

56. ročník Fyzikálnej olympiády
v školskom roku 2014/2015
Katégória F – domáce kolo
Texty úloh

1. Vlak

a) Stanice: Košice, Kysak, Poprad–Tatry, Liptovský Mikuláš, Žilina, Trenčín, Trnava, Bratislava

	KE	KYS	PT	LM	ŽA	TRE	TRN	BA
Príchod		9:31	10:26	11:08	12:08	13:15	13:56	14:23
Odchod	9:19	9:33	10:29	11:10	12:11	13:17	13:58	
Vzdialenosť /km	0	16	101	159	242	321	399	445

1 b

b)

Úseky	KE KYS	KYS PT	PT LM	LM ŽA	ŽA TRE	TRE TRN	TRN BA
Rýchlosť / km/h	80,0	96,2	89,2	85,9	74,1	120,0	110,4

1 b

c) $v_{p1} \approx 85,2$ km/h, $v_{p2} \approx 116,3$ km/h.

2 b

d) $t_2 = 5$ hod 27 min, $t_1 = 5$ hod 04 min, $\Delta t_1 = 23$ min.

2 b

e) $t_3 = 4$ hod 04 min, $t_1 = 5$ hod 04 min, $\Delta t_2 = -1$ hod.

2 b

f) Za čas t_z prejde vlak vzdialenosť $s_z = v_z t_z$. Pôvodnou priemernou rýchlosťou v_{LZ} by vlak prešiel túto vzdialenosť za čas $t_{z0} = s_z/v_{LZ}$. Oneskorenie vzniknuté spomalením

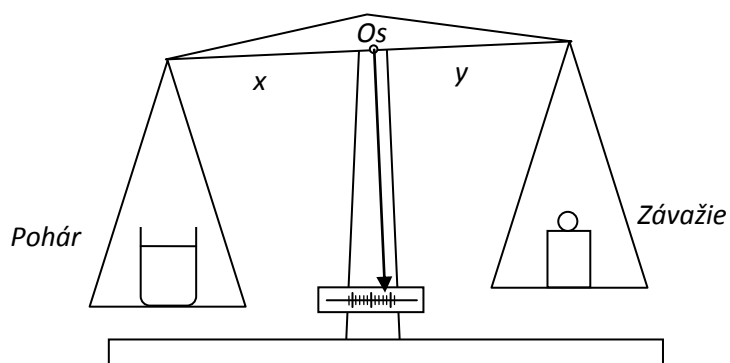
$$\Delta t_z = t_z - t_{z0} = t_z (1 - v_z/v_{z0}) = 8,0 \text{ min.}$$

2 b

2. Váha

a) Obr. RF-1

2 b



Obr. RF-1

b) Rovnováhu na váhe nastavíme tak, že rameno váh bude vodorovne a ručička váhy bude vtedy nasmerovaná na nulu v strede stupnice. Ďalej predpokladáme, že jedno rameno váh má vzdialenosť od osi otáčania x , druhé y .

Teleso s neznámou hmotnosťou m_p vyvážiame najskôr na jednej strane váhy a potom na druhej. Pre rovnováhu na váhe platí

$$m_1 g x = m_p g y,$$

$$m_p g x = m_2 g y. \quad 4 \text{ b}$$

Riešením tejto sústavy dostaneme pomer

$$\frac{m_1}{m_p} = \frac{m_p}{m_2},$$

$$\text{odtiaľ skutočnú hmotnosť telieska } m_p = \sqrt{m_1 m_2} = 559 \text{ g.} \quad 4 \text{ b}$$

3. Voda z ľadovca

a) Hmotnosť ľadového bloku

$$m = \rho_L a \times b \times c, \text{ pre dané hodnoty } m \approx 1,14 \text{ miliónov ton.} \quad 2 \text{ b}$$

b) Objem ľadovca je $V_L = a \times b \times c$. Objem ponorenej časti $V_p = V_L - V_O$. Podľa Archimedovho zákona je vztlaková sila $F_{vu} = \rho_M V_p g$, a tá je rovná tiažovej sile ľadovca $F_L = m g$. Máme tak rovnicu

$$\rho_L V_L g = \rho_M (V_L - V_O) g,$$

z ktorej určíme objem časti ľadovca vyčnievajúcej nad hladinu

$$V_O = V_L \frac{\rho_M - \rho_L}{\rho_M}. \text{ Pre dané hodnoty veličín } V_O \approx 140 \text{ tisíc m}^3. \quad 2 \text{ b}$$

