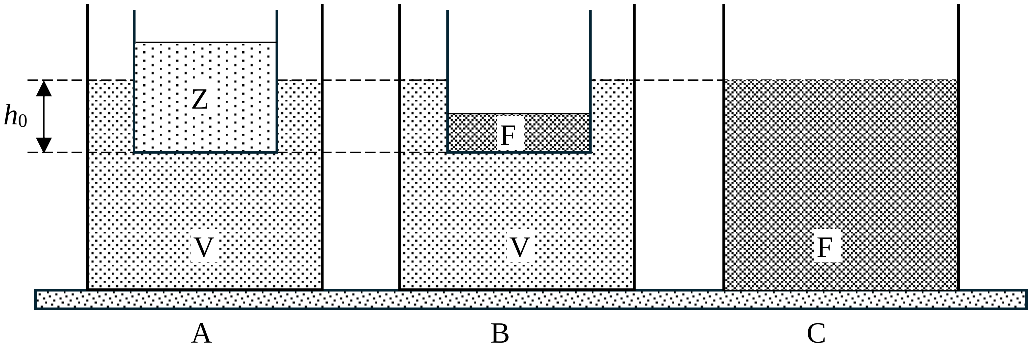
66. ročník Fyzikálnej olympiády
v školskom roku 2024/2025
domáce kolo kategória E
text úloh

1. Nádoby

Na obrázku vidíme tri rovnako veľké nádoby A, B, C. V nádobe A a v nádobe B je voda V. V nádobe A pláva na hladine menšia nádoba s kvapalinou Z, pričom výška hladiny kvapaliny Z v malej nádobe $h_1 = 3$ cm. Malá nádoba je vo vode ponorená do hĺbky $h_0 = 2{,}0$ cm. V nádobe B je rovnaká malá nádoba naplnená kvapalinou F, pričom výška stĺpca kvapaliny F v malej nádobe $h_2 = 1{,}0$ cm. I v tomto prípade je malá nádoba ponorená do hĺbky h_0.
Malá nádoba má hmotnosť $m = 50$ g a obsah dna $S = 200\ \mathrm{cm}^2$.



Obr. E–1

a) Urči hustotu ρ_Z kvapaliny Z a hustotu ρ_F kvapaliny F.
b) V nádobe C je kvapalina F. Premiestnime do nej malú nádobu z nádoby A i s kvapalinou Z. Urči hĺbku h_3, do ktorej sa malá nádoba v kvapaline F ponorí.

Hustota vody $\rho_V = 1{,}00\,\frac{\mathrm{g}}{\mathrm{cm}^3}$, gravitačná konštanta $g = 10\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}$.
Dno malých nádob plávajúcich v kvapalinách je vždy vodorovné, steny malých nádob sú veľmi tenké.

2. Autobus MHD medzi zastávkami

Autobus MHD stojí v zastávke A, a po uzavretí dverí, v čase $t = 0$ s sa dá do pohybu. Najprv sa rozbehne na cestovnú rýchlosť $v_c = 48$ km/h, potom sa pohybuje stálou cestovnou rýchlosťou v_c, až sa priblíži k zastávke B. Pred zastávkou B začne brzdiť, než sa úplne zastaví v zastávke B.
Pri rozbiehaní dosiahne autobus cestovnú rýchlosť v_c za čas $t_1 = 30{,}0$ s. Cestovnou rýchlosťou prejde dráhu $s_2 = 1{,}00$ km. V záverečnej etape, kde spomaľuje, prejde autobus dráhu $s_3 = 100$ m. V etape rozbiehania, ako aj v etape spomaľovania pred zastavením má autobus priemernú rýchlosť $v_{p1} = v_c/2$.

a) Urči dráhu s_1, na ktorej autobus dosiahol cestovnú rýchlosť v_c počas rozbiehania zo zastávky A.
b) Urči vzdialenosť d_{AB}, ktorú prešiel autobus medzi zastávkami A a B.
c) Urči priemernú rýchlosť v_{p2} autobusu MHD medzi zastávkami A a B (od štartu po zastavenie). Rýchlosť vyjadri v jednotkách m/s aj v jednotkách km/h.

