58. ročník Fyzikálnej olympiády
v školskom roku 2016/2017
Kategória F – domáce kolo
Riešenie úloh

1. Fyzikálne veličiny a ich jednotky

Riešenie:

a) Základné jednotky sústavy SI: m – meter (dĺžka), s – sekunda (čas), kg – kilogram (hmotnosť), A – ampér (elektrický prúd), K – kelvin (termodynamická teplota), mol (látkové množstvo), cd – kandela (svietivosť)

Na základe materiálneho modelu je definovaná jednotka kilogram, kandela pomocou definovaného zdroja žiarenia, kelvin pomocou rovnovážnej zmesi ľadu vody a pary, mol pomocou definovaného množstva uhlíka ^{12}C.

Na základe experimentu sú definované jednotky: meter (interferometer), sekunda (elektronický čítač impulzov), ampér (vzájomné silové pôsobenie dvoch vodičov s prúdom). 2 b

b), c) - pozri riešenia 1. úlohy kategórie E 1 + 1 b

d) Tabuľka

Názov veličiny	Značka veličiny	Fyzikálna jednotka veličiny	Značka jednotky	Názov jednotky
dĺžka	*l*, *s*	1 m	m	meter
obsah plochy	*S*, *A*	1 m^2	m^2	meter štvorcový
objem	*V*	1 m^3	m^3	kubický meter
hmotnosť	*m*	1 kg	kg	kilogram
hustota	ρ, s	$1\ \frac{kg}{m^3}$	$\frac{kg}{m^3}$	kilogram na meter kubický
čas	*t*, τ	1 s	s	sekunda
rýchlosť	*v*	$1\ \frac{m}{s}$	$\frac{m}{s}$	meter za sekundu
teplota	*t*, *T*, ϑ	1 °C	°C	stupeň celzia
sila	*F*	1 N	N	newton
práca	*W*	1 J	J	joule

2. Skúmanie kovových kociek

Riešenie:

a) Keďže nevieme, aká je vnútorná štruktúra kociek (vnútorné dutiny a pod.). Určíme ich priemerné hustoty

$\rho_1 = \dfrac{m_1}{a^3}$, $\rho_2 = \dfrac{m_2}{a^3}$. Predané hodnoty $\rho_1 = 2{,}7\times10^3\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$, $\rho_2 = 7{,}4\times10^3\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$.

Z výsledku je zrejmé, že prvá kocka je z hliníka, ktorý má hustotu $\rho_{\mathrm{Al}} = 2{,}70\times10^3\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$.
Meď má hustotu $\rho_{\mathrm{Cu}} = 8{,}94\times10^3\ \frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}$. Druhá kocka je z medi s vnútornou dutinou.

4 b

b) Prvá kocka je z hliníka a predstavuje plné teleso.
Ak vieme, že druhá kocka je z medi, musí obsahovať dutinu, keďže $\rho_2 < \rho_{\mathrm{Cu}}$. 3 b

c) Z danej hmotnosti m_2 a známej hustoty medi určíme objem medi v kocke

$$V_{\mathrm{Cu}} = \frac{m_2}{\rho_{\mathrm{Cu}}}.$$

Objem dutiny je potom

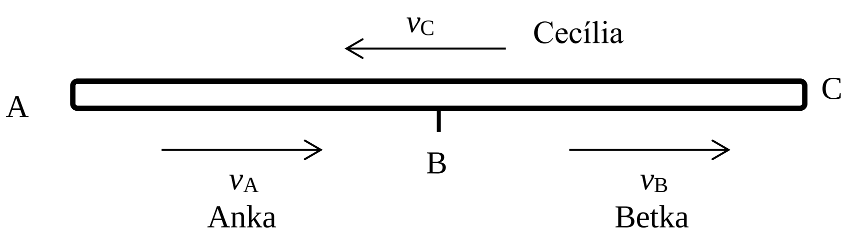
$V_0 = a^3 - V_{\mathrm{Cu}} = a^3 - \dfrac{m_2}{\rho_{\mathrm{Cu}}}$. Pre dané hodnoty $V_0 \approx 2{,}21\times10^{-5}\ \mathrm{m}^3 = 22{,}1\ \mathrm{cm}^3$. 3 b

Pozn.: Objem kocky V = 125 cm^3, tzn. dutina predstavuje približne 18 % objemu kocky.

