57. ročník Fyzikálnej olympiády
v školskom roku 2015/2016

Kategória B – domáce kolo

Riešenie úloh

1. Dráhová cyklistika

Riešenie:

a) Odporová sila pôsobiaca na cyklistu a bicykel sa skladá z valivého odporu kolies F_{val} a aerodynamickej odporovej sily F_{aero}. Pre valivý odpor platí

$$F_{\mathrm{val}} = F_{\mathrm{N}} \frac{\xi}{r}$$

kde F_{N} je normálová sila, ξ je rameno valivého odporu a r je polomer valiaceho sa kolesa. Keďže valivý odpor závisí lineárne od normálovej sily, nezáleží na počte kolies. Pre prípad cyklistu na bicykli dostávame

$$F_{\mathrm{val}} = (M + m) g \frac{\xi}{d/2} \approx 2{,}16 \text{ N}. \qquad \text{1b}$$

Pre aerodynamickú odporovú silu platí:

$$F_{\mathrm{aero}} = CS . p_{\mathrm{dyn}} = CS \frac{\rho}{2} v^2 ,$$

kde p_{dyn} je dynamický tlak vzduchu a ρ je hustota vzduchu. Ak vzduch považujeme za ideálny plyn platí

$$\rho = \frac{p M_{\mathrm{m}}}{RT} .$$

Dosadením do predchádzajúcej rovnice dostávame:

$$F_{\mathrm{aero}} = \frac{1}{2} CS \frac{p M_{\mathrm{m}}}{RT} v^2 . \qquad \text{1b}$$

Pre priemernú rýchlosť $v_0 = s_0/(1\mathrm{h}) = 54{,}526\ \mathrm{km \cdot h^{-1}} = 15{,}15\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$, tlak p_0 a teplotu $T = (273{,}15 + t)$ K = 292,15 K dostávame $F_{\mathrm{aero}} \approx 29{,}7$ N.

Celková odporová sila je teda

$$F_{\mathrm{o}} = F_{\mathrm{aero}} + F_{\mathrm{val}} = \frac{1}{2} CS \frac{p_0 M_{\mathrm{m}}}{RT} v_0^2 + (M + m) g \frac{\xi}{d/2} ,$$

pre dané hodnoty $F_{\mathrm{o}} \approx 31{,}9$ N. 1b

b) Odporová sila valivého pohybu kolies tvorí iba cca 7,00 % z celkovej odporovej sily. 1b

c) Celková práca, ktorú vykonal cyklista počas rekordného pokusu, je približne $W = F_{\mathrm{o}}\, s$, pre dané hodnoty $W \approx 1{,}74$ MJ.

Priemerný výkon cyklistu

$$P = F_{\mathrm{o}} v_0 = \frac{1}{2} CS \frac{p_0 M_{\mathrm{m}}}{RT} v_0^3 + (M + m) g \frac{\xi}{d/2} v_0 ,$$

pre dané hodnoty $P \approx 483$ W. 1b

d) Za predpokladu rovnakého výkonu platí máme

$$\frac{1}{2} CS \frac{p_0 M_m}{RT} v_0{}^3 + (M+m) g \frac{\xi}{d/2} v_0 = \frac{1}{2} CS \frac{p\, M_m}{RT} v_1^3 + (M+m) g \frac{\xi}{d/2} v_1$$

a odtiaľ

$$\frac{1}{2} CS \frac{M_m\; p v_0{}^3}{RT} \left(\frac{v_1^3}{v_0{}^3} - \frac{p_0}{p} \right) + (M+m)\, g \frac{\xi\, v_0}{d/2} \left(\frac{v_1}{v_0} - 1 \right) = 0 . \qquad (1) \qquad 1b$$

