

**58. ročník Fyzikálnej olympiády
v školskom roku 2016/2017
Kategória E – domáce kolo**

Riešenie úloh

1. Fyzikálne veličiny a ich jednotky

Riešenie:

Veľa užitočných informácií možno nájsť na internete.

- a) Dĺžka 1 m, čas 1 s, hmotnosť 1 kg, elektrický prúd 1 A, termodynamická teplota 1 K, látkové množstvo 1 mol, svietivosť 1 cd. 1 b
- b) Priemer atómového jadra rádovo fm, priemer atómu nm, vlnová dĺžka svetla stovky nm, makromolekuly μm , dielik na pravítku 1 mm, výška človeka 1,8 m, dĺžka dráhy šprintu 100 m, vzdialenosť miest niekoľko kilometre, obvod rovníka 40 000 km, vzdialenosť Zeme od Slnka 150 mil. km = 1 AU, 1 svetelný rok (ly) = 9 460 730 472 580 800 m, najbližšia hviezda Proxima Centauri 4,22 ly, hranica Vesmíru okolo 15 mld ly. 1 b
- c) Doba preletu svetla cez atómové jadro rádovo ys (yoktosekunda 10^{-24} s), najkratšie laserové impulzy 1 fs, dĺžka dátového impulzu v rýchlej počítačovej sieti 1 ns, perióda impulzov v náramkových hodinách μs , perióda zvuku (1 kHz) 1 ms, zotrvačnosť ľudského oka $1/25$ s, perióda tepu srdca 1 s, 1 hodina = 3 600 s, 1 deň, 1 rok, storočie, ... doba od vzniku Vesmíru okolo 15 mld rokov. 1 b
- d) Hmotnosť elektrónu $9,1 \times 10^{-31}$ kg, hmotnosť protónu $1,67 \times 10^{-27}$ kg = 1,67 yg, typická kvapka v oblaku (priemer μm) rádovo fg, vodná kvapka (s priemerom 1 mm) rádovo mg, 1 liter vody = 1 kg, vreca zemiakov 50 kg, lokomotíva 80 t, hmotnosť Zeme 6×10^{24} kg, hmotnosť Slnka 2×10^{30} kg, ... 1 b
- e) 0 K = $-273,15$ °C, najnižšia dosiahnutá teplota 6 μK , teplota varu hélia 4,2 K, teplota varu dusíka (vzduchu) -196 °C (77 K), teplota sublimácie suchého ľadu (tuhý CO_2) $-78,5$ °C, teplota tuhnutia ortuti -39 °C, najnižšia teplota v mrazničke okolo -25 °C, topenie sa ľadu 0 °C, var vody 100 °C, topenie sa železa 1 540 °C, teplota W-vlákna v žiarovke okolo 2 000 °C, teplota topenia volfrámu 3 695 °C, teplota povrchu Slnka približne 6 000 °C, teplota v jadre Slnka vyše 10 mil. °C, rekord dosiahnutý v urýchľovači v Brookhavene (USA) 4 bilióny °C. 1 b

W – watt, J – joule, N – newton, C – coulomb, F – farad, T – tesla, H – henry,
Wb – weber, Ω – ohm, S – siemens, V – volt, Hz – hertz, Bq – becquerel, Pa – pascal,
Gy – gray, Sv – sievert, DU – dobsonova jednotka, dB - decibel

°C – stupeň celzia, Ci – curie, R – röntgen, G – gauss, Ma - mach, M – maxwell,
Oe – oersted, Torr - torr

N_A - Avogadrova konštanta, k_B – Boltzmannova konštanta, h – Planckova konštanta

pozri napr.: <http://www.converter.cz/fyzici/>

2 b

- f) Zápis do protokolu riešenia 1 b
- g) Na vyznačené miesta doplň správne hodnoty (čísla), aby napísané rovnosti boli fyzikálne správne.

$$\begin{aligned}
 10 \text{ s} &= 1/6 \text{ min}; & 4 \text{ km} &= 4\,000 \text{ m}; & 1 \text{ kg} &= 0,001 \text{ t}; & 2,1 \text{ g} &= 2\,100 \text{ mg}; \\
 1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} &= 0,001 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}; & 5,3 \frac{\text{km}}{\text{h}} &= 1,47 \frac{\text{m}}{\text{s}}; & 11 \text{ kN} &= 0,011 \text{ MN}; & 7,6 \text{ mK} &= 7\,600 \mu\text{K}; \\
 3,1 \frac{\text{N}}{\text{cm}} &= 310 \frac{\text{N}}{\text{m}}; & 1 \frac{\text{J}}{\text{cm}^2} &= 10 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2}. & & & & 2 \text{ b}
 \end{aligned}$$

