Ústřední výbor fyzikální olympiády České republiky

Úlohy regionálního kola 45. ročníku FO kategorie B

1. V horkém letním dni těsně před bouřkou byla při teplotě vzduchu $t = 30{,}0\ ^\circ\mathrm{C}$ a atmosférickém tlaku $p = 1{,}000 \cdot 10^5$ Pa naměřena relativní vlhkost vzduchu $\varphi = 57\ \%$.

a) Určete absolutní vlhkost vzduchu za uvedených podmínek, tj. hustotu ϱ_p vodních par v atmosféře.

b) Určete hustotu ϱ vlhkého vzduchu za uvedených podmínek a porovnejte ji s hustotou ϱ_0 suchého vzduchu za stejného tlaku a teploty.

c) Určete pro uvedené podmínky rosný bod, tj. teplotu, na kterou musíme ochladit těleso, aby se na něm začala srážet vodní pára.

V teplotním intervalu od 20 °C do 30 °C můžeme tlak sytých vodních par vypočítat s potřebnou přesností pomocí vztahu

$$p_\mathrm{s} = At^2 + Bt + C\,,$$

kde $A = 4{,}005\ \mathrm{Pa \cdot K^{-2}}$, $B = -9{,}55\ \mathrm{Pa \cdot K^{-1}}$ a $C = 922$ Pa. Molární hmotnost suchého vzduchu je $M_\mathrm{v} = 28{,}96 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{kg \cdot mol^{-1}}$, molární hmotnost vodních par je $M_\mathrm{p} = 18{,}02 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{kg \cdot mol^{-1}}$, molární plynová konstanta má hodnotu $R = 8{,}314\ \mathrm{J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}}$.

2. Na dvou stejných pružinách o stejné tuhosti k a zanedbatelné hmotnosti je zavěšen masivní vodorovný přímý vodič o hmotnosti m, jehož úsek délky l se nachází ve svislé mezeře elektromagnetu (obr. 1). Magnetická indukce $\boldsymbol{B}$ v mezeře má vodorovný směr a je orientována před nákresnu. Vodorovný vodič je tenkými ohebnými vodiči o zanedbatelné hmotnosti zapojen do elektrického obvodu s kondenzátorem o kapacitě C a přepínačem. Pomocí přepínače v poloze 1 nejprve kondenzátor připojíme ke zdroji o svorkovém napětí U. Pak přepneme do polohy 2 a kondenzátor vybijeme přes vodorovný vodič, který tím uvedeme do mechanických kmitů. Odpor obvodu je malý a jeho indukčnost zanedbatelná, takže vybití kondenzátoru proběhne jako aperiodický děj, jehož trvání je velmi krátké ve srovnání s periodou mechanických kmitů vodiče.

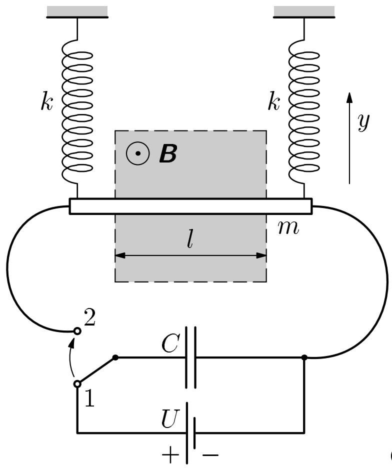
a) Určete periodu mechanických kmitů vodiče.

b) Určete velikost v_0 rychlosti vodiče bezprostředně po vybití kondenzátoru a porovnejte jeho kinetickou energii v tomto okamžiku s elektrickou energií kondenzátoru před jeho vybitím.

c) Určete amplitudu kmitů vodiče.

d) Vyjádřete okamžitou výchylku y vodiče z rovnovážné polohy během kmitání jako funkci času, jestliže osa y vztažné soustavy je orientována vzhůru.

