67. ročník Fyzikálnej olympiády
v školskom roku 2025/2026
kategória D
riešenie úloh domácej prípravy

1. úloha - Eskalátor

Riešenie:

a) Výška schodišťa $H = n\,h_1 = 7{,}0$ m a stojaci Ľubo stúpa vo zvislom smere rýchlosťou $v_1 = H / t_1 = 0{,}35$ m/s.

Keďže rýchlosť eskalátora sa nemení, za čas t_1 prejde dolným koncom n schodov. Za čas t_2 prejde dolným koncom n_1 schodov, pričom platí

$$\frac{n_1}{t_2} = \frac{n}{t_1}\text{, a teda } n_1 = n\frac{t_2}{t_1}\text{,}$$

Zvyšok $\Delta n = n - n_1$ Ľubo na schodišti vystúpi sám nahor, tzn.

$$\Delta n = n\left(1 - \frac{t_2}{t_1}\right) = 14.$$ 3 b

Na jeden schod vystúpi za čas

$$\tau = \frac{t_2}{\Delta n} = \frac{1}{n}\frac{t_1 t_2}{t_1 - t_2} = 0{,}62\text{ s.}$$ 1 b

b) Za jeden cyklus (2 schody nahor za čas 2τ a jeden nadol za čas $k\,\tau$) vystúpi Ľubo o výškový rozdiel

$$h_2 = h_1 + v_1(2+k)\,\tau\,.$$

Priemerná rýchlosť stúpania

$$v_2 = \frac{h_2}{(2+k)\,\tau}\,.$$

Výškový rozdiel H prekoná za čas

$$t_3 = \frac{H}{v_2} = \frac{(2+k)\,t_2\,t_1}{t_1 + (1+k)\,t_2} = 14\text{ s.}$$ 3 b

c) Za čas jedného cyklu (jen schod hore τ a dva nadol $2\,\tau$) vystúpi Ľubo o výšku

$$\Delta h_2 = v_1(1+2k)\tau - h_1\,.$$

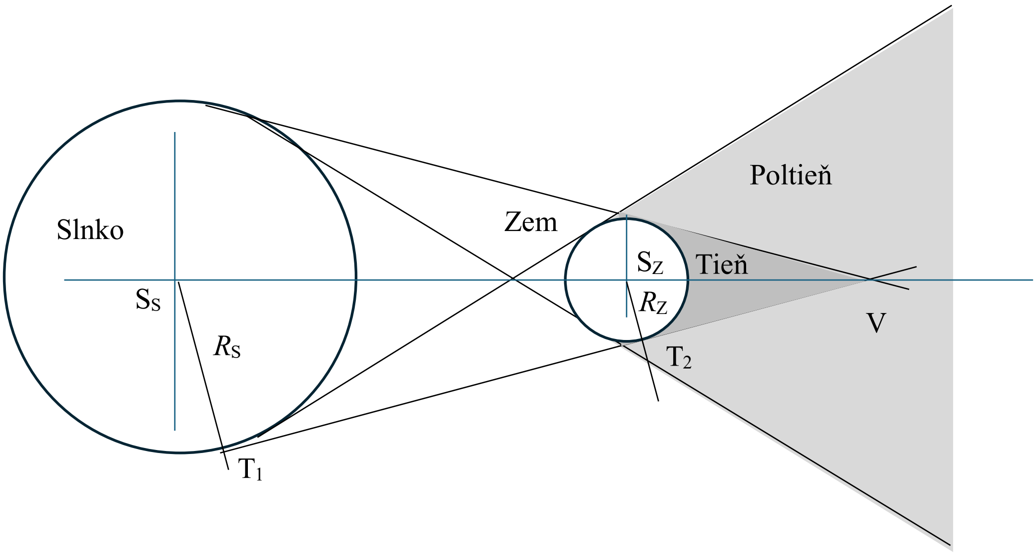
Výšku eskalátora prekoná za čas

$$t_4 = \frac{H}{\Delta h_2}(1+2k)\tau = \frac{(1+2k)t_1\,t_2}{2(1+k)\,t_2 - t_1} = 32\text{ s.}$$ 3 b

