povrchom stolu je f .

- Ak zatlačíme nadol na voľný koniec tyče, teleso na stole sa pohne pri uhlu sklonu tyče $\varphi_0 = 5,0^\circ$. Určte tuhosť k pružiny.
- Určte výšku h_1 , z ktorej máme nechať padať teliesko, aby sa tyč po jeho dopade vychýlila z vodorovnej polohy o uhol φ_0 .
- Teliesko necháme padať na tyč z výšky $h_2 < h_1$. Po dopade telieska začne tyč s telieskom kmitať. Určte frekvenciu kmitov a amplitúdu uhlovej výchylky tyče.

4) Odraz svetla

Na hladinu vody s obsahom $S = 4,0 \text{ dm}^2$ s indexom lomu $n_v = 1,33$ kvapneme kvapku oleja s indexom lomu $n = 1,47$ v tvare gule s priemerom $D = 2,0 \text{ mm}$. Olej sa na povrchu vody rovnomerne rozloží a vytvorí tak tenkú homogénnu vrstvičku.

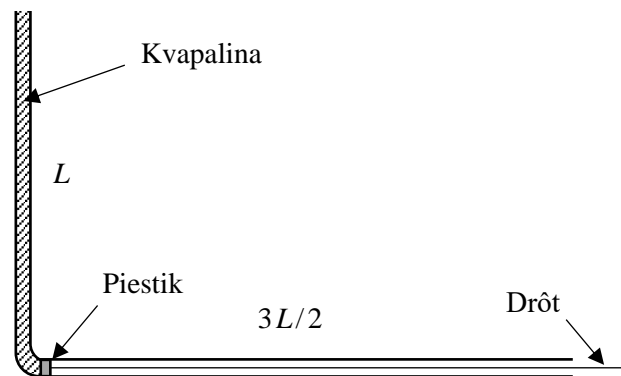
- Na hladinu dopadá biele svetlo pod uhlom dopadu α . Určte najväčšiu vlnovú dĺžku λ_1 a druhú najväčšiu λ_2 svetla odrazeného od hladiny s maximálnou intenzitou. Na obrázku znázorníte odraz svetla od hladiny s vrstvou oleja a vyznačte v ňom chod charakteristických lúčov.
- Do spoločného grafu nakreslite závislosť vlnových dĺžok λ_1 a λ_2 ako funkcie uhlu dopadu α . V grafe vyznačte pás vlnových dĺžok zodpovedajúcich viditeľnému svetlu. Graf zostrojte pre rozsah uhlov od 0° do 60° .
- Uveďte, ako sa mení farba odrazeného svetla, ak meníme uhol dopadu bieleho svetla na hladinu.

5) Uvoľnená zátka

Rúrka s hladkou vnútornou stenou s konštantným vnútorným priemerom je ohnutá do pravého uhla, obr. B–4. Zvislá časť rúrky má dĺžku $L = 20 \text{ cm}$, vodorovná dĺžku $3L/2$. Na začiatku je zvislá časť rúrky naplnená kvapalinou, ktorá je v tomto stave udržiavaná piestikom s hmotnosťou podstatne menšou ako hmotnosť kvapaliny v trubici. O piestik sa opiera tenký drôt, ktorý drží piestik v začiatkovej polohe.

V určitom okamihu sa drôt rýchlo vytiahne, čím sa piestik uvoľní a začne sa pod tlakom kvapaliny v rúrke pohybovať.

Predpokladajte, kvapalina i piestik sa pohybujú v trubici bez trenia.

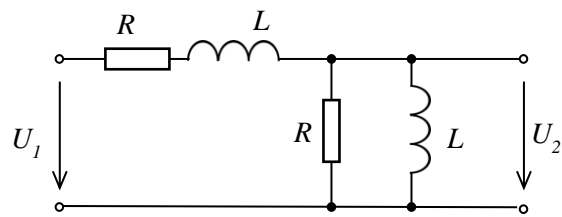


Obr. B–4

- Odvodte vzťahy pre posunutie x piestika a rýchlosť v piestika ako funkcie času t počas jeho pohybu v rúrke.
- Určte čas t_1 , za ktorý kvapalina vytečie zo zvislej časti rúrky, rýchlosť v_1 piestika v tomto okamihu, a čas t_2 , za ktorý dosiahne piestik koniec rúrky. Určte rýchlosť v_2 , ktorú bude mať piestik na konci rúrky.
- Zostrojte graf posunutia x a rýchlosti v piestika počas jeho pohybu vo vodorovnej časti trubice ako funkciu času.
- Uvedený príklad je idealizovaný. V skutočnosti piestik nenadobudne rýchlosť v_1 a $v_2 < v_1$. Vysvetlite príčinu rozdielu reálneho a idealizovaného prípadu.

6) RL filter

Na obr. B-5 je schéma frekvenčného LR filtra, ktorý slúži na potlačenie určitej časti frekvenčného spektra signálu. Na vstup je privedený signál, napr. zvukovej nahrávky, ktorý obsahuje frekvenčné zložky striedavého napätia vrátane rušivých signálov (šum, rušivé napätia s frekvenciou siete, apod.).