Pri približnom odhade predpokladáme, že druhý člen zodpovedajúci výkonu valivého odporu je zanedbateľný, a teda z nulovej hodnoty prvého členu

$$v_1 = v_0 \sqrt[3]{\frac{p_0}{p}} .$$

Rozdiel dráh je úmerný rozdielu rýchlostí

$$\Delta s = (v_1 - v_0)\, \tau = v_0\, \tau \left(\sqrt[3]{\frac{p_0}{p}} - 1 \right) = s_0 \left(\sqrt[3]{\frac{p_0}{p}} - 1 \right),$$

pre dané hodnoty Δs = 538 m. 2b

Pri presnejšom numerickom riešení rovnice (1) máme

$v_1/v_0 - 1 \approx 9{,}637\times10^{-3}$, odkiaľ $\Delta s \approx 525$ m. 2b

Pozn.: Pri numerickom riešení označíme ľavú stranu rovnice (1) ako funkciu $f(v_1/v_0)$, funkciu znázorníme pomocou vhodného výpočtového programu (napr. MS EXCEL), a hľadáme hodnotu argumentu v_1/v_0, pri ktorej funkcia prechádza nulovou hodnotou. Pri počítačovom výpočte nie je problém správnu hodnotu pomeru v_1/v_0 ľubovoľne spresňovať.

2. *Kmity mechanickej sústavy*

Riešenie:

Úlohu možno riešiť buď pomocou pohybovej rovnice (a) na základe analýzy pôsobiacich síl a zrýchlenia sústavy, alebo pomocou bilancie mechanickej energie (b).

a) V stave rovnováhy je vlákno napínané silou F_{A0}. Z podmienky rovnováhy momentov síl na kladke, vzhľadom na os B, a na tyči, vzhľadom na os O_2, máme

$$M\, g\, R + 2F_{A0} R - R\, k\, (l - l_0) = 0 , \qquad m\, g\, L/2 - F_{A0}\, 2R = 0 ,$$

Pri malej výchylke φ tyče z vodorovnej polohy nadol pôsobí na tyč, vzhľadom na os O_2, okrem momentu tiažovej sily $M_{g1} = m\, g\, L/2$ aj moment sily vlákna $M_{A1} = F_A\, 2R$, pričom $F_A = F_{A0} + \Delta F_A$, kde $\Delta F_A = (1/2)\, k\, R\varphi$. Pohybová rovnica otáčania tyče okolo osi O_2 potom je

$$I_1\, \alpha = m\, g\, L/2 - 2\, R\, (F_{A0} + \Delta F_A), \qquad 3b$$

kde α je uhlové zrýchlenie tyče a $I_1 = (1/3)\, m\, L^2$ moment zotrvačnosti tyče vzhľadom na os kolmú na tyč a prechádzajúcu koncovým jej bodom.

Pri malom vychýlení φ predstavuje bod B okamžitý stred otáčania kladky. Keďže je v pokoji vzhľadom na bod O_2, je uhol otočenia kladky rovnaký ako uhol vychýlenia φ tyče. Tyč i kladka majú preto rovnaké uhlové zrýchlenie.

Na kladku vzhľadom na os B pôsobia momenty sily vlákna v bode C $M_C = 2\, R\, F_A$, tiažovej sily $M\, g\, R$ a pružiny $M_p = -\, k\, R\, (l - l_0 + R\varphi)$. Pohybová rovnica kladky potom je

$$\left(I + M\,R^2\right)\alpha = 2\,R\,(F_{A0} + \Delta F_A) + RMg - R\,k\left(l - l_0 + R\varphi\right). \qquad 3b$$

Ak uvážime podmienky rovnováhy a obidve pohybové rovnice sčítame, máme

$$\left(I + M\,R^2 + \frac{1}{3}\,m\,L^2\right)\alpha = -k\,R^2\,\varphi\,. \qquad 2b$$