Úlohu řešte obecně a pak pro hodnoty $k = 2{,}0\ \mathrm{N \cdot m^{-1}}$, $m = 0{,}150$ kg, $l = 120$ mm, $B = 0{,}70$ T, $C = 1000\ \mu\mathrm{F}$ a $U = 500$ V.



Obr. 1

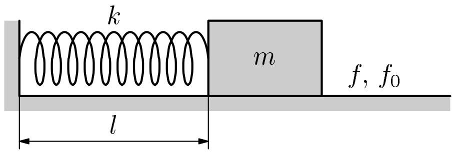
3. Kvádr o hmotnosti m na vodorovné podložce je připevněn k boční stěně pružinou o tuhosti k o délce l v nedeformovaném stavu (Obr. 2). Součinitel klidového tření mezi kvádrem a podložkou je f_0, součinitel smykového tření za pohybu je f $(f < f_0)$.

a) Do jaké maximální vzdálenosti x_1 vpravo nebo vlevo můžeme posunout kvádr, aby po uvolnění setrval v klidu v této nové poloze?

b) Kvádr posuneme vpravo do dvojnásobné vzdálenosti než v předcházejícím případě a uvolníme. Určete maximální stlačení x_2 pružiny po uvolnění kvádru. Zůstane kvádr v klidu v poloze s výchylkou x_2?

c) Kvádru v původní rovnovážné poloze udělíme úderem počáteční rychlost směrem vpravo tak velkou, že se kvádr posune vpravo do vzdálenosti x_3 a znovu se vrátí do původní polohy. Určete vzdálenost x_3 a velikost v počáteční rychlosti kvádru.

Řešte nejprve obecně a potom pro hodnoty $m = 200$ g, $f_0 = 0{,}70$, $f = 0{,}50$, $k = 50\ \mathrm{N\cdot m^{-1}}$, $l = 30$ cm, $g = 9{,}8\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$.



Obr. 2

4. Na obr. 3 je zakreslen elektrický obvod skládající se ze dvou paralelně zapojených zdrojů o napětích $U_1 = 12{,}0$ V, $U_2 = 10{,}0$ V a vnitřních odporech $R_{i1} = 1{,}0\ \Omega$, $R_{i2} = 1{,}0\ \Omega$. V obvodu jsou též zapojeny teplotně nezávislé rezistory $R_1 = 2{,}0\ \Omega$, $R_2 = 10{,}0\ \Omega$, $R_3 = 4{,}0\ \Omega$ a teplotně závislý rezistor R_t o odporu $R_0 = 10{,}0\ \Omega$ při teplotě 0 °C. Teplotní součinitel odporu tohoto rezistoru je $4 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{K}^{-1}$.

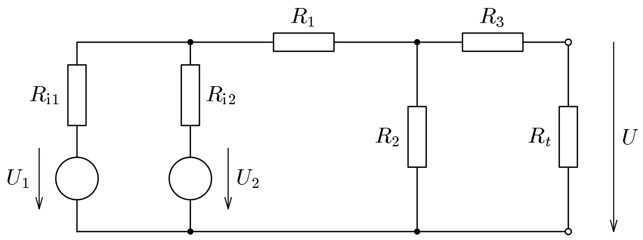
a) Zjednodušte schéma zapojení tak, že zdroje U_1, U_2 nahradíte jediným o napětí U_0 a vnitřním odporu R_i dle Millmanovy poučky.

b) Pomocí Théveninovy poučky určete proud I protékající rezistorem R_t při teplotě 0 °C a napětí U na rezistoru.

c) Zapište vztah $I = I(t)$ vyjadřující teplotní závislost proudu protékajícího rezistorem na teplotě.

d) Určete, při jaké teplotě protéká rezistorem R_t proud $I' = 0{,}5$ A.

e) Určete proud protékající rezistorem R_t při teplotě 0 °C užitím metody smyčkových proudů.



Obr. 3