

60. ročník Fyzikálnej olympiády
 v školskom roku 2018/2019
 kategória F – okresné kolo
 Riešenie úloh

1. Meranie tlaku, tlakomery

Riešenie:

- a) Tlak p je podiel sily F , ktorou pôsobí tekutina v kolmom smere na plochu o obsahu S a obsahu S tejto plochy 0,5 b

$$p = \frac{F}{S}.$$

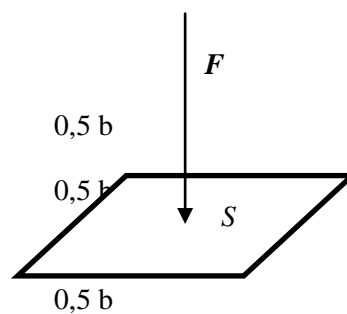
Obr. RF-1

Hlavná jednotka tlaku

$$[p] = \frac{[F]}{[S]} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1 \text{ Pa (pascal)},$$

názov pascal, značka Pa.

Jeden pascal je tlak v tekutine, ak na plochu s obsahom 1 m^2 pôsobí v kolmom smere na plochu sila 1 N .



Obr. RF-1

- b) Opis Torricelliho pokusu:

Hrubostennú sklenenú rúrku s priemerom niekoľko mm a dĺžkou približne 1 m na jednom konci zatavenú naplníme ortuťou (Hg) tak, aby na zatavenom konci rúrky nebol žiadny vzduch. Rúrku vo zvislej polohe s otvoreným koncom vložíme do nádobky s ortuťou. Ortuťový stĺpec klesne dolu do polohy, v ktorej výška stĺpca nad hladinou ortuti v nádobke je približne $h \approx 760 \text{ mm}$. Nad ortuťou v trubici je vákuum.

opis pokusu 1 b

Obr. RF-2.

Hydrostatický tlak ortuti v stĺpci na úrovni hladiny ortuti v nádobe

$$p_{\text{Hg}} = \rho_{\text{Hg}} h g. \quad (1)$$

Na voľnú hladinu ortuti v nádobke pôsobí tlak vzduchu – atmosférický tlak p_a . V stave rovnováhy je na úrovni hladiny tlak p_a rovný tlaku p_{Hg} v trubici $p_a = p_{\text{Hg}}$. 1 b

Pre dané hodnoty je atmosférický tlak

$$p_a = p_{\text{Hg}} = \rho_{\text{Hg}} h g \approx (13\,600 \text{ kg/m}^3) \times (0,760 \text{ m}) \times (9,81 \text{ m/s}^2) = 101,3 \text{ kPa}. \quad 1 \text{ b}$$

- c) Stĺpcu ortuti s výškou 1 mm zodpovedá tlak

$$p_1 = (13,6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3) \times (0,001 \text{ m}) \times (9,81 \text{ N/kg}) \approx 133 \text{ Pa}. \quad 1 \text{ b}$$

- d) V niektorých prípadoch, napr. lekárstve, sa používa jednotka $1 \text{ mmHg} = 1 \text{ torr} \approx 133 \text{ Pa}$

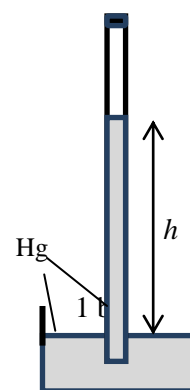
V technickej praxi sa používa jednotka 1 atm (atmosféra) $\approx 101,3 \text{ kPa}$.

V meteorológii sa používala jednotka $1 \text{ bar} = 100 \text{ kPa}$, resp. $1 \text{ mbar} = 100 \text{ Pa}$. 1 b

- e) Z grafu vyplýva, že srdce vykonalo tri pulzy za 2,43 s, tzn. $3 T \approx 2,43 \text{ s}$, $T \approx 0,81 \text{ s}$.

Frekvencia pulzov srdca (tep) za jednu minútu je $f = 1/T = (60 \text{ s/min}) \times 1/(0,81 \text{ s}) \approx 74 \text{ /min}$.