3. Vajíčková štafeta

Riešenie:

a) Obrázok 1 b



Obr. RF–1

b) V prvom kole Dorka stála, v druhom dobehla na stanovište B, v treťom na C a v štvrtom kole na stanovište A. Dovtedy vajíčko obehlo celú trať 4krát. 2 b

c) Počas celej štafety, tzn. štyroch obehov trasy, prešlo vajíčko dráhu $s = 8\,(a + b)$. Pre dané hodnoty s = 240 m. 2 b

d) Prvé kolo trvalo

$$t_1 = \frac{a}{v_{\mathrm{A}}} + T + \frac{b}{v_{\mathrm{B}}} + T + \frac{a+b}{v_{\mathrm{C}}}.$$ 0,5 b

Druhé kolo sa začína odovzdaním štafety

$$t_2 = T + \frac{a}{v_\mathrm{D}} + T + \frac{b}{v_\mathrm{A}} + T + \frac{a+b}{v_\mathrm{B}},$$ 0,5 b

tretie a štvrté

$$t_3 = T + \frac{a}{v_\mathrm{C}} + T + \frac{b}{v_\mathrm{D}} + T + \frac{a+b}{v_\mathrm{A}}$$ 0,5 b

$$t_4 = T + \frac{a}{v_\mathrm{B}} + T + \frac{b}{v_\mathrm{C}} + T + \frac{a+b}{v_\mathrm{D}}.$$ 0,5 b

Je zrejmé, že po dobehnutí Dorky do cieľa je situácia rovnaká ako na začiatku. Každé z dievčat postupne prebehlo celý okruh, tzn. celkový čas je pre každú 2 (a + b) / v. Na každom okruhu okrem prvého sú 3 odovzdávania, tzn. čas 3 T, len na prvom okruhu sú iba dve. Celkový čas odovzdávaní je 11 T. 1 b

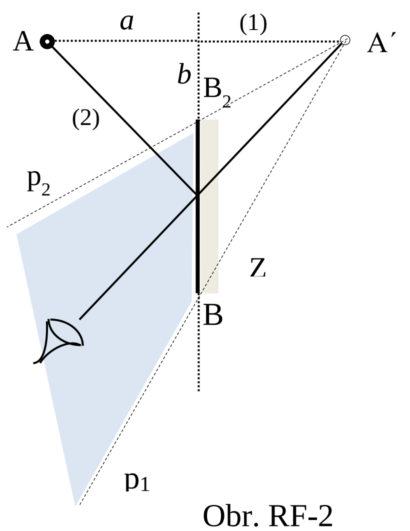
Celkový čas štafety

$$t_{celk} = 2(a+b)\left(\frac{1}{v_\mathrm{A}} + \frac{1}{v_\mathrm{B}} + \frac{1}{v_\mathrm{C}} + \frac{1}{v_\mathrm{D}}\right) + 11T$$. Pre dané hodnoty t_celk = 88 s. 2 b

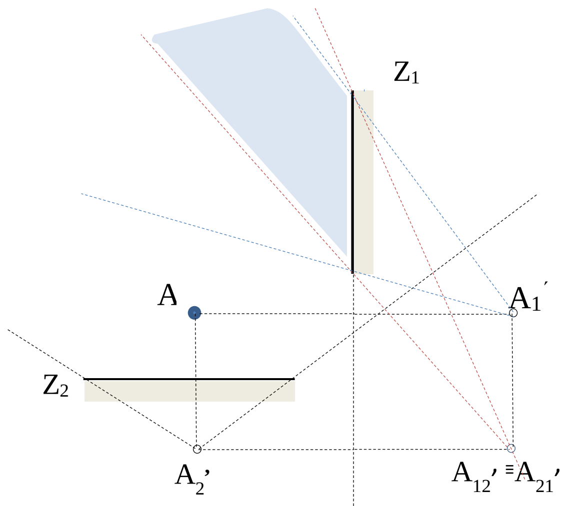
O tomto výsledku sa možno presvedčiť aj sčítaním $t_\mathrm{celk} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$.

