

59. ročník Fyzikálnej olympiády
v školskom roku 2017/2018
Kategória B – krajské kolo
Text úloh

1. Termodynamický dej

Plyn je uzavretý vo valci, na jednej strane s pevným dnom a na druhej strane pohyblivým piestom. Uvažujme, že v plyne sa uskutoční nasledujúci cyklický dej.

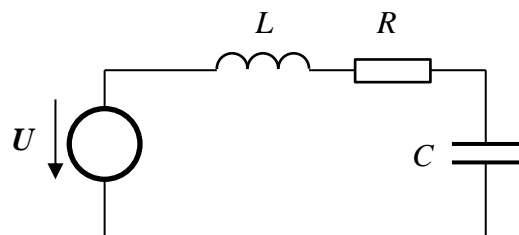
Zo začiatočného stavu A plynu s teplotou $t_1 = 27\text{ °C}$, objemom $V_1 = 2,0\text{ dm}^3$ a tlakom $p_1 = 100\text{ kPa}$ do stavu B sa veľmi pomaly zvyšuje tlaková sila na piest pri stálej teplote t_1 plynu, až kým sa tlak plynu vo valci nezvýši na dvojnásobnú hodnotu $p_2 = 2p_1$. Potom sa pri konštantnej hodnote tlakovej sily na piest plyn zohreje do stavu C s teplotou $t_2 = 327\text{ °C}$. Zo stavu C pri konštantnej teplote t_2 pomalým uvoľňovaním tlakovej sily na piest sa zníži tlak plynu na začiatočnú hodnotu p_1 – stav D. Nakoniec sa nechá plyn pri konštantnej hodnote tlakovej sily na piest ochladiť do začiatočného stavu A.

- Pomenujte jednotlivé fázy opísaného termodynamického cyklu. Určte stavové veličiny v stavoch B, C, D cyklu a nakreslite graf termodynamického cyklu v súradniciach p – V .
- Uveďte, v ktorých častiach cyklického deja je potrebné plyn zohrievať a v ktorých chládiť. Uveďte ďalej, či cyklický dej opisuje tepelný motor alebo tepelné čerpadlo. Odpovede fyzikálne zdôvodnite.
- Určte celkové teplo Q_1 , ktoré sa dodá plynu počas jeho zohrievania. Určte celkovú prácu W , ktorú vykoná tlaková sila pôsobiaca na piest počas celého cyklu a pomer W/Q_1 .

Úlohu riešte všeobecne a potom pre dané hodnoty. Plyn považujte za ideálny plyn dvojatómových molekúl. Počet stupňov voľnosti dvojatómovej molekuly $s = 5$.

2. Rezonančná absorpcia

Pri vzájomnom pôsobení periodickej vonkajšej sily s kmitavou sústavou dochádza k absorpcii energie závislej od frekvencie vonkajšieho pôsobenia. Tak vzniká absorpčné spektrum sústavy. Poznáme napr. absorpčné spektrum svetla po prechode atmosférou ale určitou skúmanou látkou. Ako model použijeme elektrický rezonančný obvod podľa obr. B–1.



Obr. B–1

Obvod predstavuje sériové zapojenie induktora s indukčnosťou L , rezistora s odporom R a kapacitora s kapacitou C . Sériový rezonančný obvod je pripojený na zdroj harmonického napätia s efektívnou hodnotou napätia U .

- Určte rezonančnú frekvenciu f_r obvodu, pri ktorej je rozdiel fáz napätia a prúdu zdroja nulový. Určte efektívnu hodnotu U_{Cf} napätia na kapacitore v stave rezonancie a pomer $Q = U_{Cf}/U$, ktorý predstavuje faktor kvality rezonančného obvodu.
- Ovodyte vzťah pre činný výkon P zdroja ako funkciu uhlovej frekvencie ω napätia zdroja.

- c) Určte frekvencie f_1, f_2 , pri ktorých je výkon zdroja polovičný v porovnaní s výkonom P_r v stave rezonancie. Určte šírku $\Delta f = f_2 - f_1$ absorpčného pásma.
- d) Určte relatívnu šírku absorpčného pásma oscilátora s faktorom kvality $Q_1 = 1,0 \times 10^7$ v hodinkách riadených kryštálom a odchýlku Δt časového údajá hodiniiek za jeden mesiac (30 dní) chodu hodiniiek.

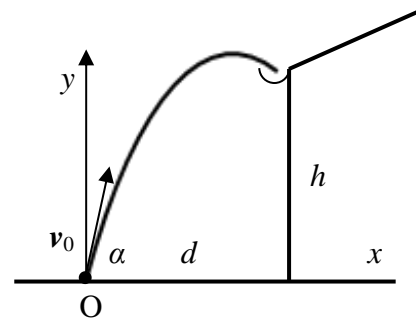
Úlohu riešte všeobecne a pre hodnoty veličín: $U = 12 \text{ V}$, $R = 15 \text{ } \Omega$, $L = 2,5 \text{ mH}$, $C = 1,0 \text{ nF}$.