c) Voda bude mať rovnakú hmotnosť ako ľadovec, ale má väčšiu hustotu. Keďže polárne ľadovce vznikli kondenzáciou atmosférických zrážok, vzniká ich roztopením sladká voda. Ak označíme V_S objem vody, ktorá vznikne roztopením ľadovca, máme

$$\rho_L V_L = \rho_S V_S$$

$$\text{a odtiaľ } V_S = V_L \frac{\rho_L}{\rho_S}. \text{ Pre dané hodnoty veličín } V_S \approx 1,14 \text{ miliónov m}^3. \quad 2 \text{ b}$$

d) Celková energia dopadajúceho žiarenia za jednu sekundu $E = E_1 S = E_1 a \times b$.

$$\text{Pre dané hodnoty } E \approx 34 \text{ MJ/s} = 34 \text{ MW.} \quad 2 \text{ b}$$

e) Teplo Q potrebné na roztopenie ľadu na vodu s objemom V_v , tzn. ľadu s hmotnosťou $m_v = \rho_S V_v$ je $Q = m_v l_L$. Za jednu sekundu sa využije energia slnečného žiarenia $Q = k E$, kde $k = 30 \%$. Objem získanej vody

$$V_v = \frac{m_v}{\rho_S} = \frac{Q}{\rho_S l_L} = \frac{k E}{\rho_S l_L}. \text{ Pre dané hodnoty veličín } V_v \approx 30,5 \text{ litra vody za sekundu.}$$

2 b

4. Prúdenie vzduchu (vetranie, prievan)

- a) Vetranie je premiešavanie vzduchu v miestnosti so vzduchom vonku.

Na vetranie vplýva niekoľko faktorov, najmä teplota vzduchu v miestnosti a vonku a chemické zloženie (obsah vody – vlhkosť, obsah rôznych plynov a pod.). Pri vetraní sa uplatňuje prúdenie vzduchu a difúzia (premiešavanie – príklad šírenie vône od zdroja do okolitého priestoru). Na prúdenie má vplyv hlavne rozdielna hustota vzduchu závislá od teploty. Vzduch s vyššou teplotou má pri danom tlaku menšiu hustotu ako vzduch chladný. Podľa Archimédovho zákona vzduch s vyššou hustotou vytláča vzduch s nižšou hustotou (a tým vyššou teplotou) nahor. Preto sa chlad v miestnosti drží pri zemi a teplý vzduch je pri stope. Pri otvorení okna sa chladnejší vzduch z vonka tlačí pri spodnom okraji dovnútra a teplý vzduch uniká pri hornom okraji von. Ak je v miestnosti chladnejšie ako vonku je prúdenie opačné. O smere prúdenia sa môžeme presvedčiť pomocou vychyľovania plameňa horiacej sviečky.

Ak by bolo rozloženie hustoty vzduchu na vnútornej a vonkajšej strane okna rovnaké (čo je veľmi zriedkavé), pôsobí pri otvorení okna difúzia, pri ktorej sa vyrovnáva medzi miestnosťou a okolím vlhkosť, obsah CO₂ a iných plynov (napríklad vetraním sa odstráni zápach v miestnosti alebo opačne zápach z okolia sa dostane do miestnosti a pod.)

Pozn.: Možno akceptovať aj iné fyzikálne rozumné vysvetlenie.

3b

- b) Prievan v uvedených podmienkach je prúdenie vzduchu v dôsledku tlakového rozdielu medzi východnou a západnou časťou domu (s rozdielnou teplotou a tým aj hustotou vzduchu sú spojené nepatrné tlakové odchýlky od priemerného atmosférického tlaku) prípade, že teploty vzduchu v týchto častiach sú rozdielne).

Ráno sa začne slnečným žiarením zahrievať východná strana domu a od nej vzduch. Zvýšenie teploty vzduchu spôsobí pokles jeho hustoty a tým prúdenie smerom nahor pozdĺž steny. Ak sú otvorené okná naprieč domom, dochádza k prenikaniu chladného vzduchu s vyššou hustotou zo západnej strany do vnútra a k vysávaniu vzduchu na východnej strane, kde je hustota vzduchu menšia.