2. úloha - Zatmenie Mesiaca

Riešenie:

a) Tieň vzniká zatienením svetla zo Slnka. obrázok 2 b



Ak označíme vzdialenosť d_1 vrcholu V tieňa od stredu Zeme a d_{ZS} vzdialenosť stredov Zeme a Slnka, dostávame z podobnosti trojuholníkov VS_ZT_2 a VS_ST_1

$$\frac{d_1}{R_Z} = \frac{d_1 + d_{ZS}}{R_S}\text{, odkiaľ máme } d_1 = d_{ZS}\frac{R_Z}{R_S - R_Z}\,.$$

Vzdialenosť vrcholu tieňa od povrchu Zeme

$$d_V = d_1 - R_Z = \left(\frac{d_{ZS}}{R_S - R_Z} - 1\right)R_Z\,.$$

Pre $d_{ZS} = 1{,}5\times10^8$ km, $R_Z = 6{,}4\times10^3$ km a $R_S = 7{,}0\times10^5$ km dostávame $d_V = 1{,}4\times10^6$ km.

Pre vzdialenosť stredov Zeme a Mesiaca $d_{ZM} = 3{,}8\times10^5$ km je vzdialenosť Mesiaca od povrchu Zeme $d_M = d_{ZM} - R_Z = 3{,}7\times10^5$ km.

Pomer vzdialeností $\dfrac{d_V}{d_M} = \dfrac{R_Z}{d_{ZM} - R_Z}\left(\dfrac{d_{ZS}}{R_S - R_Z} - 1\right) = 3{,}7.$

Pre uhol φ_Z platí

$$\sin\frac{\varphi_Z}{2} = \frac{R_Z}{d_1} = \frac{R_S - R_Z}{d_{ZS}}\text{, odkiaľ } \varphi_Z = 2\arcsin\frac{R_S - R_Z}{d_{ZS}} = 0{,}53°.$$ 2 b

b) Keďže je uhol veľmi malý, môžeme $\tan\varphi$ a $\sin\varphi$ nahradiť priamo uhlom φ (v radiánoch).

Pre uhol φ_1, pod ktorým vidno plochu S_t zo stredu Zeme

$$\varphi_1 d_{ZM} = \varphi_Z\left(d_1 - d_{ZM}\right)\text{, a teda } \varphi_1 = \varphi_Z\frac{d_1 - d_{ZM}}{d_{ZM}} = \varphi_Z\frac{\left(d_{ZS} + d_{ZM}\right)R_Z - d_{ZM}R_S}{d_{ZM}\left(R_S - R_Z\right)} = 1{,}4°.$$ 2 b

Mesiac s polomerom $R_M = 1{,}7\times10^3$ km vidno zo stredu Zeme po uhlom

$$\varphi_M = 2\frac{R_M}{d_{ZM}} = 8{,}9\times10^{-3}\text{ rad} = 0{,}51°.$$ 1 b

c) Mesiac sa pohybuje okolo Zeme s uhlovou rýchlosťou $\omega_\mathrm{M} = \dfrac{2\pi\ (\mathrm{rad})}{T_\mathrm{M}}$, kde $T_\mathrm{M} = 29{,}53$ dňa je synodická doba obehu Mesiaca okolo Zeme vzhľadom na Slnko (od jedného splnu po nasledujúci). Od začiatku zatmenia až po ukončenie musí prejsť Mesiac uhol $\varphi_1 + \varphi_\mathrm{M}$ za čas t_1, pre ktorý platí

$\omega_\mathrm{M}\, t_1 = \varphi_1 + \varphi_\mathrm{M}$, a teda

$$t_1 = \frac{\varphi_1 + \varphi_\mathrm{M}}{2\pi} T_\mathrm{M} = \frac{1}{2\pi}\left(1{,}4° + 0{,}51°\right)\frac{\pi\,\mathrm{rad}}{180°}\left(29{,}53\,\mathrm{d} \times 24\frac{\mathrm{h}}{\mathrm{d}}\right) = 3{,}76\ \mathrm{h} = 3\,\mathrm{h}\ 46\ \mathrm{min}\,.$$ 2 b

