

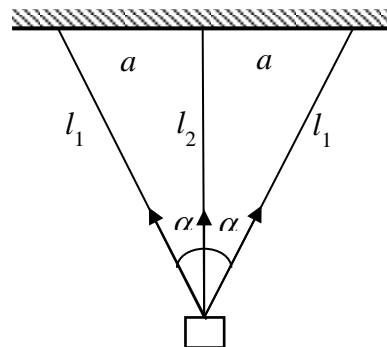
**56. ročník Fyzikálnej olympiády  
v školskom roku 2014/2015**

**Kategória B**

*Úlohy krajského kola*

**1. Rovnováha síl**

Teliesko s hmotnosťou  $m$  je zavesené na troch gumičkách s veľmi malou hmotnosťou, ktoré majú rovnakú tuhosť  $k = 20 \text{ N/m}$  a v nezaťaženom stave rovnakú dĺžku  $l_0 = 10 \text{ cm}$ . Vzdialenosť bodov závesu krajných gumičiek od bodu závesu strednej gumičky  $a = 15 \text{ cm}$ , obr. B2-1.



Obr. B2-1

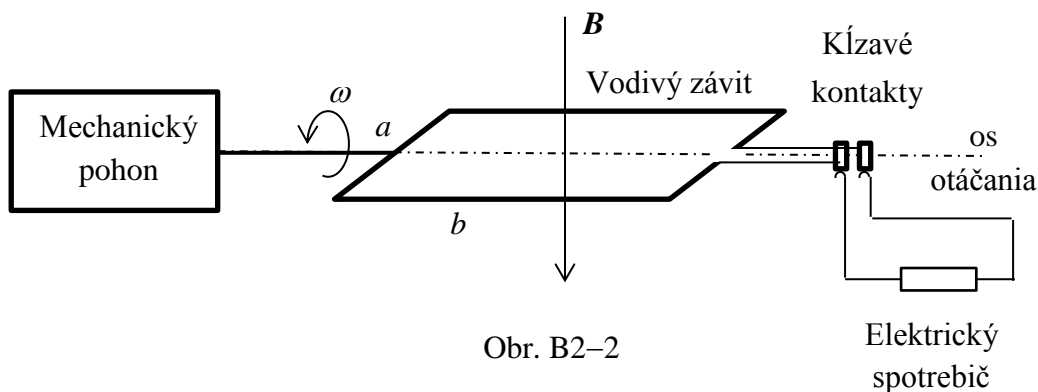
- Vyjadrite hmotnosť  $m$  telieska ako funkciu uhla  $\alpha$ , ktorý zvierajú krajné gumičky so zvislým smerom. Diskutujte rôzne možné prípady.
- Určte hodnoty  $m_1$  a  $m_2$  hmotnosti  $m$  telieska pre hodnoty uhlu  $\alpha_1 = 60^\circ$  a  $\alpha_2 = 45^\circ$ .
- Dokážte, že pri veľmi malej výchylke  $x$  z rovnovážnej polohy v zvislom smere je výsledná sila  $F$  pôsobiaca na teliesko priamoúmerná tejto výchylke  $F \approx -Kx$ . (Pozn.: Pri úprave použite predpoklad  $x \ll l_0$ ). Určte hodnoty  $K_1$  a  $K_2$  koeficientu  $K$  pre hmotnosti telieska  $m_1$  a  $m_2$ .

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

Pozn.: Tuhosť  $k$  určuje pomer sily  $F$  a predĺženia  $(l - l_0)$  podľa vzťahu  $F = k(l - l_0)$ .

**2. Elektrické a magnetické pole**

Na obrázku B2-2 je znázornený jednoduchý model indukčného generátora striedavého elektrického napätia tvorený obdĺžnikovým vodivým závitom s dĺžkou strán  $a$  a  $b$ , ktorý sa otáča v magnetickom poli s magnetickou indukciou  $\mathbf{B}$  kolmou na os otáčania.