4. Zobrazovanie v rovinnom zrkadle

Riešenie:



Obr. RF-2



Obr. RF-3

Rovina zrkadla je kolmá na nákresňu. Pre zobrazovanie používame lúče v rovine nákresne

a) Zákon odrazu: Uhol dopadu sa rovná uhlu odrazu svetelného lúča na zrkadle. Odrazený lúč leží v rovine dopadu. Rovina dopadu je daná lúčom a kolmicou dopadu. 1 b

b) Obraz *A´* bodu *A* v zrkadle Z zostrojíme pomocou dvoch rôznobežných lúčov: napr. pomocou lúča (1), ktorý prechádza kolmo na zrkadlo a iného lúča (2), obr. RF-2. Oba lúče sa pretínajú v bode A´ v obrazovom priestore za zrkadlom. Obraz A´ bodu A je vo vzdialenosti *a* za zrkadlom a vo výške *b* na horným okrajom zrkadla. 2 b

c) Optické vlastnosti obrazu A´: Obraz A´ je neskutočný (zdanlivý) (nie je možné ho premietnuť na tienidlo), vždy je v rovnakej vzdialenosti za zrkadlom v akej je skutočný bod pred zrkadlom. 1 b

d) Z každého bodu nemožno pozorovať obraz bodu A. Priestor, z ktorého možno pozorovať obraz A´ je vymedzený lúčmi p_1, p_2, ktoré sa odrážajú od okrajových bodov B_1, B_2 zrkadla. V obr. RF-3 je tento priestor (v obrázku plocha) vyznačený šedou farbou. 1 b

e) Obrazy bodu A na dvoch zrkadlách (obr. F-2) zostrojíme rovnakým postupom, ako v úlohe b). Vzhľadom na to, že zobrazujeme bod v dvoch zrkadlách, zobrazujú sa v jednom zrkadle aj obrazy, ktoré vznikli v druhom zrkadle. V prípade navzájom kolmých zrkadiel sú tieto obrazy totožné, ako to vyplýva z konštrukcie obrazov A'_{12} a A'_{21} v obr. RF-3. 2 b

f) Priestory, z ktorých môžeme pozorovať obrazy na jednotlivých zrkadlách, vyznačujeme priamkami rovnakým postupom, ako v riešení úlohy d). Priestor, z ktorého možno pozorovať všetky tri obrazy bodu A, je daný prienikom (prekrytím) troch priestorov pozorovania všetkých troch obrazov. V obr. RF-3 je vyznačený šedou farbou. 2 b

g) Pozorovanie.
Závery pozorovania: 1 b
- všetky obrazy sú zdanlivé
- všetky obrazy sú priame

5. Ľadový fyzikálny krúžok

Riešenie:

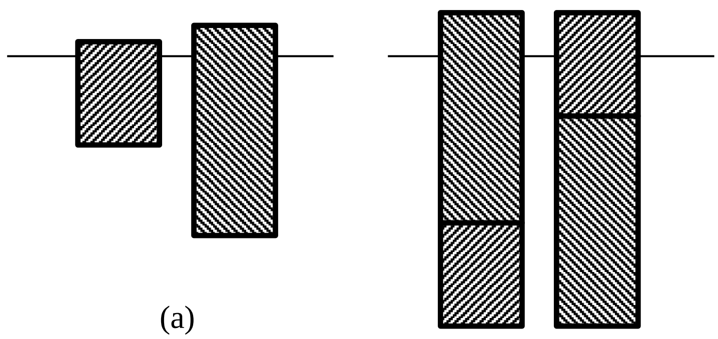
a) Hmotnosť hranolov $m_1 = \rho_V V_1$ a $m_2 = \rho_V V_2$. Výšky hranolov určíme z ich hmotnosti