Pre dobu úplného zatmenia máme

$$t_2 = \frac{\varphi_1 - \varphi_\mathrm{M}}{2\pi} T_\mathrm{M} = \frac{1}{2\pi}\left(1{,}4° - 0{,}51°\right)\frac{\pi\,\mathrm{rad}}{180°}\left(29{,}53\,\mathrm{d} \times 24\frac{\mathrm{h}}{\mathrm{d}}\right) = 1{,}75\ \mathrm{h} = 1\ \mathrm{h}\ 45\ \mathrm{min}\,.$$ 1 b

Pozn.: Dňa 7.9.2025 zatmenie začalo 18:27 a skončilo sa 21:56, tzn. 3 h 29 min. Úplné zatmenie trvalo od 19:31 do 20:53, tzn. 1 h 22 min. Tieto časy sa dobre zhodujú s vypočítanými.

3. úloha - Sústava telies spojených vláknom

Riešenie:

a) Medzi A a B pôsobí sila trenia F_AB. Ak je trenie statické, $F_\mathrm{AB} \le f\, m_2\, g$, telesá A a B sa pohybujú spoločne ako jedno teleso so zrýchlením

$$a_1 = \frac{m_3\, g}{m_1 + m_2 + m_3}\,.$$

Sila statického trenia uvádza dosku A s hmotnosťou m_1 do pohybu, takže

$$F_\mathrm{AB} = m_1\, a_1 = \frac{m_1\, m_3\, g}{m_1 + m_2 + m_3} \le f\, m_2\, g\,,$$

odkiaľ

$$m_3 \le \frac{f\, m_2 \left(m_1 + m_2\right)}{m_1 - f\, m_2} = m_{3\mathrm{k}} = 18\ \mathrm{g}.$$

Teleso B sa bude prešmykovať po povrchu dosky A, ak $m_3 > m_{3\mathrm{k}}$. 3 b

b) Existujú dva rôzne stavy.

i. Pre $m_3 \le m_{3\mathrm{k}}$ trenie medzi A a B je statické a telesá A a B sa pohybujú spoločne ako jedno teleso s hmotnosťou $m_1 + m_2$. V tomto prípade je ťahová sila vlákna

$$F_v = \left(m_1 + m_2\right) a_1 = \left(m_1 + m_2\right)\frac{m_3\, g}{m_1 + m_2 + m_3}\,.$$ 2 b

ii. Pre $m_3 > m_{3\mathrm{k}}$ trenie medzi A a B je šmykové $F_\mathrm{AB} = f\, m_1\, g$. V tom prípade pôsobí na teleso B výsledná sila $F_\mathrm{v} - F_\mathrm{AB}$ a udeľuje mu zrýchlenie

$$a_2 = \frac{m_3\, g - f\, m_2\, g}{m_2 + m_3}\,.$$

Pre teleso B tak máme pohybovú rovnicu

$$F_v - f\, m_2\, g = m_2\, a_2\,,\ \text{odkiaľ}\ F_v = \left(1 + f\right)\frac{m_2 m_3}{m_2 + m_3}\, g\,.$$ 2 b

Iná možnosť určiť ťahovú silu na teleso C

$$m_3\, g - F_v = m_3\, a_2 \text{, odkiaľ } F_v = \frac{(1+f)\, m_2 m_3}{m_2 + m_3}\, g \text{, čo je rovnaký výsledok.}$$

c) Opäť musíme rozlíšiť dva prípady.

i. Pre $m_3 \le m_{3k}$ (statické trenie) sa celá sústava troch telies pohybuje s rovnakým zrýchlením a_1.