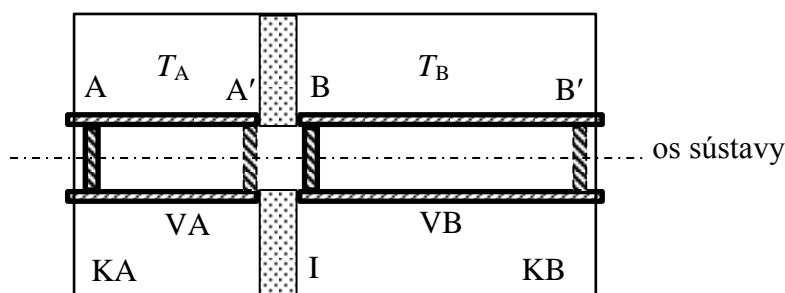
Obr. B2-2

Závit je na jednom konci pri osi prerušený a pripojený ku kĺzavým kontaktom. K týmto kontaktom sa pripája spotrebič s odporom  $R$ . Závit má odpor  $R_0$ . Závit je mechanicky pripojený na pohon a otáča sa okolo osi s uhlovou rýchlosťou  $\omega$ .

- V závite sa indukuje striedavé elektrické napätie s uhlovou frekvenciou  $\omega$ . Určte amplitúdu  $U_m$  (maximálnu hodnotu) tohto napätia a uveďte, aký uhol  $\alpha$  zvierá magnetická indukcia  $\mathbf{B}$  s rovinou závitú v okamihu, v ktorom indukované napätie nadobúda maximálnu hodnotu (amplitúdu)  $U_m$ . Napíšte funkciu, ktorá vyjadruje závislosť indukovaného napätia od času, ak uvažujeme  $\alpha = \omega t$ .
- Určte moment sily  $M$  mechanického pohonu závitú ako funkciu času, ak ku kĺzavým kontaktom je pripojený spotrebič s odporom  $R$ . Napíšte túto funkciu a určte jej strednú hodnotu  $M_s$ .
- Určte strednú hodnotu  $P_m$  mechanického výkonu pohonu a strednú hodnotu elektrického výkonu  $P_s$  (činný výkon) na spotrebiči. Určte hodnotu  $R_m$  odporu spotrebiča, pre ktorý má elektrický výkon  $P_s$  maximálnu hodnotu (stav výkonového prispôsobenia)  $P_{s, \max}$  a určte túto hodnotu.
- Odvoďte vzťah pre účinnosť  $\eta = P_s/P_m$  prenosu energie z mechanického pohonu do spotrebiča a určte jej hodnotu  $\eta_m$  pri výkonovom prispôsobení spotrebiča.

### 3. Tepelný stroj

Na obr. B2–3 je znázornená termodynamická sústava, ktorá pozostáva z dvoch tepelne vodivých valcov VA a VB s rovnakým obsahom prierezu a spoločnou osou a dvoch pohyblivých piestov A a B. Valce sa nachádzajú v komorách KA a KB vyplnených kvapalinou s teplotami  $T_A = 330 \text{ K}$  a  $T_B = 300 \text{ K}$ . Valce a komory sú oddelené tepelne izolačnou priehradkou I, v ktorej je pri osi sústavy otvor pre prúdenie plynu medzi valcami. Piesty sú pripojené na mechanický pohon, pričom rozsah ich pohybu sa líši. Medzi piestmi sa nachádza oxid uhličitý s látkovým množstvom  $n = 2,0 \text{ mol}$ .