$\rho_\Gamma a^2 h_1 = \rho_V V_1$, odkiaľ máme $h_1 = \dfrac{\rho_V V_1}{\rho_\Gamma a^2}$,

rovnako pre druhý hranol $h_2 = \dfrac{\rho_V V_2}{\rho_\Gamma a^2}$.

Pre dané hodnoty $h_1 = 30$ mm, $h_2 = 60$ mm. 2 b

b) Situácia je znázornená na obr. RF–3 (a). obrázok 1 b



(a) (b)

Obr. RF–3

Podľa Archimedovho zákona je hmotnosť plávajúceho telesa rovná hmotnosti kvapaliny vytlačenej ponorenou časťou telesa

$$\rho_{\mathrm{I}}\, a^2\, h_1 = \rho_{\mathrm{V}}\, a^2\, h_{\mathrm{p1}}, \text{ odkiaľ máme } \quad p_1 = \frac{h_{\mathrm{p1}}}{h_1} = \frac{\rho_{\mathrm{I}}}{\rho_{\mathrm{V}}}. \qquad 2\text{ b}$$

Pomer nezávisí od výšky hranola, preto je rovnaký pre obidva hranoly $p_1 = p_2$.

Pre dané hodnoty $p_1 = p_2 = 0{,}92 = 92\ \%$.

c) Spojením hranolov sa ich celková hmotnosť nezmenila, preto ani hmotnosť vody vytlačenej ponorenou časťou telesa bude rovnaká. Hladina vody v akváriu sa nezmení.

1 b

d) Situáciu znázorňuje obr. RF–3 (b).

Celková výška telesa je $h_1 + h_2$. Výška časti telesa vyčnievajúcej nad hladinu

$$h_{\mathrm{v}} = (h_1 + h_2)(1 - p_1) = \left(\frac{\rho_{\mathrm{V}} V_1}{\rho_{\mathrm{I}}\, a^2} + \frac{\rho_{\mathrm{V}} V_2}{\rho_{\mathrm{I}}\, a^2}\right)\left(1 - \frac{\rho_{\mathrm{I}}}{\rho_{\mathrm{V}}}\right) = \frac{V_1 + V_2}{a^2}\left(\frac{\rho_{\mathrm{V}}}{\rho_{\mathrm{I}}} - 1\right).$$

Pre dané hodnoty $h_{\mathrm{v}} = 7{,}2$ mm.

Ak je väčší hranol navrchu, vyčnieva z vody výškou h_{v}, a teda jeho ponorená časť má výšku $h_2 - h_{\mathrm{v}}$, čo predstavuje relatívnu časť jeho výšky

$$p_3 = \frac{h_2 - h_{\mathrm{v}}}{h_2} = 1 - \frac{V_1 + V_2}{V_2}\left(1 - \frac{\rho_{\mathrm{I}}}{\rho_{\mathrm{V}}}\right).$$

Pre dané hodnoty $p_3 = 0{,}88 = 88\ \%$. 4 b

Ak je väčší hranol naspodku, je celý pod hladinou a teda relatívna časť jeho ponorenej časti $p_4 = 100\ \%$.

6. Prechádzka so psíkom

Riešenie:

a) Z grafu vidno, že obidvaja dorazili do cieľa spoločne $t_0 = 20$ s. 1 b

b) Keďže rýchlosť pohybu je daná pomerom dráhy a času potrebného na prejdenie tejto dráhy, $v = s / \Delta t$, v grafe vidíme, že v prípade Hanky (grafom je priamka) za rovnaký čas Δt (napr. 1 s) je prírastok dráhy vždy rovnaký, čo znamená, že pomer $\Delta s / \Delta t$ je konštantný. Hanka sa pohybuje rovnomerným pohybom.