Na dráhe h tak získa rýchlosť

$$v_1 = \sqrt{2h a_1} = \sqrt{2hg}\, \sqrt{\frac{m_3}{m_1 + m_2 + m_3}} \, . \qquad 1 \text{ b}$$

ii. Ak $m_3 > m_{3k}$ sa telesá B a C spoločne pohybujú so zrýchlením a_2, a teda teleso C dosiahne rýchlosť

$$v_2 = \sqrt{2h a_2} = \sqrt{2hg}\, \sqrt{\frac{m_3 - f\, m_2}{m_2 + m_3}} \, . \qquad 1 \text{ b}$$

Teleso A sa pohybuje pod účinkom sily šmykového trenia s telesom B, a má tak zrýchlenie

$$a_3 = \frac{f\, m_2\, g}{m_1} \, .$$

Na dráhe h tak dosiahne rýchlosť

$$v_3 = \sqrt{2h a_3} = \sqrt{2hg}\, \sqrt{f\, \frac{m_2}{m_1}} \, . \qquad 1 \text{ b}$$

4. úloha - Sokol

Riešenie:

a) Ak je pohyb sokola rovnomerný, sú zrýchlenie, a teda aj výsledná sila, nulové. Tiažová sila teda musí byť v rovnováhe so silou odporu vzduchu. Pre rovnomerný pád sokola tak platí

$$m\, g = \frac{1}{2} c\, S_k\, \rho v^2 \text{, odkiaľ máme } c = \frac{2 m g}{S_k\, \rho v^2} = 0{,}04. \qquad 3 \text{ b}$$

Sokol sa pri strmhlavom lete „zbalí“ do tvaru, ktorý má aerodynamický odpor väčší ako stíhačka ale podstatne menší ako letiaci vták.

b) Cyklista musí prekonávať odpor vzduchu

$$F_o = \frac{1}{2} c_B\, S_k\, \rho v^2 \, .$$

Mechanický výkon

$$P = F_o\, v = \frac{1}{2} c_B\, S_k\, \rho v^3 \text{, odkiaľ } v = \sqrt[3]{\frac{2\, p_f\, m_C}{c_B\, S_k\, \rho}} = 10{,}5 \text{ m/s} = 37{,}8 \text{ km/h}. \qquad 3 \text{ b}$$

c) V prípade voľného pádu bez odporu vzduchu by nepôsobili straty energie a kinetická energia by bola rovná poklesu potenciálnej energie

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = m\, g\, h \text{, odkiaľ } v_0 = \sqrt{2 g h} = 99 \text{ m/s} = 356 \text{ km/h}.$$

Je rýchlosť strely vystrelenej z guľovnice.
V skutočnosti kvapky padajú z veľkej výšky rovnomerným ustáleným pohybom. Výsledná sila, ktorá pôsobí na kvapku je preto nulová, tzn. tiažová sila je rovná sile odporovej.

$$m\,g = \frac{1}{2} c_G\, S_k\, \rho\, v^2 \text{, kde } m = \rho_V\, V = \frac{1}{6}\pi\, d^3\, \rho_V \text{ a } S_k = \frac{1}{4}\pi\, d^2 \text{ (kolmý priemet je kruh),}$$

kde $\rho_V = 1\,000\ \mathrm{kg/m^3}$ je hustota vody.
Odtiaľ dostávame

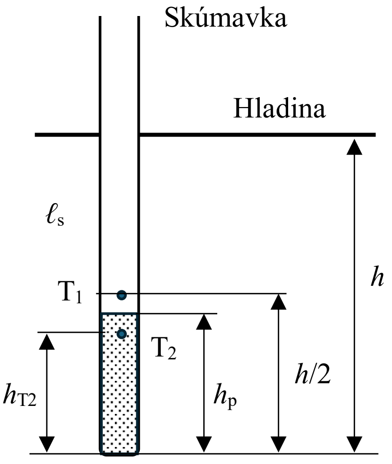
$$v = \sqrt{\frac{4}{3}\frac{d\,\rho_V\, g}{c_G\;\rho}}\,.$$

Pre d_1 je rýchlosť dopadu v_1 = 8,0 m/s = 29 km/h, pre d_2 je to v_2 = 1,5 m/s = 5,2 km/h. 4 b

5. úloha - Plávajúca skúmavka

Riešenie:

a) Aby skúmavka s pieskom plávala, musí byť ťažisko T₂ skúmavky bližšie ku dnu ako stred T_1 ponorenej časti skúmavky (pôsobisko vztlakovej sily). Označíme dĺžky podľa obrázku.