2. Prechádzka so psíkom

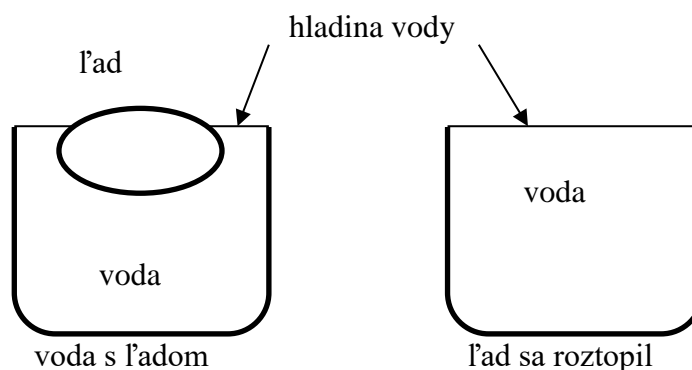
Riešenie:

- a) Dráha $s = 80 \text{ m}$ 1 b
- b) Čas $t_1 = 12 \text{ s}$ 1 b
- c) Vzďialenosť od štartu $s_0 = 50 \text{ m}$, $t_0 = 25 \text{ s}$ 1 b
- d) Hanka: rovnomerný pohyb, Aron zrýchlený pohyb (pri bližšom skúmaní rovnomerne zrýchlený) 1 b
- e) $t_{Hc} = 40 \text{ s}$, $t_{Ac} = 28,5 \text{ s}$ 1 b
- f) $t_H = 40 \text{ s}$, $t_A = 16,5 \text{ s}$ 1 b
- g) $v_{H0} = 2 \text{ m/s}$, $v_{A0} \approx 8 \text{ m/s}$ (pre blízke okolie priesečníku určiť $\Delta s / \Delta t$) 2 b
- h) $\tau = 11,5 \text{ s}$ 2 b

3. Pohár vody s ľadom

Riešenie:

- a) Keďže hmotnosť vody vytlačenej ponorenou časťou ľadu je rovná hmotnosti ľadu, po roztopení vzniknutá voda zaplní objem pôvodne ponorenej časti ľadu. Hladina v pohári zostane nezmenená a žiadna voda z pohára nevytečie. 3 b

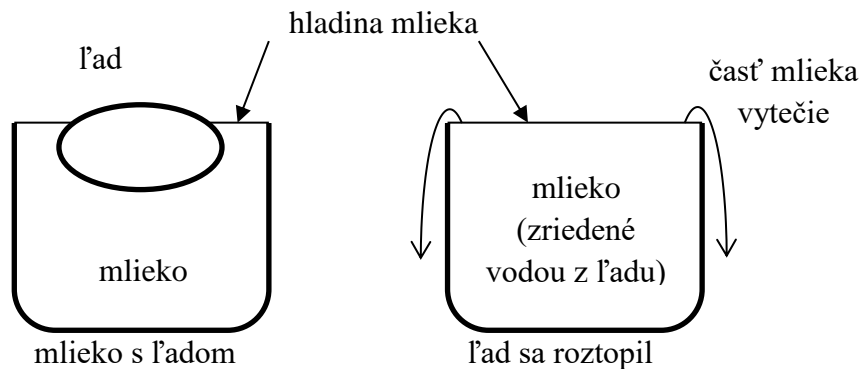


Obr. RE-1

Náčrtok

1 b

- b) Jeden liter mlieka má hmotnosť o 33 g väčšiu ako liter vody. 2 b
- c) Keď ľad pláva v mlieku, je hmotnosť ľadu rovná hmotnosti mlieka vytlačeného ponorenou časťou ľadu. Po roztopení vznikne voda s hmotnosťou ľadu. Vzhľadom na menšiu hustotu bude objem vody väčší ako objem ľadom vytlačeného mlieka. Prebytočné mlieko po roztopení ľadu vytečie cez okraj pohára. 3 b



Obr. RE-2

Náčrtok

1 b

4. Zohrievanie vody slnečným žiarením

Riešenie:

- a) Čierny povrch lepšie absorbuje dopadajúce žiarenie 1 b

- b) Najväčšia plocha škatule $S = 1 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 2 \text{ m}^2$.