Pre kmitavý pohyb platí $\alpha = -\,\Omega^2\,\varphi$, kde $\Omega = 2\pi/T$ je uhlová frekvencia kmitov a T perióda (doba kmitu) sústavy. Z pohybovej rovnice tak máme

$$\alpha = -\left(\frac{k\,R^2}{I + M\,R^2 + \frac{1}{3}\,m\,L^2}\right)\varphi\,,$$

a teda

$$T = 2\,\pi\sqrt{\frac{I + M\,R^2 + \frac{1}{3}\,m\,L^2}{k\,R^2}}\,, \quad \text{pre dané hodnoty } T \approx 0{,}77\ \text{s} \qquad 2b$$

b) Energetický prístup:

V stave rovnováhy položíme potenciálnu energiu rovnú nule (referenčná hladina). Pri malej výchylke φ tyče je zmena potenciálnej energie

$$E_p = m\,g\,\frac{L}{2}\,\varphi + M\,g\,R\varphi + \frac{1}{2}k\left[(l + R\varphi)^2 - l^2\right] = \left(m\,g\,\frac{L}{2} + M\,g\,R + k\,l\,R\right)\varphi + \frac{1}{2}\left(k\,R^2\right)\varphi^2\,.$$

3b

Kinetická energia

$$E_k = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{3}\,m\,L^2\right)\omega^2 + \frac{1}{2}\left(I + M\,R^2\right)\omega^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{3}\,m\,L^2 + I + M\,R^2\right)\omega^2\,. \qquad 3b$$

Pomocou konštánt $k^* = k\,R^2$ v kvadratickom člene potenciálnej energie a $m^* = \dfrac{1}{3}\,m\,L^2 + I + M\,R^2$ v kvadratickom vzťahu pre kinetickú energiu určíme periódu kmitov

$$T = 2\,\pi\sqrt{\frac{m^*}{k^*}} = 2\,\pi\sqrt{\frac{I + M\,R^2 + \frac{1}{3}\,m\,L^2}{k\,R^2}}\,. \qquad 4b$$

Pozn.: Body sa prideľujú len za jedno riešenie (a) alebo (b).

3. *Wiennov oscilátor*

Riešenie:

a) Pomer $\boldsymbol{U}_\mathrm{A}/\boldsymbol{U}_2$

$$\frac{\boldsymbol{U}_\mathrm{A}}{\boldsymbol{U}_2}=\frac{Z_2}{Z_1+Z_2}=\frac{\dfrac{R}{1+\mathrm{j}\omega RC}}{R+\dfrac{1}{\mathrm{j}\omega C}+\dfrac{R}{1+\mathrm{j}\omega RC}}=\frac{\mathrm{j}\omega C R}{(1+\mathrm{j}\omega C R)(1+\mathrm{j}\omega RC)+\mathrm{j}\omega CR}=$$

$$=\frac{\mathrm{j}\omega CR}{1-(\omega RC)^2+\mathrm{j}3\omega RC}$$

3b

b) Pomer napätí $\boldsymbol{U}_\mathrm{B}/\boldsymbol{U}_2$ na odporovom deliči

$$\frac{\boldsymbol{U}_\mathrm{B}}{\boldsymbol{U}_2}=\frac{R_2}{R_1+R_2}$$ 2b

c) Podmienka kmitov

$$\frac{R_2}{R_1+R_2}=\frac{\mathrm{j}\omega CR}{1-(\omega RC)^2+\mathrm{j}3\omega RC}.$$

Keďže je výraz na ľavej strane reálny, musí byť reálny i výraz na pravej strane a teda

$$1-(\omega RC)^2=0 \qquad (1)$$ 1b

Pri splnení tejto podmienky platí

$$\frac{R_2}{R_1+R_2}=\frac{1}{3}. \qquad (2)$$ 1b

Z podmienky (2) určíme pomer odporov deliča

$$p=\frac{R_1}{R_2}=2.$$

Z podmienky (1) určíme frekvenciu kmitov

$f=\dfrac{1}{2\pi}\dfrac{1}{RC}$, pre dané hodnoty $f\approx 284$ Hz. 3b

4. Kruhový dej

a) 1. fáza: tlaková sila plynu pôsobiaca na piest je v rovnováhe s tiažou piestu a závažia. Plyn sa postupne zohrieva a zväčšuje svoj objem pri konštantnom tlaku – ide o izobarickú expanziu. Voda odovzdáva teplo plynu, ktorý svojim tlakom pôsobí na piest a koná prácu.

