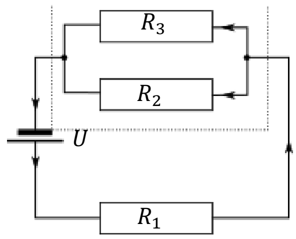
63. ročník Fyzikálnej olympiády
v školskom roku 2021/2022
Kategória E
Krajské kolo – riešenie úloh

1) Obvod

Riešenie:



Obr. RE–1

a) Smer prúdu je označený na obr. RE–1. 1 bod

b) Keď nahrádzame sériovo (za seba) či paralelne (vedľa seba) zapojené rezistory náhradou podľa známych vzťahov, výmena nemá vplyv na zvyšok obvodu, preto pre požadovanú náhradu paralelne zapojených rezistorov dostaneme

$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{6{,}0\ \text{k}\Omega} + \frac{1}{3{,}0\ \text{k}\Omega} = \frac{1}{2{,}0\ \text{k}\Omega}$,

teda $R_{23} = 2{,}0\ \text{k}\Omega$ 2 body

Prúd I_1 tečie rezistorom R_1, ale aj zdrojom napätia, preto platí $U = (R_1 + R_{23})I_1$, a teda

$I_1 = \frac{U}{R_1+R_{23}} = 1{,}0$ A. 2 body

c) Ak priradíme rezistor s odporom R_0 paralelne k R_{23}, je to také, akoby sme mali všetky tri rezistory paralelne. Celkový odpor obvodu

$R = R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_0}} = 5{,}0\ \text{k}\Omega$ 2 body

Pre prúd, ktorý tečie zdrojom platí $U = RI_{z1}$, teda $I_{z1} = \frac{U}{R} = 1{,}2$ A. 2 body

d) Veľmi veľa paralelne zapojených rezistorov s odporov R_0 spôsobí, že časť vo veľkom rámčeku bude mať prakticky nulový odpor $R_{\text{rám}}$

$\frac{1}{R_{\text{rám}}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_0} + \frac{1}{R_0} + \cdots + \frac{1}{R_0}$ – veľmi veľká hodnota, teda $R_{\text{rám}}$ má veľmi malú hodnotu. Odpor celého obvodu $R' = R_1 + R_{\text{rám}} \approx R_1$ a prúd, ktorý potečie zdrojom bude

$I_{z2} \approx \frac{U}{R_1} = 1{,}5$ A. 1 bod

2) Zacyklená kladka

Riešenie

a) Dĺžka lanka, ktorá sa dotýka kladiek (dĺžka spolu) sa nemení, na všetkých úsekoch sú zvislo, preto ak dvihneme závažie 1 o h_1, závažie 2 poklesne o h_1. 2 body

b) Potenciálna energia závažia 1 klesne o $\Delta E_{\text{pb}} = m_1 h_2 g = 0{,}20$ J 2 body

c) Ak posunieme závažie 1 o h_3 nadol, posunie sa závažie 2 o rovnakú dráhu h_3 nahor. Potenciálna energia závažia 2 sa zväčší o $\Delta E_{\text{p2}} = m_2 g h_3 = 0{,}60$ J, kým potenciálna energia závažia 1 sa zmenší o $\Delta E_{\text{p1}} = m_1 g h_3 = 0{,}30$ J. Zmena potenciálnych energií kladiek sa vzájomne vyrovná. Celková zmena potenciálnej energie sústavy vzrastie a je rovná práci W, ktorú musíme konať $W = E_{\text{p2}} - E_{\text{p1}} = 0{,}30$ J. 2 body

Platí $W = Fh_3$, teda, musíme ťahať silou $F = \frac{W}{h_3} = 1{,}0$ N. 2 body

d) Túto časť úlohy môžu pokročilejší žiaci riešiť ako sústavu rovníc s dvomi neznámymi. Je možné tiež riešiť úvahou.

Pootočme spojené kladky K3-K4 raz okolo svojej osi v smere hodinových ručičiek. Na ľavej strane kladky K21 sa lanko skráti o $o_4 = 150$ mm, kým lanko na pravej strane K2 sa predĺži o $o_3 = 50$ mm. Aby lanko zostalo na oboch stranách kladky K2 napnuté (a zvislé), kladka musí „previesť" z pravej strany na ľavú stranu $o_4 - o_3 = 100$ mm lanka bez prešmykovania, preto sa otočí v smere hodinových ručičiek jedenkrát (obvod K2 je $o_2 = 100$ mm). Lanko na oboch stranách kladky K2 zostane teda napnuté, celková dĺžka lanka, na ktorej visí kladka K2, sa skráti o $o_4 - o_3 = 100$ mm, preto kladka K2 sa zdvihne o $\frac{o_4-o_3}{2}$ =50 mm. O koľko sa zdvihne kladka K2, o toľko poklesne kladka K1.