Ťažisko skúmavky je vo vzdialenosti $L/2$ od dna skúmavky a ťažisko piesku v polovici výšky stĺpca piesku $h_1/2$. Ťažisko skúmavky s pieskom je vo výške

$$h_{T2} = \frac{1}{m_s + m_p}\left(m_s\frac{\ell_s}{2} + m_p\frac{h_p}{2}\right),$$

kde $m_p = \dfrac{\pi\, d_s^2}{4}\, h_p\, \rho_p$.

Z podmienky stability plávania skúmavky zvislo

$h_{T2} < \dfrac{h}{2}$, kde hĺbku ponorenia vyjadríme pomocou Archimedovho zákona

$$\frac{\pi\, d_s^2}{4}\, h\, \rho_v = m_s + m_p \qquad (1)$$

dostávame nerovnicu

$$m_p^2 + 2m_s\frac{\rho_p}{\rho_p - \rho_v} m_p - \left(\frac{\pi\, d_s^2\, \ell_s\, \rho_v}{4m_s} - 1\right)\frac{\rho_p}{\rho_p - \rho_v} m_s^2 > 0\,.$$

Kvadratický výraz na ľavej strane má dva korene, a môžeme ho vyjadriť v tvare

$$\left(m_p - m_p^+\right)\left(m_p - m_p^-\right) > 0,$$

kde

$$m_p^{\pm} = -m_s\frac{\rho_p}{\rho_p - \rho_v}\left(1 \pm \sqrt{1 + \left(\frac{\pi\, d_s^2\, \ell_s\, \rho_v}{4m_s} - 1\right)\frac{\rho_p - \rho_v}{\rho_p}}\right), \text{ pričom } m_p^+ < 0 \text{ a } m_p^- > 0,$$

a teda nerovnosť je splnená pre

$$m_{\mathrm{p}} > m_{\mathrm{p}}^{-} = m_{\mathrm{s}} \frac{\rho_{\mathrm{p}}}{\rho_{\mathrm{p}} - \rho_{\mathrm{v}}} \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi d_{\mathrm{s}}^2 \ell_{\mathrm{s}} \rho_{\mathrm{v}}}{4 m_{\mathrm{s}}} - 1 \right) \frac{\rho_{\mathrm{p}} - \rho_{\mathrm{v}}}{\rho_{\mathrm{p}}}} - 1 \right) = m_{\mathrm{pm}} = 28{,}7 \text{ g.}$$

V medznom prípade

$$\frac{\pi d_{\mathrm{s}}^2}{4} h \rho_{\mathrm{v}} = m_{\mathrm{s}} + m_{\mathrm{pm}}, \text{ odkiaľ}$$

$$p_{\mathrm{m}} = \frac{h_{\mathrm{m}}}{\ell_{\mathrm{s}}} = \frac{4}{\pi d_{\mathrm{s}}^2 \ell_{\mathrm{s}} \rho_{\mathrm{v}}} \left(m_{\mathrm{s}} + m_{\mathrm{pm}} \right) = \frac{4 m_{\mathrm{s}}}{\pi d_{\mathrm{s}}^2 \ell_{\mathrm{s}} \left(\rho_{\mathrm{p}} - \rho_{\mathrm{v}} \right)} \left(\frac{\rho_{\mathrm{p}}}{\rho_{\mathrm{v}}} \sqrt{1 + \left(\frac{\pi d_{\mathrm{s}}^2 \ell_{\mathrm{s}} \rho_{\mathrm{v}}}{4 m_{\mathrm{s}}} - 1 \right) \frac{\rho_{\mathrm{p}} - \rho_{\mathrm{v}}}{\rho_{\mathrm{p}}}} - 1 \right).$$