3. Hra s loptou

Chlapec stál vo vzdialenosti $d = 6,0 \text{ m}$ od vysokej zvislej steny a kopal loptu na stenu. Na hornom okraji steny vo výške $h = 7,5 \text{ m}$ nad terénom sa nachádzal odkvapový žľab, obr. B-2. Otec chlapca varoval, aby nekopal loptu príliš vysoko, lebo ak padne do žľabu, vznikne problém loptu zničiť.

Na vodorovnom ihrisku chlapec dokopol tú istú loptu do maximálnej vzdialenosti $D = 14 \text{ m}$.

- a) Nakreslite obrázok trajektórie lopty pri kope na vodorovnom ihrisku a vyznačte v ňom potrebné veličiny. Odvoďte rovnicu zvislej súradnice y trajektórie lopty ako funkciu vodorovnej súradnice x a parametrov v_0, α .



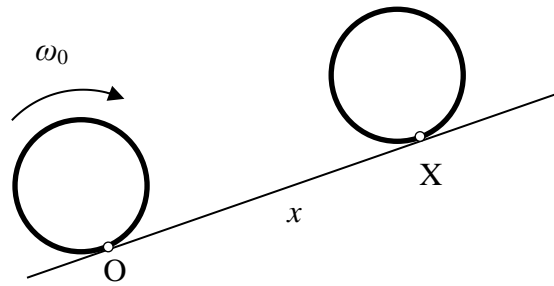
Obr. B-2

- b) Určte pre prípad a) maximálnu hodnotu v_{01} začiatočnej rýchlosti v_0 lopty, ktorú je chlapec schopný lopte udeliť.
- c) Overte výpočtom, či je chlapec schopný zo vzdialenosti d pred stenou vykopnúť loptu do vnútra žľabu, ak využije svoju maximálnu rýchlosť v_{01} výkopu. V prípade kladnej odpovede určte uhol α , pod ktorým treba loptu vykopnúť.
- d) Určte teoretickú minimálnu hodnotu v_{02} začiatočnej rýchlosti v_0 lopty, aby chlapec zo vzdialenosti d od steny vykopol loptu do žľabu.

Výšku chlapca ani rozmery žľabu neuvažujte, tzn. výkop lopty je z úrovne $h_0 = 0 \text{ m}$ a bod dopadu do žľabu je vo vodorovnej vzdialenosti d od miesta výkopu. Odpor vzduchu neuvažujte, $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

4. Pohyb obruče po naklonenej rovine

Na dolný okraj naklonenej dosky s uhlom sklonu α vzhľadom na vodorovnú rovinu položíme roztočenú obruč s polomerom R , ktorá sa otáča s uhlovou rýchlosťou ω_0 okolo vodorovnej osi rovnobežnej s povrchom dosky v smere podľa obr. B-3. Obruč vystúpila zo začiatkovej výšky $h = 0$ do až do výšky $h = h_m$, potom sa vráti do začiatkovej polohy, pričom pri prechode začiatkovou polohou má uhlovú rýchlosť ω_1 .



Obr. B-3

- Prekreslite obrázok B-3, vyznačte v ňom všetky sily pôsobiace na obruč a opište priebeh pohybu obruče.
- Určte podmienku pre uhol α , aby pohyb obruče prebiehal ako je uvedené. Určte, za akých podmienok sa obruč na doske prešmykuje a za akých podmienok sa môže valiť bez prešmykovania.
- Určte čas t_1 od okamihu polozenia obruče na dosku, za ktorý sa obruč prestane na doske prešmykovať, a výšku h_1 obruče, ak poznáte začiatkovú uhlovú rýchlosť ω_0 .
- Určte maximálnu výšku h_m , do ktorej obruč vystúpi, ak poznáte hodnotu ω_0 .
- Určte hodnotu ω_2 uhlovej rýchlosti obruče v okamihu návratu do začiatkovej polohy. Rozdiel hodnôt ω_0 a ω_2 fyzikálne zdôvodnite.

Úlohy riešte všeobecne a pre hodnoty: $R = 25$ cm, $\omega_0 = 50$ rad·s⁻¹, $\alpha = 8,5^\circ$, faktor trenia medzi obručou a doskou $f = 0,20$, $g = 9,8$ m·s⁻², $h_2 = 70$ cm.

Doska je dostatočne dlhá, aby mohol celý dej prebehnúť, ako je opísané. Moment zotrvačnosti obruče s hmotnosťou m a polomerom R vzhľadom na os kolmú na rovinu obruče a prechádzajúcu jej stredom $I = m R^2$.