Kladka K_1 v časti *c)* poklesla celkom o 300 mm, preto kladka K2 sa zdvihne o 300 mm K2 a pootočí sa v smere hodinových ručičiek celkom $N = 6$-krát. Jednému pootočeniu spojenej kladky K3-K4 v smere hodinových ručičiek zodpovedá jedno pootočenie v smere hodinových ručičiek kladky K2, preto $n = N = 6$ 2 body

(Kladka K1 sa tiež otáča v smere hodinových ručičiek a tiež 6-krát.)

Iné riešenie, pokročilé

Ak sa kladka K2 posunie o $h_3 (= 6o_3)$ nahor, skrátia sa priame úseky vlákna na pravej aj na ľavej strane kladky K2 o túto dĺžku $h_3 (= 6o_3)$. Ak sa kladka K2 otočí o N otáčok, uberie sa z úseku vlákna na pravej strane kladky K2 a súčasne pridá na ľavej strane dĺžka $No_2 (= 2No_3)$. Súčasne sa dvojkladka K3–K4 otočí o n otáčok, tzn. na pravej strane kladky K2 sa pridá vlákno dĺžky no_3 a na ľavej strane sa uberie vlákno dĺžky $no_4 (= 3no_3)$. Tak platí $h_3 = No_2 - no_3$ na pravej strane a $h_3 = no_4 - No_2$, alebo zjednodušene

$6 = 2N - n$ a $6 = 3n - 2N$

odkiaľ dostaneme, že $n = N = 6$.

Všeobecne: z rovníc vylúčime počet otáčok n, napr. vyjadríme n z prvej rovnice a dosadíme do druhej

$n = N\frac{o_2}{o_3} - \frac{h_3}{o_3}$ a $h_3 = \left(\frac{h_3}{o_3} + N\frac{o_2}{o_3}\right) o_4 - No_2$.

Odtiaľ vyjadríme počet otočení kladky K2

$N = h_3 \frac{o_4+o_3}{o_2(o_4-o_3)} = h_3 \frac{2}{o_2}$.

Po dosadení $N = 6$.

Kladka K2 sa otočí 6-krát v smere otáčania hodinových ručičiek.

Počet otočení dvojkladky K3–K4

$n = N\frac{o_2}{o_3} - \frac{h_3}{o_3} = h_3 \frac{2}{o_4-o_3}$.

po dosadení $n = 6$.

Dvojkladka K3–K4 sa otočí tiež o 6 otáčok v smere otáčania hodinových ručičiek.

Pozn.: Iné riešenie, ktoré vedie na správne výsledky uznať s plným počtom 2 bodov.

3) Mosadzné poháre

Riešenie:

a) $C_\mathrm{A} = mc_\mathrm{m} = 167{,}2\ \mathrm{J/°C}$. 1 bod

b) Tepelná kapacita vody s pohárom je rovná súčtu tepelnej kapacity pohára a tepelnej kapacity vody. Pohár B: Tepelná kapacita vody doplnenej do pohára B má hmotnosť m_B a pre tepelnú kapacitu pohára platí $C_\mathrm{B} = 2\,C_\mathrm{A}$, a teda $C_\mathrm{B} - C_\mathrm{A} = C_\mathrm{A} = m_\mathrm{B}c_\mathrm{v}$, odkiaľ $m_\mathrm{B} = m\frac{c_\mathrm{m}}{c_\mathrm{v}} = 40{,}0$ g. 3 body

Obdobnou úvahou dostaneme pre hmotnosť vody doplnenej do pohára C
$m_\mathrm{C} = 2m_\mathrm{B} = 80{,}0$ g. 3 body

c) Po vyrovnaní teplôt dôjde k výmene tepla medzi pohármi, ale celková energia sústavy sa nezmení, a teda

$C_\mathrm{A}(t_\mathrm{A} - t_\mathrm{k}) + C_\mathrm{B}(t_\mathrm{B} - t_\mathrm{k}) + C_\mathrm{C}(t_\mathrm{C} - t_\mathrm{k}) = 0$,

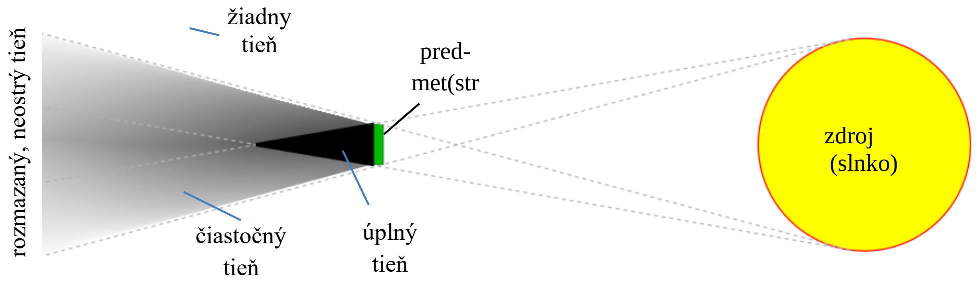
odkiaľ konečná teplota $t_\mathrm{k} = \frac{C_\mathrm{A}t_\mathrm{A} + C_\mathrm{B}t_\mathrm{B} + C_\mathrm{C}t_\mathrm{C}}{C_\mathrm{A} + C_\mathrm{B} + C_\mathrm{C}} = \frac{t_\mathrm{A} + 2t_\mathrm{B} + 3t_\mathrm{C}}{1+2+3} = 64{,}67\ \mathrm{°C}$ 3 body