Odpoludnia sa pomery zmenia, Slnko zahrieva západnú stranu a východná chladne. Smer prúdenia vzduchu naprieč domom sa zmení. Ak je teplota z oboch strán (na poľudnie alebo v noci), je prúdenie minimálne. Tieto úvahy si možno overiť napr. pomocou záclony alebo pribuchnutia dverí pri prievane.

Pri týchto úvahách sa predpokladá bezvetrie. Vietor môže smer prievanu významne ovplyvniť.

Pozn.: Možno akceptovať aj iné fyzikálne rozumné vysvetlenie.

4b

- c) Údaj teplomeru (ortuťového alebo elektronického) pri meraní teploty vzduchu je závislý od toho, či cez čidlo teplomera vzduch prúdi alebo je v pokoji, či sa pokrýva zrážkami (voda, sneh), či je na slnečnej strane alebo v tieni. Teplomery meteorostanic sú uložené v špeciálnych búdkach, ktoré ochraňujú teplomer pred priamym slnečným žiarením, pred silným prúdením vzduchu a zrážkami. Ich údaj sa považuje za teplotu vzduchu, ako sa uvádzajú v záznamoch.

Pocitová teplota je subjektívny údaj, ako ju pociťuje a hodnotí človek. Nedá sa objektívne určiť. Pocitovú teplotu ovplyvňuje najmä vlhkosť vzduchu a prúdenie (vietor). Na reguláciu teploty organizmu silno vplýva odparovanie potu z povrchu tela, pri ktorom sa

z tela odvádza výparné teplo. Odparovanie sa znižuje pri vysokej vlhkosti vzduchu, preto vo vlhkom vzduchu (tropické podnebie, skleník s vysokou vlhkosťou vzduchu a pod.) je pocitová teplota vyššia ako pri rovnakej teplote suchého vzduchu. Odparovanie potu z povrchu tela sa zvyšuje pri ofukovaní tela. Pocitová teplota pri vetre je nižšia ako pri bezvetří. Proti vplyvu vetra chránime povrch tela oblečením, preto je pocitová teplota oblečeného človeka vyššia ako človeka vyzlečeného. Pocitová teplota mokrého človeka je nižšia ako človeka suchého. Tepelná vodivosť vody je väčšia ako nehybného vzduchu, preto pocitová teplota vo vode s teplotou 20 °C je nižšia ako vo vzduchu s rovnakou teplotou atď.

3b

5. Kocka ľadu

Riešenie:

- a) Objem V_p ponorenej časti určíme z Archimedovho zákona $\rho_L V_0 = \rho_V V_p$.

Vytlačenie vody s objemom V_p vedie na zvýšenie hladiny o $\Delta h_1 = V_p / S$. Výška hladiny je potom

$$h_1 = h_0 + \Delta h_1 = h_0 + \frac{V_0}{S} \frac{\rho_L}{\rho_V}. \text{ Pre dané hodnoty veličín } h_1 \approx 10,8 \text{ cm.} \quad 2 \text{ b}$$

- b) Pri roztopení zaplní voda z ľadu objem V_p . Vplyvom roztopenia ľadu sa výška hladiny nezmení a je teda $h_2 = h_1$. 1 b

- c) Gul'ôčka má objem $V_g = m_o / \rho_o$ a ľad objem $V_L = V_0 - V_g$. Hmotnosť kocky s gul'ôčkou $m = m_o + \rho_L (V_0 - m_o / \rho_o)$. Hmotnosť vody vytlačenej ponorenou časťou kocky $m_V = \rho_V V_V$.

Podmienka plávania kocky je $V_V < V_0$. Z podmienky $m = m_V$ pri plávaní máme

$$m_o + m_L = m_o + (V_0 - \frac{m_o}{\rho_o}) \rho_L = \rho_V V_V < \rho_V V_0$$

a odtiaľ napríklad obmedzenie pre hmotnosť gul'ôčky

$$m_o < \rho_o \frac{\rho_V - \rho_L}{\rho_o - \rho_L} V_0 = m_{o \max}. \text{ Pre dané hodnoty } m_{o \max} \approx 2,5 \text{ g.}$$

Pre danú hmotnosť gul'ôčky kocka ľadu s gul'ôčkou klesne na dno. 3 b

- d) Po vložení kocky sa zväčší výška hladiny o $\Delta h_3 = V_0 / S$, takže výška hladiny bude

$$h_3 = h_0 + \frac{V_0}{S}. \text{ Pre dané hodnoty } h_3 \approx 10,83 \text{ cm} \approx 10,8 \text{ cm.} \quad 1 \text{ b}$$