Horný (systolický) tlak $p_s \approx 115 \text{ mmHg} \approx 15,3 \text{ kPa}$,



Obr. RF-2

dolný (diastolický) tlak $p_d \approx 82 \text{ mm Hg} \approx 10,9 \text{ kPa}$. 2 b

- f) Tlak vyjadrený v mmHg je názornejší pre lekárske posúdenie ako tlak v jednotkách Pa. Toto použitie vyplýva aj z tradície v zdravotníctve, keď stovky rokov sa používali ortuťové tlakomery. Ortuťový tlakomer aplikuje priamu metódu merania tlaku, elektronický nepriamu metódu, pri ktorej sa tlak mení na elektrickú veličinu a na hodnotu vyjadrenú v číslach na displeji prístroja. Elektronické prístroje sa ciachujú pomocou ortuťových tlakomerov 1b

2. Spaľovanie benzínu v motore automobilu

- a) Hmotnosť benzínu v plnej nádrži automobilu $m = V \rho$, po dosadení daných veličín $m \approx 30 \text{ kg}$. 1 b

- b) Objem benzínu, ktorý automobil spotreboval na testovanej trati

$$V_0 = V_{100} s_0. \text{ Pre dané hodnoty } V_0 = \left(\frac{5,61}{100 \text{ km}} \right) \times (70 \text{ km}) \approx 3,92 \text{ l.} \quad 1 \text{ b}$$

$$m_0 = \rho V_0, \text{ pre dané hodnoty } m_0 \approx 2,94 \text{ kg.} \quad 1 \text{ b}$$

Spaľovaním benzínu sa v motore za každú sekundu uvoľnilo teplo $q \approx Q/t$, $q \approx 30 \text{ kJ/s}$.

Tomu zodpovedá normovaná spotreba benzínu za 1 s $m_q = q/H$. Pre dané hodnoty $m_q \approx 0,690 \text{ g/s}$.

Normovaný sekundový objem $V_q = m_q / \rho = \frac{m_q}{\rho H}$. Pre dané hodnoty $V_q \approx 0,920 \text{ ml/s}$.

Dobu t_0 testovanej jazdy určíme pomocou objemu V_0 spotrebovaného benzínu a objemu V_q benzínu spotrebovaného za časovú jednotku (za 1 s)

$$t_0 \approx \frac{V_0}{V_q} = \frac{V_0}{\rho q} H, t_0 \approx 4\,260 \text{ s} = 1 \text{ h } 11 \text{ min.} \quad 2 \text{ b}$$

- c) Z daných a vypočítaných veličín určíme rýchlosť automobilu, ak predpokladáme, že sa pohyboval rovnomerne $v \approx s_0/t_0$. Pre dané hodnoty veličín $v \approx 59 \text{ km/h} \approx 16 \text{ m/s}$. 1 b

- d) Pre príkon motora ako tepelného stroja máme $P_p \approx Q/t \approx q$, $P_p \approx 30 \text{ kJ/s} = 30 \text{ kW}$. 1 b

Užitočný výkon automobilu $P_v \approx \frac{W}{t}$, $P_v \approx 6,0 \text{ kW}$.

Účinnosť motora $\eta = \frac{P_v}{P_p}$. Pre dané hodnoty $\eta \approx 0,20$. (20 %). 1b

- e) Ťahová sila automobilu počas jazdy $F = \frac{P_v}{v}$. Pre dané hodnoty $F \approx 375 \text{ N}$. 1b

- f) Spaľovacie motory vo všetkých dopravných a výrobných prostriedkoch výrazne negatívne ovplyvňujú životné prostredie, majú nízku účinnosť (20 – 30) %, uvoľňujú nežiaduce teplo a spaliny do atmosféry, spaľujú kyslík. Majú značný vplyv na zvyšovanie teploty na povrchu Zeme. 1b