Pre dané hodnoty $p_{\mathrm{m}} = 37{,}2\%$. 4 b

b) Pomer ponorenia $p_1 = h_1 / \ell_{\mathrm{s}}$. S použitím vzťahu (1) dostávame

$$m_{\mathrm{p1}} = \frac{\pi d_{\mathrm{s}}^2}{4} h \rho_{\mathrm{v}} - m_{\mathrm{s}} = \frac{\pi d_{\mathrm{s}}^2}{4} p_1 \ell_{\mathrm{s}} \rho_{\mathrm{v}} - m_{\mathrm{s}} \; .$$

Pre $p_1 = 0{,}60$ máme $m_{\mathrm{p1}} = 51{,}1$ g. 2 b

c) Ak je skúmavka polovicou dĺžky vo vode a dĺžkou h_0 v oleji, podľa Archimedovho zákona máme

$$\left(h_{\mathrm{o}} \rho_{\mathrm{o}} + p_2 \ell_{\mathrm{s}} \rho_{\mathrm{v}} \right) \frac{\pi d_{\mathrm{s}}^2}{4} g = \left(m_{\mathrm{s}} + m_{\mathrm{p1}} \right) g \, ,$$

odkiaľ dostávame

$$h_{\mathrm{o}} = \frac{4}{\pi d_{\mathrm{s}}^2 \rho_{\mathrm{o}}} \left(m_{\mathrm{s}} + m_{\mathrm{p1}} \right) - p_2 \ell_{\mathrm{s}} \frac{\rho_{\mathrm{v}}}{\rho_{\mathrm{o}}} = \left(p_1 - p_2 \right) \ell_{\mathrm{s}} \frac{\rho_{\mathrm{v}}}{\rho_{\mathrm{o}}} = 2{,}2 \text{ cm.}$$ 2 b

d) Ak dosypeme piesok s hmotnosťou Δm_{p}, je skúmavka ponorená dĺžkou $\ell_{\mathrm{s}} - h_{\mathrm{o}}$ vo vode a zvyškom h_{o} dĺžky v oleji. Pritom platí

$$\left[h_{\mathrm{o}} \rho_{\mathrm{o}} + \left(\ell_{\mathrm{s}} - h_{\mathrm{o}} \right) \rho_{\mathrm{v}} \right] \frac{\pi d_{\mathrm{s}}^2}{4} g = \left(m_{\mathrm{s}} + m_{\mathrm{p1}} + \Delta m_{\mathrm{p}} \right) g \, .$$

Hmotnosť pridaného piesku

$$\Delta m_{\mathrm{p}} = \left[h_{\mathrm{o}} \rho_{\mathrm{o}} + \left(\ell_{\mathrm{s}} - h_{\mathrm{o}} \right) \rho_{\mathrm{v}} \right] \frac{\pi d_{\mathrm{s}}^2}{4} - \left(m_{\mathrm{s}} + m_{\mathrm{p1}} \right).$$

Po dosadení a úprave

$$\Delta m_{\mathrm{p}} = \left[1 - p_2 - \left(p_1 - p_2 \right) \frac{\rho_{\mathrm{v}}}{\rho_{\mathrm{o}}} \right] \frac{\pi d_{\mathrm{s}}^2 \ell_{\mathrm{s}} \rho_{\mathrm{v}}}{4} = 38{,}3 \text{ g.}$$ 2 b

6. úloha - Fontána

Riešenie:

a) Hladina poklesne v dôsledku toho, že pri striekaní fontány je určitý objem vody z jazierka vo vzduchu. Objem určíme tak, že objemový prietok Q dýzou vynásobíme časom, po ktorý voda po opustení dýzy zostane vo vzduchu. Voda sa vo vzduchu pohybuje rovnomerne zrýchleným pohybom so zrýchlením g smerujúcim nadol (zvislý vrh nahor). Pre výšku a rýchlosť máme

$$h = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 \quad \text{a} \quad v = v_0 - g t .$$