- e) Po roztopení kocky zostane na dne gul'ôčka s objemom $V_g = m_o / \rho_o$ a voda s objemom

$$V_V = \frac{m_L}{\rho_V} = (V_0 - \frac{m_o}{\rho_o}) \frac{\rho_L}{\rho_V}.$$

Výška hladiny bude

$$h_4 = h_0 + \frac{V_V + V_g}{S} = h_0 + \frac{(V_0 - \frac{m_o}{\rho_o}) \frac{\rho_L}{\rho_V} + \frac{m_o}{\rho_o}}{S} = h_0 + \frac{1}{S} \left[V_0 \frac{\rho_L}{\rho_V} + \frac{m_o}{\rho_o} \left(1 - \frac{\rho_L}{\rho_V} \right) \right].$$

Pre dané hodnoty veličín $h_4 \approx 10,76 \text{ cm} \approx 10,8 \text{ cm}$. 3 b

Po roztopení ľadu klesne hladina o 0,7 mm.

6. Výtah

- a) Účinnosť výtahu je ovplyvnená účinnosťou motora a stratami trením v sústave. V prípade, keď je hmotnosť kabíny s posádkou väčšia ako hmotnosť závažia, motor pri dvíhaní kabíny nahor koná užitočnú kladnú prácu a odoberá zo siete elektrický výkon. Pri ceste kabíny nadol však musí motor brzdiť, pričom rozdiel potenciálnej energie sa mení na stratové teplo. Ak je kabína s posádkou ľahšia ako závažie, je tomu opačne. Aby sa obmedzil maximálny výkon pri ťahu i pri brzdení, kabína výtahu sa vyvažuje. Ak je hmotnosť kabíny s posádkou rovná hmotnosti závažia, v oboch smeroch motor koná minimálnu prácu iba na prekonanie trenia. Ak sa predpokladá bežná hmotnosť posádky 150 kg (dve osoby), je optimálne protizávažie 650 kg. Extrémne hodnoty zaťaženia výtahu (prázdna kabína a maximálne zaťažená kabína) sú tak rovnako o 150 kg odlišné od optimálneho zaťaženia. Bez protizávažia by boli extrémne zaťaženia sústavy oveľa väčšie. Výhodou protizávažia je i to, že nie je potrebný navijak lana v strojovni výtahu, ale lano sa vedie iba cez kladky a znižuje sa výkon spotrebovaný na prekonávanie tiaže lana. 4b
- b) Výkon motora je súčinom výslednej sily a rýchlosti. Ak uvážime účinnosť sústavy je príkon $P_1 = (m_z - m_k) g v_0 / \eta$. Pre dané hodnoty $P_1 = 2,4 \text{ kW}$. 3b
- c) Pri preprave osôb smerom nahor je rovnakým spôsobom príkon motora $P_2 = (m_k + M - m_z) g v_0 / \eta = 1,6 \text{ kW}$. 3b

7. Hustota plávajúceho telesa - experimentálna úloha

Pri meraní možno použiť nasledujúcu metódu:

Do odmerného valca nalejeme vhodné množstvo vody s objemom V_1 , ktorý určíme na stupnici valca. Potom do vody vložíme teleso. Hladina vody vo valci sa zvýši a na stupnici prečítame objem V_2 . Rozdiel $\Delta V_1 = V_2 - V_1$ predstavuje objem vytlačený ponorenou časťou telesa a podľa Archimedovho zákona je hmotnosť vytlačenej vody rovná hmotnosti telesa $m = \rho_v \Delta V_1$. Potom teleso celé zatlačíme pod hladinu a na stupnici prečítame objem V_3 . Rozdiel $\Delta V_2 = V_3 - V_1$ predstavuje objem telesa. Hustota telesa je

$$\rho = \frac{m}{\Delta V_2} = \rho_v \frac{V_2 - V_1}{V_3 - V_1}. \quad \text{Podľa úrovne spracovania max. 10 b}$$

56. ročník Fyzikálnej olympiády – Úlohy domáceho kola kategórie F

Autor úloh:	Ivo Čáp (1, 6, 7), Ľubomír Konrád (2, 3), Daniel Klivanec (4), Mária Kladivová (5)
Recenzia a úprava úloh:	Daniel Klivanec, Ivo Čáp
Redakcia:	Ľubomír Konrád
	Slovenská komisia fyzikálnej olympiády
Vydal:	IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2014