Výkon absorbovaný touto plochou $P = \eta k S$ a prijaté teplo

$$Q = P t = \eta k S t, \text{ pre dané hodnoty } Q = 26 \text{ MJ.} \quad 4 \text{ b}$$

- c) V rezervoáre je voda s objemom $V = a b c = 1 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} = 0,4 \text{ m}^3$ a hmotnosťou $m = \rho V$. 1 b

Zmenu teploty určíme zo vzťahu $Q = m c (t - t_1)$, odkiaľ máme 1 b

$$t = t_1 + \frac{Q}{m c}. \quad 2 \text{ b}$$

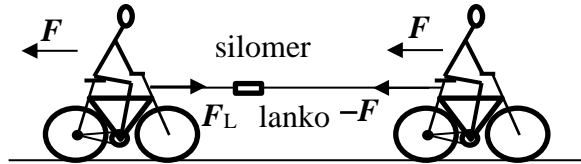
Pre dané hodnoty $t \approx 30 \text{ }^\circ\text{C}$. 1 b

Pozn.: $\rho = 1\,000 \text{ kg/m}^3$, $c = 4\,200 \text{ J/(kg}\cdot\text{ }^\circ\text{C)}$

5. Jazda na bicykli

Riešenie:

a) Obrázok



Obr. RE-3

1 b

b) Na druhého chlapca pôsobila sila ťahu lanka F_1 a v opačnom smere konštantná sila F_k . Pri rovnomernom pohybe majú tieto sily opačný smer a rovnakú veľkosť

$$F_k = F_1. \text{ Pre dané hodnoty } F_k = 20 \text{ N.} \quad (1) \quad 1 \text{ b}$$

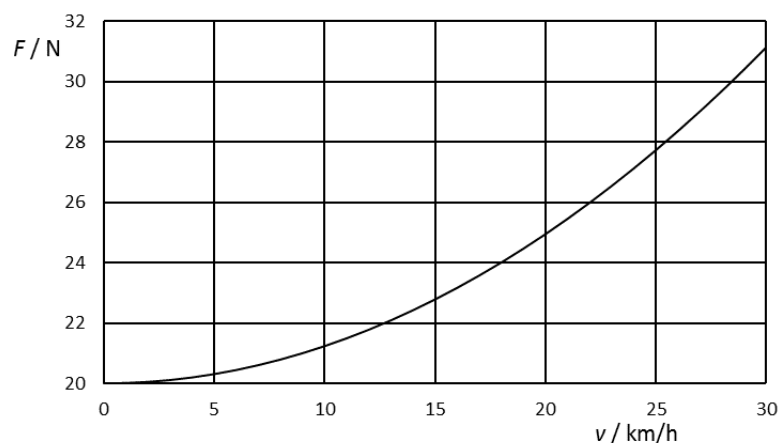
Pri pohybe rýchlosťou v_m sa prejaví aj odporová sila $F_d = k v_m^2$. Podmienka rovnováhy je

$$F_k + k v_m^2 = F_2,$$

odkiaľ máme s použitím (1)

$$k = \frac{F_2 - F_1}{v_m^2}. \text{ Pre dané hodnoty } k = 0,16 \text{ N} \cdot \text{s}^2 \cdot \text{m}^{-2}. \quad 2 \text{ b}$$

Graf funkcie $F = F_1 + \frac{F_2 - F_1}{v_m^2} v^2$ (ak rýchlosť v dosadíme v jednotkách m/s, silu dostávame v jednotkách N. Graf zostrojíme pomocou niekoľkých bodov (v, F), obr. RE-4, v grafe použitá jednotka km/h je pre danú úlohu praktická)¹.



Obr. RE-4

2 b

¹ Grafy na obr. RE-4 a RE-5 možno zostrojiť pomocou programu EXCEL.