2. fáza: Pri konštantnej teplote klesá tlak plynu v dôsledku pôsobenia ťahu vlákna, až kým sa celé závažie od piestu neoddelí – ide o izotermickú expanziu. Plyn koná prácu a voda dodáva plynu teplo.

3. fáza: Teplota plynu klesá pri konštantnom tlaku, pričom tlaková sila plynu je v rovnováhe s tiažou piestu – ide o izobarickú kompresiu. Z plynu sa odvádza teplo a práca plynu je záporná.

4. fáza: Keď závažia dosadne na piest, začne piest pomaly klesať až kým napätie vo vlákne neklesne na nulovú hodnotu. Tlak plynu postupne narastá – ide o izotermickú

kompresiu. Teplo sa z plynu odvádza a práca plynu je záporná. Sústava sa vráti do začiatočného stavu. 1b

b) Pre izobarický dej platí stavová rovnica

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{h_2}{h_1} = \frac{T_2}{T_1}\text{, kde } T_i = (273 + \{t_i\})\ \text{K},$$

a teda $h_2 = \frac{T_2}{T_1} h_1$, pre dané hodnoty $h_2 \approx 25{,}2$ cm.

Pre izotermický dej máme

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{p_0\,S + (m_1 + m_2)g}{p_0\,S + m_1\,g} = \frac{V_3}{V_2} = \frac{h_3}{h_2}\text{, odtiaľ } h_3 = \frac{p_0\,S + (m_1 + m_2)g}{p_0\,S + m_1\,g} h_2\text{, a teda}$$

$$h_3 = \frac{p_0\,S + (m_1 + m_2)g}{p_0\,S + m_1\,g}\ \frac{T_2}{T_1}\ h_1\text{, pre dané hodnoty } h_3 \approx 30{,}3\ \text{cm.}$$ 1b

Pri izobarickej kompresii

$$\frac{V_4}{V_3} = \frac{h_4}{h_3} = \frac{T_1}{T_2}\text{, odtiaľ } h_4 = \frac{T_1}{T_2} h_3\text{, a teda}$$

$$h_4 = \frac{p_0\,S + (m_1 + m_2)g}{p_0\,S + m_1\,g}\ h_1\text{, pre dané hodnoty } h_4 \approx 24{,}0\ \text{cm.}$$ 1b

c) *V prvej fáze* je tlak p

$$p = \frac{p_0\,S + (m_1 + m_2)\,g}{S} = p_1\text{, pre dané hodnoty } p_1 \approx 122\ \text{kPa}$$ 1b

a teplota T je funkciou výšky piestu $T = T_1 \frac{h}{h_1}$,

V druhej fáze je tlak p funkciou výšky h piestu

$$p = \frac{p_0\,S + (m_1 + m_2)g}{S}\ \frac{T_2}{T_1}\ \frac{h_1}{h} = \frac{p_1\,h_1\,T_2}{T_1}\ \frac{1}{h}$$

a teplota plynu $T = T_2$ a teda $t = t_2$. 1b

V tretej fáze tlak plynu

$$p = p_0 + \frac{m_1\,g}{S} = p_2\text{, pre dané hodnoty } p_2 \approx 102\ \text{kPa}$$

a teplota plynu

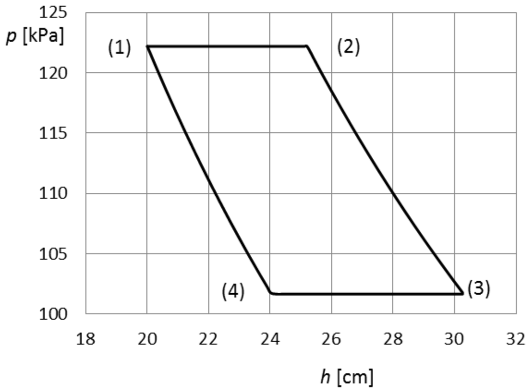
$$T = T_1 \frac{p_0\,S + m_1\,g}{p_0\,S + (m_1 + m_2)g}\ \frac{h}{h_1} = \frac{T_1\,p_2}{h_1\,p_1}\ h\,.$$ 1b