Obr. B2–3

Sústava vykonáva cyklický dej. Na začiatku (stav 1) sú piesty v polohách A a B, pričom objem plynu medzi piestmi je  $V_1$  a teplota je rovná teplote kvapaliny  $T_A$  v komore KA. Potom sa piesty rýchlo posunú do polôh A' a B', pričom objem sa adiabaticky zväčší na hodnotu  $V_2 = k V_1$ , kde  $k = 1,5$  (stav 2). V tejto polohe piestov sa teplota plynu vyrovná

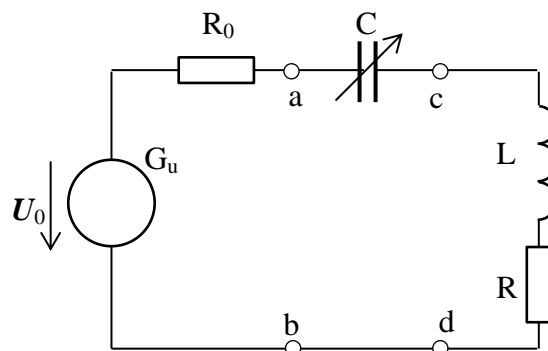
s teplotou  $T_B$  v komore KB (stav 3). Potom sa piesty posunú adiabaticky do začiatočných polôh A a B (stav 4) a následne sa teplota plynu vyrovná s teplotou  $T_A$  kvapaliny v komore KA. Cieľom deja je dodávať teplo kvapaline v komore KA.

- Znázornite termodynamický cyklus plynu v  $p$ - $V$  diagrame a jednotlivé deje opíšte.
- Určte teploty  $T_2$  a  $T_4$  v stavoch 2 a 4 a stanovte podmienku pre veľkosť faktora  $k$ , aby plyn dodával teplo do kvapaliny v komore KA.
- Určte prácu  $W$ , ktorú vykoná pohon piestov počas jedného cyklu, a teplo  $Q_A$ , ktoré odovzdá plyn kvapaline v komore KA. Určte pomer  $\eta = Q_A/W$ , ktorý charakterizuje efektivitu zdroja tepla.

Úlohu riešte všeobecne a pre dané hodnoty. Poissonova adiabatická konštanta plynu s trojatómovými molekulami  $\text{CO}_2$   $\kappa = 4/3$ . Tepelná kapacita plynu  $C_V = 3nR$ , kde  $R = 8,3 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$  a  $n$  je látkové množstvo plynu.

#### 4. Elektrický obvod

K zdroju  $G_u$  striedavého napätia s výstupnými svorkami a, b je pripojený ku svorkám c-d spotrebič s odporom  $R = 20 \text{ } \Omega$  a indukčnosťou  $L = 50 \text{ mH}$ . Medzi zdroj a spotrebič je pripojený premenný kondenzátor C, obr. B2-4. Napätie zdroja má efektívnu hodnotu  $U_0 = 24 \text{ V}$ , frekvenciu  $f = 500 \text{ Hz}$  a vnútorný odpor  $R_0 = 8,0 \text{ } \Omega$ .



Obr. B2-4

- Napíšte vzťah pre efektívnu hodnotu  $I$  prúdu, ktorý prechádza obvodom a určte hodnoty  $I_1$  a  $I_2$  pre hodnoty kapacity  $C_1 = 1,0 \text{ } \mu\text{F}$  a  $C_2 = 4,0 \text{ } \mu\text{F}$ .
- Určte hodnotu  $C_m$  kapacity  $C$  kondenzátora, pre ktorú nadobúda prúd  $I$  v obvode maximálnu hodnotu  $I_m$ . Určte hodnotu  $I_m$ .
- Určte efektívnu hodnotu  $U_{RL}$  napätia na spotrebiči, ak má kondenzátor kapacitu  $C_m$ . Porovnajte toto napätie s napätím  $U_0$  zdroja.
- Určte účinnosť elektrickej sústavy  $\eta = P/P_0$ , kde  $P$  je činný výkon záťaže a  $P_0$  činný výkon zdroja.

#### 56. ročník Fyzikálnej olympiády – Úlohy krajského kola kategórie B

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

Recenzia a úprava: Daniel Klivanec, Ľubomír Mucha

Redakcia: Ivo Čáp

Slovenská komisia fyzikálnej olympiády

Vydal: IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2015