Obr. B-5

- Určte amplitúdovú $A_U(\omega) = U_2/U_1$ a fázovú $\varphi_U(\omega) = \varphi_2 - \varphi_1$ prenosovú funkciu filtra ako funkciu uhlovej frekvencie ω a pomeru $p = L/R$.
- Určte hodnotu p pomeru p , aby potlačenie sieťovej frekvencie $f_1 = 50$ Hz bolo 30 dB (decibelov), tzn. $A_{U\text{ dB}} = 20 \log A_U(\omega_1) = -30$ dB.
- Zostrojte graf prenosových funkcií A_U a φ_U ako funkcií frekvencie f pre hodnotu p určenú v časti b) Na zvislej osi vyneste v prvom prípade prenos $A_{U\text{ dB}}$ v decibeloch, v druhom φ_U v radiánoch, a na vodorovnú os v oboch prípadoch frekvenciu f v logaritmickej mierke. Z grafu určte frekvenciu f_m , pri ktorej je prenos A_U maximálny, hodnotu prenosu v dB a fázový prenos φ_U pri frekvencii f_m . Overtte prenos pri frekvencii f_1 .

Pre riešenie odporúčame komplexnú symbolickú metódu, s ktorou sa môžete oboznámiť napr. na internete. Pri zostrojení grafu odporúčame použiť semi-logaritmický papier (jedna os logaritmická a jedna lineárna). Pri zostrojení grafu využite vhodný softvér, napr. MS EXCEL.

7) Fotometria

Vnímanie svetla ľudským okom je jedným z najdôležitejším informačným kanálom, ktorým komunikujeme s okolitým i vzdialeným svetom. Na posudzovanie zdrojov a účinkov svetla z pohľadu citlivosti ľudského oka slúži súbor veličín a zákonov – fotometria.

- Preštudujte si základy fotometrie, zistite čo vyjadrujú veličiny *žiarivý tok*, *svetelný tok*, *svetelná účinnosť*, *svietivosť* a *osvetlenosť* a uveďte ich jednotky.

Pre zdravie zraku je vhodné dbať na správne osvetlenie priestorov, v ktorých vykonávame rôzne činnosti. Pri práci, na ktorú sa treba sústrediť, alebo na čítanie je odporúčaná osvetlenosť (intenzita osvetlenia) 300 – 500 lx.

Pri voľbe osvetľovacieho telesa hľadáme aj na úspornosť.

Osvetlenosť závisí od polohy osvetľovacieho telesa a úspornosť od voľby druhu telesa (obyčajná vákuová žiarovka, halogénová žiarovka, LED žiarovka a pod.).

Úlohy merania:

- Zmerajte osvetlenosť od rôznych zdrojov svetla v rovnakej vzdialenosti od detektora.
- Zmerajte závislosť osvetlenia od vzdialenosti od zdroja svetla.
- Zmerajte uhlovú vyžarovaciu charakteristiku rôznych zdrojov svetla.
- Zmerajte závislosť osvetlenosti plochy od uhla dopadu svetla na túto plochu.
- Zmerajte efektívnosť rôznych zdrojov svetla.

Pomôcky:

Najmenej dva rôzne zdroje svetla – odporúčame vlákňovú žiarovku a LED žiarovku na napätie 24 V (možno zakúpiť v predajni s autodielmi), zdroj napájania 24 V, multimeter, vhodný stojan na upevnenie zdroja svetla, detektor osvetlenosti (luxmeter) – odporúča sa aplikácia *luxmeter* pre smartfón, meradlo dĺžky.

Metóda:

Upevnite zdroj svetla do vhodného držiaku (napr. stojan), aby rovnobežné lúče dopadali kolmo na stenu vo vzdialenosti 1 až 2 m. Do miesta maximálnej osvetlenosti umiestnite luxmeter. Pri prvom meraní do držiaka postupne umiestnite rôzne zdroje a pre každý odmerajte osvetlenosť. V druhom meraní vyberte jeden zdroj a postupne ho posúvajte smerom k detektoru. Pre jednotlivé vzdialenosti zmerajte osvetlenosť luxmetra. V treťom meraní otáčajte zdroj okolo zvislej osi tak, aby zdroj zostával na rovnakom mieste. Pre jednotlivé uhly natočenia zmerajte osvetlenosť luxmetrom, ktorý zostáva na rovnakom mieste. Pri štvrtom meraní mieri zdroj svetla na luxmeter. Ten postupne natáčajte voči smeru dopadu svetla a merajte údaj luxmetra. V piatom meraní použite postupne rôzne žiarovky v rovnakej vzdialenosti od luxmetra. Zmerajte prúd žiarovky a napätie na žiarovke, určte elektrický príkon. Potom zmerajte osvetlenosť luxmetrom a určte pomer osvetlenosti a príkonu žiarovky.

Všetky zmerané závislosti vyneste do grafov a priebehy porovnajte s teoretickou závislosťou osvetlenosti v druhom prípade $E \sim 1/r^2$ a v štvrtom prípade $E \sim \cos \alpha$.

Pre jednotlivé zdroje svetla určte uhlovú šírku vyžarovania svetla jednotlivých zdrojov na úrovni poklesu osvetlenosti na 50 % hodnoty pri nulovom uhle. V poslednom prípade posúďte úspornosť jednotlivých zdrojov svetla.

64. ročník Fyzikálnej olympiády – Úlohy domáceho kola kategórie B

| | |
|--|---|
| Autori návrhov úloh: | Lubomír Konrád (2, 3, 5), Aba Teleki (1), Ivo Čáp (4, 6, 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 |