Maximálnu výšku H (nulovú rýchlosť) voda dosiahne za čas t_1, pre ktorý platí

$$H = v_0 t_1 - \frac{1}{2} g t_1^2 \quad \text{a} \quad 0 = v_0 - g t_1 .$$

Odtiaľ určíme rýchlosť v_0 prúdu v dýze

$$v_0 = \sqrt{2 g H} = 14\ \text{m·s}^{-1}.$$

Pozn.: Jednoduchší spôsob je určenie rýchlosti z podmienky zachovania mechanickej energie

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = m g H .$$

Čas t_2, ktorý voda po opustení dýzy strávi vo vzduchu je daná podmienkou $h = 0$

$$0 = v_0 t_2 - \frac{1}{2} g t_2^2 \text{, odkiaľ } t_2 = \frac{2 v_0}{g} = 2 \sqrt{\frac{2H}{g}} .$$

Za čas t_2 prejde dýzou voda s objemom

$$V = Q t_2 = 2Q \sqrt{\frac{2H}{g}} = S \Delta y ,$$

kde Δy je pokles hladiny v jazierku. Odtiaľ dostávame

$$\Delta y = \frac{2Q}{S} \sqrt{\frac{2H}{g}} = 4{,}2\ \text{mm}.$$ 3 b

Pokles hladiny je nebadateľný.

b) Vyjadríme prietok vody dýzou

$$Q = S_\text{d} v_0 = \frac{\pi d_\text{d}^2}{4} \sqrt{2 g H} ,$$

odkiaľ máme

$$d_\text{d} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi}} \frac{1}{\sqrt[4]{2 g H}} = 3{,}7\ \text{cm}.$$ 2 b

c) Čerpadlo nasáva stojatú vodu z jazierka a zrýchli ju na rýchlosť v_0. Čerpadlo vykoná prácu rovnú zmene kinetickej energie. Výkon je práca vykonaná za jednotku času

$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{1}{2} \frac{\Delta m}{\Delta t} v_0^2 = \frac{1}{2} \rho Q v_0^2 = \rho Q g H = 1{,}47\ \text{kW}.$$ 2 b

d) Určíme tlak vody v prívodnom potrubí. Podľa Bernoulliho rovnice pre laminárne prúdenie ideálnej kvapaliny máme

$$p_\text{a} = p_\text{v} + \frac{1}{2} \rho v_1^2 \text{, kde } S_\text{v} v_\text{v} = S_\text{d} v_0 ,$$

kde p_a je atmosférický tlak nad hladinou jazierka, p_V je tlak v potrubí, v_V je rýchlosť prúdenia v potrubí a S_V je prierez nasávacieho potrubia.

Tlak v prívodnom potrubí nemôže byť záporný

$$p_v = p_a - \frac{1}{2}\rho v_v^2 \geq 0\,.$$

Po dosadení a úprave

$$d_v \geq d_d \sqrt[4]{\frac{\rho v_0^2}{2 p_a}}\text{, kde } Q = \frac{\pi d_d^2}{4} v_0\text{, a ďalej}$$

$$d_v \geq \sqrt{\frac{4Q}{\pi}} \sqrt[4]{\frac{\rho}{2 p_a}} = 3{,}7 \text{ cm.}$$ 3 b

Pri menšom priemere by začali vznikať vákuové bubliny, ktoré by spôsobili kavitáciu.

7. úloha - Meranie objemovej teplotnej rozťažnosti vody – *experimentálna úloha*

Podľa úrovne spracovania max. 10 b

Fyzikálna olympiáda – 67. ročník – úlohy domácej prípravy kat. D
Návrh a spracovanie úloh: Ľubomír Konrád, Ivo Čáp
Recenzia úloh: Aba Teleki, Ľubomír Mucha
Redakcia: Ivo Čáp
Úlohy preložil: Aba Teleki
Vydalo: Slovenská komisia fyzikálnej olympiády
Národný inštitút vzdelávania a mládeže, Bratislava 2025