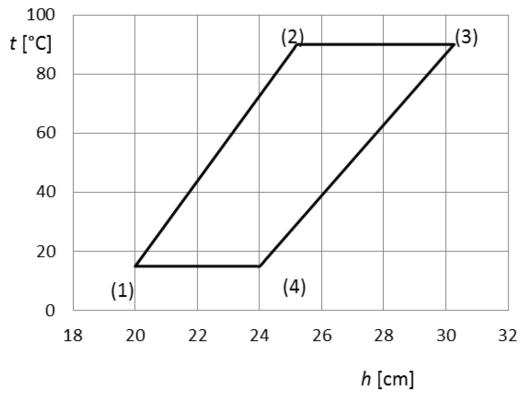
Vo štvrtej fáze tlak p plynu je funkciou výšky h piestu

$$p = \frac{p_0\,S + (m_1 + m_2)g}{S}\ \frac{T_2}{T_1}\ \frac{h_1}{h} = p_1\,h_1\,\frac{1}{h}$$

a teplota $T = T_1$, a teda $t = t_1$. 1b

V obrázku znázorníme funkcie p = $f_1(h)$ a t = $f_2(h)$, jednotlivé fázy deja sú znázornené grafmi medzi bodmi (1) - (2), prvá fáza, atď.





Obr. RB–1 Grafy tlaku p a teploty t ako funkcií výšky piestu h

d) Teplá voda dodá plynu teplo v prvej a druhej fáze deja $Q = Q_1 + Q_2$.

$$Q_1 = C_\mathrm{p}\left(T_2 - T_1\right) = \left(C_\mathrm{V} + n\,R\right)\left(T_2 - T_1\right) = \left(\frac{s}{2}+1\right)\frac{p_1\,S\,h_1}{T_1}\left(T_2 - T_1\right).$$

Pre molekuly dusíka N_2 je počet stupňov voľnosti $s = 5$ a teda $Q_1 \approx 55{,}6$ J.

$$Q_2 = W_2 = \int_{V_2}^{V_3} p\ \mathrm{d}V = \int_{V_2}^{V_3} \frac{n\,R\,T_2}{V}\ \mathrm{d}V = p_1\,S\,h_2\,\ln\frac{h_3}{h_2}.$$

Pre dané hodnoty $Q \approx 14{,}2$ J

$$Q = p_1\,S\,h_1\left[\left(\frac{s}{2}+1\right)\left(\frac{T_2}{T_1}-1\right)+\frac{T_2}{T_1}\ \ln\frac{p_1}{p_2}\right].$$ Pre dané hodnoty $Q \approx 69{,}3$ J 1b

Celková práca $W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4$

$$W_1 = p_1\left(V_2 - V_1\right) = p_1\,S\left(h_2 - h_1\right),$$

pre dané hodnoty $W_1 \approx 15{,}9$ J.

$$W_2 = p_1\,S\,h_2\,\ln\frac{h_3}{h_2},$$ pre dané hodnoty $W_2 \approx 14{,}2$ J.