Aron najprv 5 sekúnd stojí a potom sa rozbehne. Ako vidno z grafu, na začiatku je prírastok dráhy Δs za 1 sekundu menší, ale v prvých 5 sekundách behu prírastok Δs za 1 sekundu narastá. Znamená to, že pohyb sa postupne zrýchľuje. Po 5 sekundách pohybu (čas 10 s) je už nárast dráhy s časom rovnomerný, tzn. ide o rovnomerný pohyb. Strmosť grafu druhej časti pohybu Arona je väčšia ako strmosť grafu Hanky, a z toho vyplýva, rýchlosť pohybu Arona v druhej časti pohybu je väčšia ako rýchlosť pohybu Hanky.

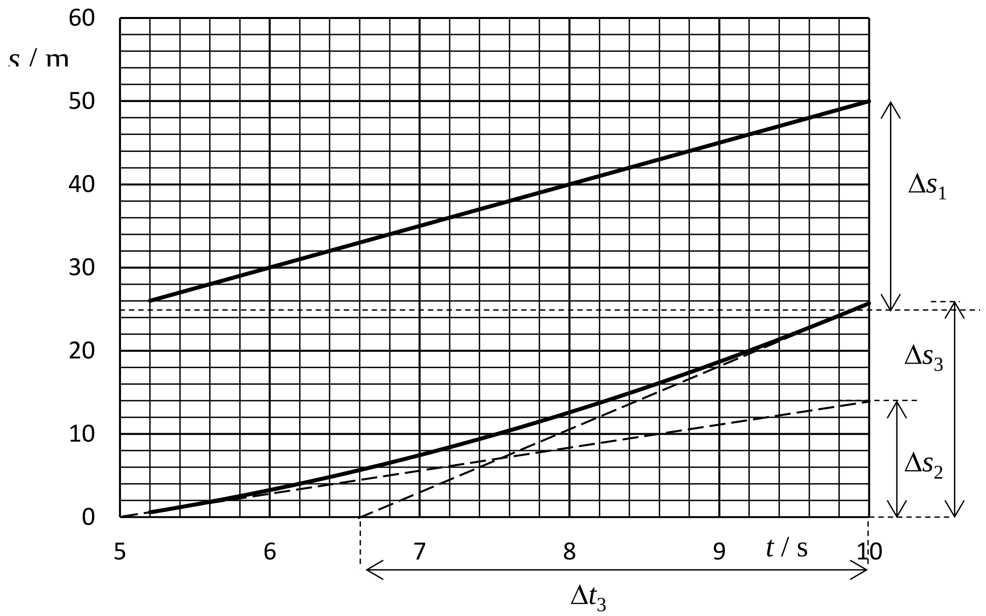
Rýchlosť udáva, o koľko Δs narastie dráha za čas Δt, napr. 1 s, a v grafe sa to prejaví strmosťou krivky. Krivka Hanky má počas behu rovnakú strmosť a ide teda o rovnomerný pohyb. Krivka Arona má na začiatku nulovú strmosť a teda nulovú rýchlosť (stojí). Potom nasleduje zrýchlený pohyb, a ten prejde do rovnomerného pohybu. 2b

c) Graf dráhy ako funkcie času rovnomerného pohybu má tvar priamky.