60. ročník Fyzikálnej olympiády – Úlohy okresného kola kategórie F

Autori návrhov úloh: Daniel Klivanec 1, 2, 4, Boris Lacsny 3

Recenzia a úprava úloh a riešení: Ivo Čáp

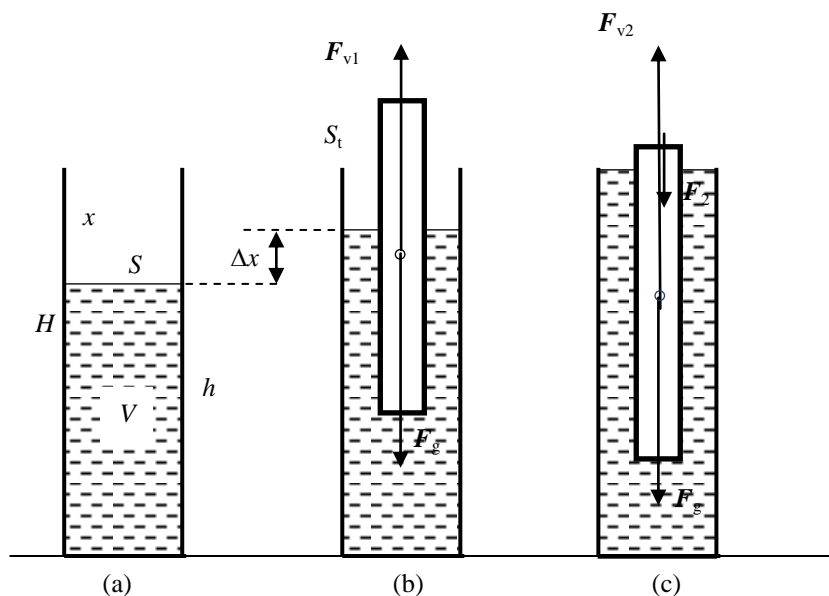
Redakcia: Daniel Klivanec

Vydal: Slovenská komisia fyzikálnej olympiády

IUVENTA – Slovenský inštitút mládeže, Bratislava 2019

3. Tyč ponorená do vody v nádobe

Riešenie:



Obr. RE-3

- a) Nádoba s vodou je znázornená na obr. RE-3(a).

Výška vody v nádobe $h = \frac{V}{S}$. Výška nádoby $H = h + x$.

Pre dané hodnoty $h = 30$ cm, $H = 40$ cm.

Spolu 2 b

- b) Na tyč pôsobí gravitačná sila $F_g = \rho_t S_t l g \approx 0,471$ N a vztlaková sila $F_{v1} = F_g = \rho_v S_t l_1 g$, kde l_1 je dĺžka ponorenej časti tyče, obr. RE-3(b)

Obrázok a správny opis síl 2 b

Určíme dĺžku $l_1 = \frac{F_g}{\rho_v S_t g} = \frac{\rho_t}{\rho_v} l \approx 12$ cm.

1 b

Po ponorení tyče je objem pod voľnou hladinou vo valci zväčšený o $\Delta V = \Delta x S = l_1 S_t$, odkiaľ

$$\Delta x = l_1 \frac{S_t}{S} = 4,8 \text{ cm.}$$

2 b

- c) Aby hladina vody vo valci dosiahla po okraj, zväčší sa objem pod hladinou vody o $\Delta V_2 = S x$.

Toto zväčšenie objemu zodpovedá objemu ponorenej časti tyče $\Delta V_2 = S_t l_2$. Odtiaľ máme

$$l_2 = x \frac{S}{S_t} = 25 \text{ cm.}$$

Aby mohol uvedený stav nastať, musí platiť $l \geq l_2$, čo pre dané hodnoty veličín neplatí. Pre dané hodnoty teda hladina vody vo valci nestúpne k hornému okraji ani pri úplnom ponorení tyče.

2 b

Aby mohla hladina stúpnuť až po okraj valca vyplýva z podmienky $l \geq l_2$ pri danej dĺžke tyče, pre vzdialenosť x podmienka $x \leq x_m$, kde $x_m = l \frac{S_t}{S} = 8,0$ cm.

1 b

Pre dané hodnoty veličín tak situácia podľa obr. RE-3(c) nenastane. Mohla by nastať pre $l > l_2$, tzn. v našom prípade $l > 25$ cm, alebo $x \leq x_m$, v našom prípade $x \leq 8,0$ cm.