$$W_3 = p_2\left(V_4 - V_3\right) = p_2\,S\left(h_4 - h_3\right),$$

pre dané hodnoty $W_3 \approx -\,16{,}1$ J

$$W_4 = -\int_{V_1}^{V_4} p\ \mathrm{d}V = \int_{V_1}^{V_4} \frac{n\,R\,T_1}{V}\ \mathrm{d}V = -p_1\,S\,h_1\,\ln\frac{h_4}{h_1},$$

pre dané hodnoty $W_4 \approx -\,11{,}1$ J

$$W = p_1\,S\,h_1\left(\frac{T_2}{T_1}-1\right)\ln\frac{p_1}{p_2}.$$

Pre dané hodnoty $W \approx 2{,}8$ J. 1b

5. Cyklotrón

a) Častica s nábojom pri prechode medzerou s napätím U získa prírastok kinetickej energie $\Delta E_k = Q\,U$. Pre získanie relatívne nízkych hodnôt energie stačí lineárny urýchľovač (jednorazový prechod častice cez potenciálový rozdiel). Pre získanie väčších hodnôt energie, pri obmedzenej hodnote urýchľovacieho napätia, je potrebné urýchlenie niekoľkokrát zopakovať. Opakovaný prechod urýchľovacou medzerou sa dá dosiahnuť pomocou homogénneho magnetického poľa, v ktorom sa častica s nábojom pohybuje po kružnicovom oblúku. Keďže po prejdení polkružnice častica prechádza medzerou v opačnom smere, musí sa zmeniť polarita urýchľovacieho napätia. Ako sa ukáže pri výpočte, frekvencia prechodu častice medzerou nezávisí od jej kinetickej energie, musí byť urýchľovacie napätie striedavé s frekvenciou rovnou frekvencii obiehania častice v cyklotróne. S narastajúcou kinetickou energiou sa zvyšuje polomer kružnicovej trajektórie častice. Tak sa dostane častica až k obvodu cyklotrónu, kde sa nachádza výstupné okienko. Získaná kinetická energia častice je určená hodnotou magnetickej indukcie v medzere medzi magnetmi a polomerom duantov. 1b

b) Na časticu v medzere medzi magnetmi pôsobí magnetické pole dostredivou silou $\boldsymbol{F}$ vzhľadom na jej trajektóriu $F = Q\,v\,B$,

čo spôsobuje dostredivé zrýchlenie

$$a_n = m\frac{v^2}{r} = Q\,v\,B,$$

odkiaľ

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{v}{r} = \frac{Q\,B}{m}, \text{ z toho } f = \frac{1}{2\pi}\frac{Q\,B}{m}.$$ Pre dané hodnoty $f \approx 7{,}7$ MHz 3b

c) Na kružnici s polomerom R je rýchlosť častice

$$v_m = \frac{Q\,B}{m}R.$$ Pre dané hodnoty $v_m \approx 2{,}4\times10^7\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$.

Keďže $v^2/c^2 \approx 6{,}4\times10^{-3}$, možno problém riešiť klasicky. 3b

d) Celková dosiahnutá kinetická energia častice

$$E_{km} = \frac{1}{2}m\,v_m^2 = \frac{(Q\,B\,R)^2}{2m}.$$

Pri jednom obehu prejde častica 2x urýchľovacou medzerou a získa energiu

$$E_1 = 2\,Q\,U.$$

Počet obehov

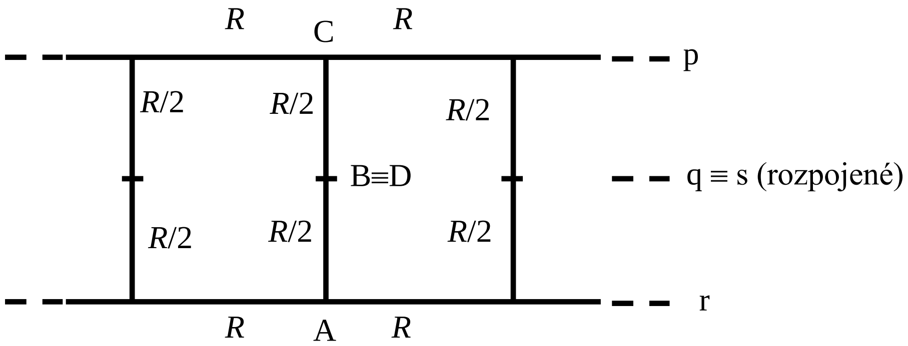
$$N = \frac{E_{km}}{E_1} = \frac{Q\,B^2\,R^2}{4\,m\,U}.$$ Pre dané hodnoty $N \approx 60$.