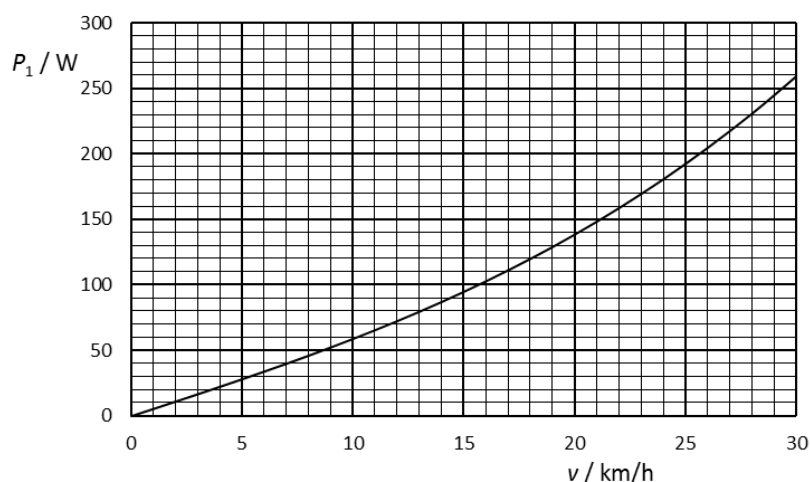
- c) Pri rýchlosti v_m prvý chlapec prekonáva odpor vlastného bicykla $F_k + k v_m^2$ a rovnako veľký ťah lanka F_2 . Celková sila je $2F_2$, čo pri rýchlosti v_m predstavuje výkon

$$P_m = 2 F_2 v_m . \text{ Pre dané hodnoty } P_m = 240 \text{ W.} \quad 1 \text{ b}$$

- d) Pri samostatnej jazde chlapec prekonáva odporovú silu $F_k + k v^2$, čo predstavuje pri rýchlosti v výkon

$$P_1 = (F_k + k v^2) v = (F_1 + \frac{F_2 - F_1}{v_m^2} v^2) v .$$

Znova graf zostrojíme pomocou niekoľkých bodov (v, F) , obr. RE-5.



Obr. RE-5

- e) Z grafu vidno, že pri výkone $P = 240 \text{ W}$ dosiahne rýchlosť $v_{m2} \approx 28,6 \text{ km/h}$. 2 b
- e) Z grafu vidno, že pri výkone $P = 240 \text{ W}$ dosiahne rýchlosť $v_{m2} \approx 28,6 \text{ km/h}$. 1 b

6. Plavba na ľadových pltiach

Riešenie:

- a) Keďže je hustota ľadu menšia ako hustota vody, ľadové kryhy plávajú na hladine, čo poznáme z pozorovania pri jarnom topení sa ľadu v riekach. Taktiež sme mohli vidieť v dokumentárnych filmoch, ako sa ľadové medvede „prevážajú“ na ľadových kryhách. Z fyzikálneho hľadiska možno považovať funkciu plte z ľadu za reálnu. 2 b
- b) Voda vo vani má objem $V = a b h_0$ a hmotnosť $m = \rho_V V$. Výška vodnej vrstvy

$$h_0 = \frac{V}{ab} . \text{ Pre dané hodnoty } h_0 \approx 41,4 \text{ cm}$$

Po zamrznutí má ľadová doska rovnakú hmotnosť $m = \rho_L V_L = \rho_L a b h$. Zmena výšky

$$\Delta h = h - h_0 = \frac{\rho_V ab h_0}{\rho_L ab} - h_0 = \left(\frac{\rho_V}{\rho_L} - 1 \right) \frac{V}{ab} .$$

Pre dané hodnoty (hustota vody $\rho_V = 1\,000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, hustota ľadu $\rho_L = 917 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$)

$$\Delta h = 3,8 \text{ cm} .$$

Hrúbka vrstvy sa zamrznutím zväčší.

2 b

- c) Po vložení do vody bude doska plávať a podľa Archimedovho zákona je hmotnosť dosky rovná hmotnosti vody s objemom rovným objemu $V_p = a b h_p$ ponorenej časti dosky

$$\rho_L a b h = \rho_V a b h_p,$$

odkiaľ máme

$$h_p = \frac{\rho_L}{\rho_V} h.$$

Vynorená časť dosky má výšku

$$h_v = h - h_p = h - \frac{\rho_L}{\rho_V} h = \left(1 - \frac{\rho_L}{\rho_V}\right) h.$$

Hľadaný pomer

$$p = \frac{h_p}{h_v} = \frac{\rho_L}{\rho_V - \rho_L}. \text{ Pre dané hodnoty } p \approx 11. \quad 3 \text{ b}$$

- d) Hmotnosť plechovej ohrady $m_O = 2(a + b) d H \rho_Z$, kde $\rho_Z = 7,86 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ je hustota železa.