4) Tiene

Riešenie:

a) Priestor s úplným tieňom je miesto, odkiaľ nevidíme žiadnu časť zdroja svetla (slnka). Miesto, odkiaľ vidíme zdroj svetla len čiastočne, je čiastočný tieň. Miesta, odkiaľ predmet nevykrýva žiadnu časť zdroja svetla nie je tieň. Ak tieň na stene je len čiastočný, alebo len malá časť predstavuje úplný tieň, vnímame ho ako rozmazaný.

Akékoľvek prijateľné vysvetlenie, v ktorom sa objaví myšlienka čiastočného tieňa je treba hodnotiť ako správne. Náčrtok a vysvetlenie 1 bod



Obr. RF–3a

b) Obraz Slnka v rovinnom zrkadle (okno) je neskutočný. 1 bod

Vzdialenosť obrazu Slnka od miesta odrazu je rovnaká, ako vzdialenosť samotného Slnka od miesta odrazu, teda približne 150 mil. km 1 bod

Veľkosť obrazu Slnka v rovinnom zrkadle je rovnaké, ako veľkosť samotného Slnka, teda má priemer približne 1,4 mil. km. 1 bod

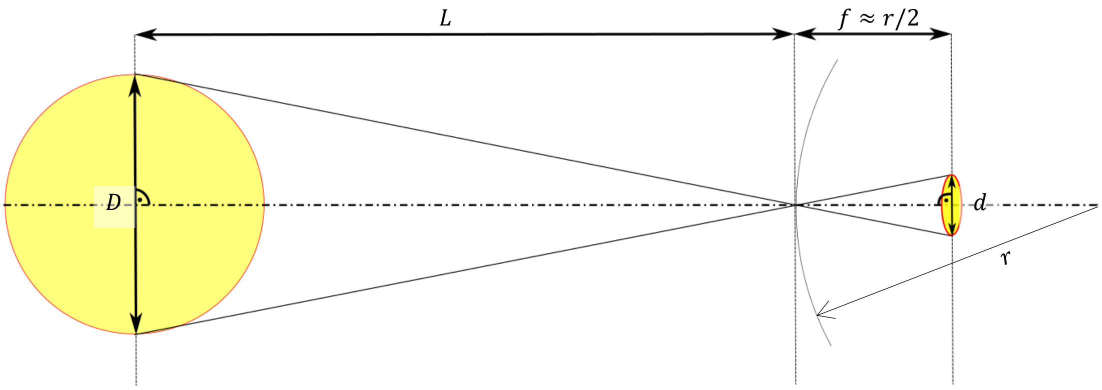
c) Obraz Slnka vo vypuklom guľovom zrkadle (časť čelného skla auta) je neskutočný 1 bod

Vzdialenosť obrazu od vrcholu guľového zrkadla určíme na základe zobrazovacej rovnice $\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f}$, kde $a \approx 150$ mil. km je vzdialenosť Slnka od zrkadla, $f = \frac{r}{2} = 150$ mm.

Potom $a' \approx f$ je vzdialenosť obrazu od zrkadla. 2 body

Z podobnosti trojuholníkov vyplýva $\frac{1{,}4\ \text{mil.km}}{150\ \text{mil.km}} = \frac{priemer\ obrazu}{150\ \text{mm}}$.

Ak priemer Slnka je približne 1,4 mil. km, priemer jeho obrazu v našom guľovom zrkadle bude $d \approx 1{,}4$ mm. 2 body



Obr. RF–3b

d) Pri odraze slnečných lúčov z čelného skla auta (guľové zrkadlo), konáriky sú osvetlené lúčmi vychádzajúcimi zdanlivo z neskutočného obrazu Slnka, ktorého priemer je len 1,4 mm. Konáriky, ktoré majú priemer väčší ako 1,4 mm vrhajú úplný tieň do ľubovoľnej vzdialenosti, a dobre budú vidieť aj na Karlinej stene. V našich podmienkach budú na stenu vrhať ešte úplný tieň (výrazný tieň) aj konáriky, ktorých priemer je len 0,7 mm. 1 bod

Uznáva sa akékoľvek fyzikálne prijateľné vysvetlenie, kde sa uvádza fakt, že na stene vznikne úplný tieň aj malých konárikov (napr. vďaka malým rozmerom obrazu Slnka)

63. ročník Fyzikálnej olympiády – *Úlohy krajského kola kategórie E*

Autori návrhov úloh:	Boris Lacsný (1, 3), Aba Teleki (2, 4)
Recenzia:	Ivo Čáp
Preklad textu úloh do maďarského jazyka:	Aba Teleki
Redakcia:	Ivo Čáp
Vydal:	Slovenská komisia fyzikálnej olympiády
	IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2022