Celková doba urýchľovania

$$T = \frac{N}{f} = 2\pi\frac{B\,R^2}{4U}.$$ Pre dané hodnoty $T \approx 7{,}9$ μs. 3b

6. *Nekonečná odporová sieť*

Každý úsek vodiča s dĺžkou a má odpor $R = a\,r$. Ak pripojíme zdroj napätia k svorkám A a C, elektrické pole je symetrické podľa roviny určenej priamkami s a q. Uzly na priamkach q a s majú rovnaký potenciál a uzly ležiace na týchto priamkach oproti sebe možno vzájomne spojiť. Zároveň prepojeniami v rovine q–s neprechádza prúd, a tak ich možno rozpojiť. Tak dostaneme dvojrozmernú (rovinnú) elektrickú sieť, obr. RB–2.



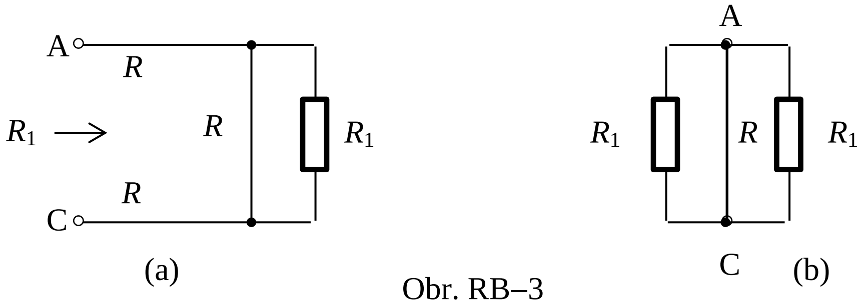
Obr. RB–2

5b

Ak má časť napravo od uzlov A a C odpor R_1, odpor sa nezmení, ak pripojíme ďalší článok, obr. RB–3 (a).

$$R_1 = 2R + \frac{R_1\,R}{R_1 + R}\text{, odtiaľ } R_1^2 - 2RR_1 - 2R^2 = 0 \text{ a } R_1 = R \pm R\sqrt{3}\,.$$

Fyzikálny význam má riešenie $R_1 = R\left(1 + \sqrt{3}\right)$.



Obr. RB–3

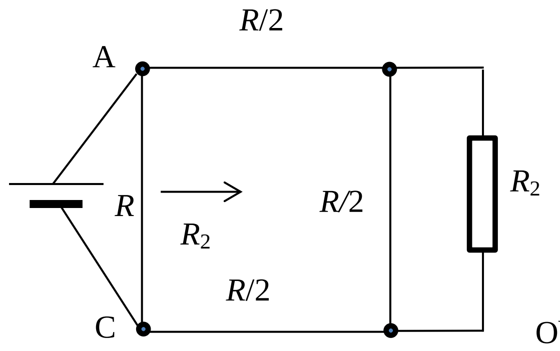
Nekonečná elektrická sieť sa skladá z troch paralelne spojených rezistorov (R_1, R_1 a R), obr. RB–3 (b). Odpor medzi uzlami A a C,

$$R_{\mathrm{AC}} = \frac{(R_1/2)\,R}{(R_1/2) + R} = \frac{R_1\,R}{R_1 + 2R} = \frac{1+\sqrt{3}}{3+\sqrt{3}}\,R = \frac{1}{\sqrt{3}}\,R \approx 0{,}58\,a\,r\,.$$

Pre dané hodnoty $R_{\mathrm{AC}} \approx 35\ \mathrm{m\Omega}$. 5b

Úlohu je možné riešiť aj iným postupom:

Priestorovú sieť ihneď môžeme zjednodušiť na rovinnú sieť so vstupnými svorkami A, C na vodičoch p i r. Jednotlivé uzly vpravo i vľavo v rovnakom poradí od uzlov A, C, možno spojiť nakrátko (lebo majú vzhľadom na symetriu siete rovnaký potenciál. V tom prípade sa sieť zjednoduší podľa schémy na obr. RB–4



Obr. RB–4

a platí

$$R_2 = R + \frac{(R/2)\,R_2}{(R/2)+R_2} \;\rightarrow\; R_2^2 - R\,R_2 - R^2/2 = 0$$

odtiaľ $R_2 = \dfrac{R}{2} + \sqrt{\dfrac{R^2}{4} + \dfrac{R^2}{2}} = \dfrac{R}{2}\left(1+\sqrt{3}\right).$

Potom máme $R_{AC} = \dfrac{R\,R_2}{R+R_2} = \dfrac{R\,\dfrac{R}{2}\left(1+\sqrt{3}\right)}{R+\dfrac{R}{2}\left(1+\sqrt{3}\right)} = \dfrac{1+\sqrt{3}}{3+\sqrt{3}}\,R = \dfrac{1}{\sqrt{3}}\,R\,.$

7. ***Meranie teplotnej závislosti odporu*** – *experimentálna úloha*

Poznámky k riešeniu:

1. úloha:

Na meranie je vhodná automobilová žiarovka 12 V/ 21 W na obrysové svetlá (má jednoduché volfrámové vlákno). Ak použijete na meranie odporu vlákna Ω–meter, je merací prúd niekoľko mA, tzn. pri takom prúde zostane vlákno studené. Zmeriate tak odpor R_0. Pri nominálnom zaťažení je prúd 21 W / (12 V) ≈ 1,8 A. Pri tomto prúde je vlákno rozžeravené, a teda pomer U/I predstavuje odpor R. Na určenie λ_m sa použije Wienov posuvný zákon.

5b

2. úloha

Pri meraní teplotnej závislosti odporu je výhodné pomalé zohrievanie termistora v kvapaline a meranie teploty kvapaliny. Pri meraní odporu je potrebné použiť čo najmenší prúd, aby sa termistor prechádzajúcim prúdom významne nezohrieval (v takom prípade by bola teplota termistora väčšia ako teplota kvapaliny). Stačí multimeter na R–rozsahu (Ω–meter). Kvapalina nesmie vytvoriť vodivý mostík medzi prívodmi termistora. Ak na zohrievanie použijete vodu, treba použiť vodu destilovanú, ktorá má veľmi nízku konduktivitu, alebo transformátorový olej, ak je k dispozícii. Prívody je vhodné izolovať bužírkou a pod.

Na linearizáciu závislosti (2) vyjadríme vzťah v tvare

$$\ln\left(\frac{R}{R_0}\right) = A\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right).$$

Ak zvolíme premenné $y = \ln\left(\frac{R}{R_0}\right)$ a $x = \frac{1}{T}$, máme rovnicu $y = A\,(x - x_0)$. Ak na osi grafu vynesieme premenné y a x, ide o rovnicu so smernicou A.

Termistor sa zaradí sériovo so spotrebičom. V okamihu zopnutia je termistor studený, má preto veľký odpor a obmedzí začiatočný prúd. Prechádzajúcim prúdom sa termistor zohreje a jeho odpor klesne na veľmi malú hodnotu a prúd môže nadobudnúť postupne nominálnu hodnotu prúdu spotrebiča.

5b

57. ročník Fyzikálnej olympiády – ***Úlohy domáceho kola kategórie B***

Autori úloh:	Dušan Nemec (1, 5), Ľubomír Konrád (1, 4, 6), Ivo Čáp (2, 3, 7)
Recenzia a úprava:	Daniel Kluvanec, Ľubomír Mucha
Preklad textu do maďarského jazyka:	Aba Teleki
Redakcia:	Ivo Čáp
	Slovenská komisia fyzikálnej olympiády
Vydal:	IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2016