4. Elektrické obvody

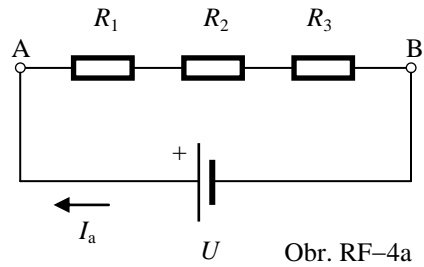
- a) Schéma zapojenia je na obr. RF-4a 1 b

Rezistory sú zapojené do série, odpory rezistorov sa sčítajú. Výsledný odpor $R_a = R_1 + R_2 + R_3$.

po dosadení $R_a = 180 \Omega$. 1 b

Zdrojom prechádza prúd

$$I_a = \frac{U}{R_a}. \text{ Pre dané hodnoty } I_a \approx 0,10 \text{ A.} \quad 0,5 \text{ b}$$



Obr. RF-4a

- b) Schéma zapojenia je na obr. RF-4b. 1 b

Rezistory R_1, R_2 sú paralelne, pre odpor R paralelnej

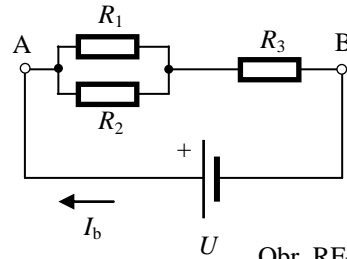
dvojice platí $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$, odkiaľ $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$.

Rezistor R_3 je pripojený do série a výsledný odpor

$$R_b = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3. \text{ Po dosadení } R_b = 110 \Omega. \quad 1 \text{ b}$$

Zdrojom prechádza prúd

$$I_b = \frac{U}{R_b}. \text{ Pre dané hodnoty } I_b \approx 0,16 \text{ A.} \quad 0,5 \text{ b}$$



Obr. RF-4b

- c) Schéma zapojenia je na obr. RF-4c. 1 b

Rezistory R_1, R_3 sú zapojené do série $R = R_1 + R_3$.

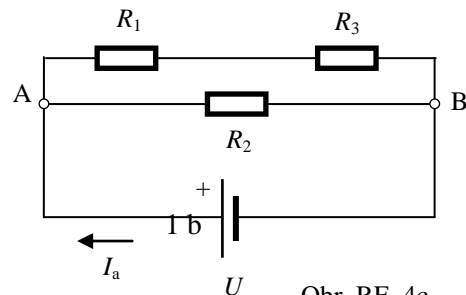
Rezistor R_2 je pripojený paralelne, preto

$$\frac{1}{R_c} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1 + R_3}, \text{ odkiaľ } R_c = \frac{R_2 (R_1 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3}.$$

Po dosadení $R_c = 40 \Omega$.

Zdrojom prechádza prúd

$$I_c = \frac{U}{R_c}. \text{ Pre dané hodnoty } I_c \approx 0,45 \text{ A.} \quad 0,5 \text{ b}$$



Obr. RF-4c

- d) Schéma zapojenia je na obr. RF-4d. 1 b

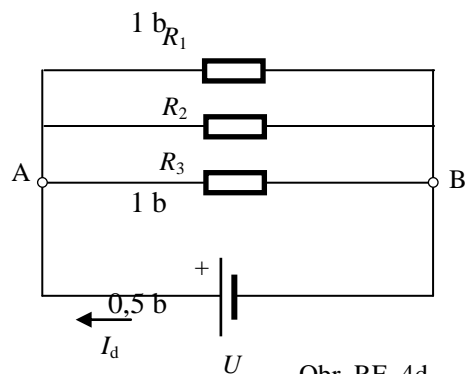
Všetky rezistory sú zapojené paralelne.

$$\frac{1}{R_d} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}, \text{ odkiaľ } R_d = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}$$

a po dosadení $R_d \approx 16,4 \Omega$.

Zdrojom prechádza prúd

$$I_d = \frac{U}{R_d}. \text{ Pre dané hodnoty } I_d \approx 1,1 \text{ A.} \quad 0,5 \text{ b}$$



Obr. RF-4d