Celková hmotnosť loďky i s posádkou $m_{\text{loď}} = m + m_O + N m_p$.

Pri maximálnom ponore h_{max} je hmotnosť vody vytlačenej ponorenou časťou loďky

$$m_{\text{max}} = \rho_V a b h_{\text{max}}.$$

Z rovnosti $m_{\text{loď}} = m_{\text{max}}$, ktorá vyplýva z Archimedovho zákona, máme

$$\rho_V a b h_{\text{max}} = V \rho_V + 2(a + b) d H \rho_Z + N m_p$$

a odtiaľ

$$N = \frac{\rho_V a b h_{\text{max}} - V \rho_V - 2(a + b) d H \rho_Z}{m_p}. \text{ Pre dané hodnoty } N = 2,4. \quad 2 \text{ b}$$

Aby sa neprekročil povolený ponor loďky, môžu do nej nastúpiť iba dvaja pasažieri.

1 b

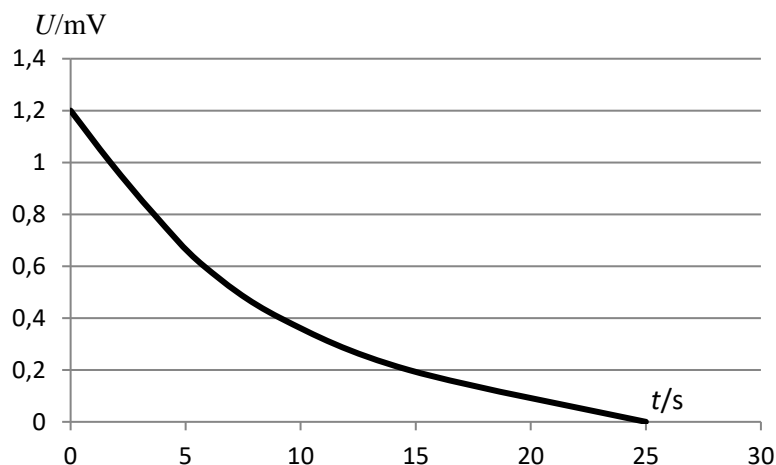
7. Termoelektrické napätie – Experimentálna úloha

Riešenie:

- a) Vyhotovenie termočlánku. 1b
- b) Vzhľadom na hodnoty Seebeckovho koeficientu použitých drôtikov (Fe a Cu), polarita termoelektrického napätia je $+(Fe)$ a $-(Cu)$. 2b
- c) (1) Ak majú oba konce rovnakú teplotu, termoelektrické napätie na oboch kovoch je nulové. Nulové je aj termoelektrické napätie termočlánku. 1b
(2) V prípade, že porovnávacie konce udržujeme na teplote $T_0 = 273\text{ K}$, $t_0 = 0\text{ }^\circ\text{C}$, (teplota ľadovej drte), napätie termočlánku je
$$U = \alpha_{Fe} (T - T_0) = \alpha_{Fe} \Delta T = \alpha_{Fe} \Delta t = \alpha_{Fe} t,$$
kde t je teplota merného konca termočlánku v Celziovovej stupnici. 2b
- d) V našom meraní sme získali hodnoty napätia z intervalu od 1,2 mV do 0 mV za dobu približne 30 s. Čas t sme merali k pri klesajúcom napätí po 0,1 mV.

(meranie) 1 b

Približný graf je na obr. RE-6



Obr. RE-6

(graf) 2 b

- e) Ako vyplýva z riešenia v bode c(2), na voltmetri môže byť vyznačená stupnica teploty v jednotkách $^\circ\text{C}$ alebo K. 1 b

58. ročník Fyzikálnej olympiády – Úlohy domáceho kola kategórie E

Autori: Daniel Kluvanec (1, 2, 4, 7), Ivo Čáp (5), Boris Lacsny (3),
Monika Hanáková (6)

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