Pravítkom sa môžeš presvedčiť, že celý pohyb Hanky a druhá časť pohybu Arona je pohyb rovnomerný. 1 b

d) Pre získanie väčšej presnosti graf zväčšíme. Na obrázku RF−4 je zväčšený graf a je vybraná iba podstatná časť grafu 5 s < t < 10 s. V grafe čo najpresnejšie zostrojíme dotyčnice ku krivke Arona v časoch t = 5 s a t = 10 s. *Pozn.: Užitočná je zrkadlová metóda: Na krivku postavíme kolmo na papier obdĺžnikové zrkadielko a pozorujeme krivku a jej zrkadlový obraz. Keď je rovina zrkadielka kolmá na krivku v danom mieste, prechádza krivka do svojho obrazu plynulo bez zalomenia. Ceruzkou obtiahneme hranu zrkadielka a k nej zostrojíme kolmicu – ktorá má smer dotyčnice ku krivke v danom bode.*

Obrázok



Obr. RF−4

graf 1 b

V obrázku prečítame hodnoty prírastkov dráhy Δs a k nim prislúchajúce časové intervaly Δt:

$\Delta t_1 = \Delta t_2 = 5{,}0$ s; $\Delta t_3 = 3{,}4$ s; $\Delta s_1 = 25$ m; $\Delta s_2 = 14$ m; $\Delta s_3 = 26$ m.

Jednotlivé pomery predstavujú rýchlosti

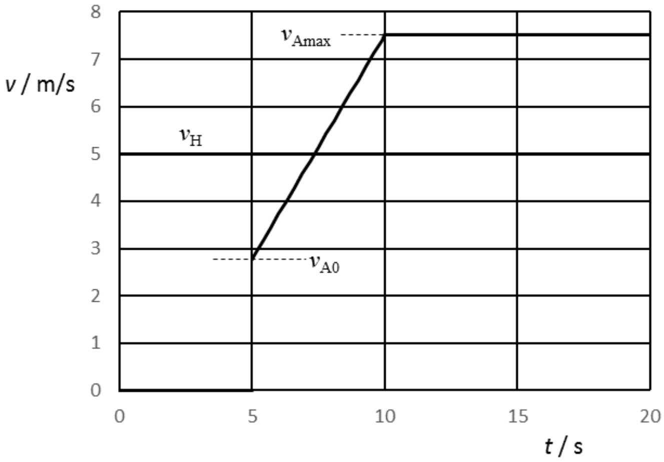
$v_H = \Delta s_1/\Delta t_1 \approx 5{,}0$ m/s

$v_{A0} = \Delta s_2/\Delta t_2 \approx 2{,}8$ m/s

$v_{Amax} = \Delta s_3/\Delta t_3 \approx 7{,}6$ m/s. 3 b

e) Pre rovnomerné časti pohybu už rýchlosti máme: v_H a v_{Amax}.

Pre zrýchlenú časť určíme v niekoľkých časoch (min. 5) rýchlosť ako smernicu (strmosť) dotyčnice. Výsledky vynesieme do grafu $v \sim t$



Obr. RF–5

graf 2 b

Pre presnejšie určenie rýchlosti je potrebné zväčšiť graf, aby sa z neho dalo presnejšie odčítať hodnoty. Na zostrojenie dotyčnice možno použiť metódu zrkadielka opísanú vyššie.

Z grafu $v \sim t$ vidno, že pohyby Hanky a druhá časť pohybu Arona je *pohyb rovnomerný*. V prvej časti pohybu Arona rýchlosť rastie rovnomerne s časom – tento pohyb sa nazýva *rovnomerne zrýchlený*.

7. **Meranie dĺžky použitím špagátu a pravítka** - experimentálna úloha

Riešenie:

Pri meraní obvodu plochy s nepravidelným obrysom je vhodné napichať po obvode špendlíky a okolo niť potom viesť niť. Čím sú špendlíky hustejšie, najmä v miestach, kde sa smer obrysovej krivky prudko mení, tým je meranie presnejšie.

58. ročník Fyzikálnej olympiády – *Úlohy domáceho kola kategórie F*

Autori: Daniel Kluvanec (1, 2, 4, 6), Aba Teleki (3), Monika Hanáková (5, 7)
Recenzia: Ivo Čáp
Redakcia: Daniel Kluvanec
Úlohy posúdil: Milan Ivaška, učiteľ fyziky ZŠ, ul. Energetikov, Prievidza

Slovenská komisia fyzikálnej olympiády
Vydal: IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2016