3. Ľadový stĺp

V zime, keď vonku bola teplota t_0 = 0,0 °C, zhotovili žiaci ľadový stĺp. Ľad vyrobili zo sladkej vody. Ľadový stĺp bol v tvare hranola so štvorcovým prierezom o hrane $a = 20$ cm a s výškou $h_0 = 100$ cm. Teplota ľadového stĺpa bola rovnaká ako vonkajšia teplota t_0.
Učiteľ zohnal medenú kocku s dĺžkou hrany $a = 20$ cm a zohrial ju na teplotu $t_1 = 180{,}0$ °C. Následne kocku položili opatrne na vrch vodorovnej plochy ľadového stĺpa. V mieste dotyku s medenou kockou sa ľad začal roztápať a odtekala z toho miesta voda s teplotou $t_0 = 0{,}0$ °C.

a) Medená kocka klesala, ľad sa pod ňou roztápal, ale nakoniec sa pokles zastavil. Zdôvodni, prečo sa pokles kocky zastavil, a aká bola výsledná teplota medenej kocky?
b) Urči hmotnosť m_L^* ľadu z ľadového stĺpa, ktorý sa roztopil.
c) Urči výšku h_1 ľadového stĺpca, keď sa pokles ľadovej kocky zastavil.
d) O koľko sa zmenila polohová energia E_p kocky od položenia na ľadový stĺp až po zastavenie poklesu kocky? Musíme zobrať do úvahy pri výpočte množstva roztopeného ľadu aj túto uvoľnenú energiu?

Hustota medi $\rho_{Cu} = 8\,940\ \mathrm{kg/m^3}$ a ľadu $\rho_{ľ} = 920\ \mathrm{kg/m^3}$, hmotnostná (merná) tepelná kapacita medi $c_{Cu} = 383\ \mathrm{J/(kg \cdot °C)}$, hmotnostné (merné) skupenské teplo topenia ľadu $l_t = 334\ \mathrm{kJ/kg}$, gravitačná konštanta $g = 9{,}81\ \mathrm{N/kg}$.
Poznámka: predpokladajte, že pri roztápaní sa ľadu kocka neskĺzne z ľadového stĺpa a jej dolná podstava zostáva celú dobu klesania vo vodorovnej polohe. Výmenu tepla s okolím môžete považovať za zanedbateľne malú.

4. Vodná para

Voda sa intenzívne odparuje počas varu pri teplote 100 °C (pri tlaku 100 kPa). V prírode hrá odparovanie vody mimoriadne dôležitú úlohu. Odparovanie vody z listov stromov sa deje pri teplote okolia a znižuje teplotu listov – sprostredkovane vzduchu, ktorý ovieva listy stromov. Aj pri sušení bielizne sa voda vyparuje aj pri nízkej teplote. Bielizeň vonku na šnúre vyschne dokonca aj za mrazu.
a) Aký fyzikálny jav sa využíva pri sušení bielizne vonku pri teplote $t < 0$ °C?
b) Prečo sa človek potí, keď je mu horúco. Ktorý fyzikálny jav sa vtedy uplatňuje. Prečo sa človek lepšie cíti v horúcom suchom vzduchu ako vo vzduchu s rovnakou teplotou ale vysokou vlhkosťou?
c) Prečo sa v horúcom vzduchu lepšie cítime keď povieva vetrík, ako keď je bezvetrie?

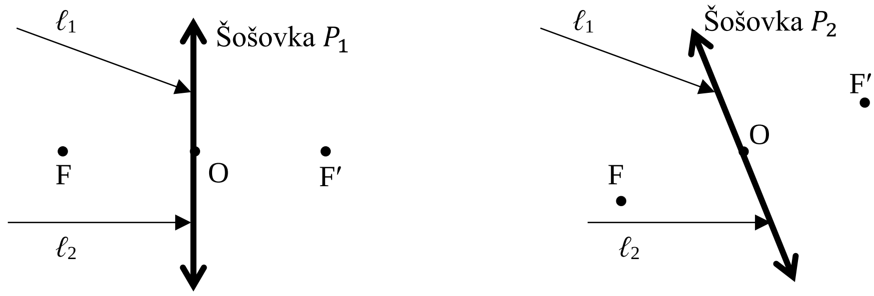
V tabuľkách môžeme nájsť hodnoty: hmotnostná telená kapacita vody $c_v = 4{,}18\ \mathrm{kJ/(°C \cdot kg)}$, hmotnostná tepelná kapacita vodnej pary $c_p = 1{,}88\ \mathrm{kJ/(°C \cdot kg)}$, hmotnostné skupenské teplo varu vody $\ell_v = 2{,}26\ \mathrm{MJ/kg}$ (pri teplote varu $t_v = 100$ °C).

d) Urči teplo Q, ktoré sa odoberie vode s teplotou $t_0 = 20$ °C, ak sa jej časť s hmotnosťou $m = 1{,}0$ g premení na paru s rovnakou teplotou t_0 – hmotnostné skupenské teplo vyparovania vody pri teplote 20 °C.

Pri stanovení tepla Q použite nasledujúcu úvahu: paru s teplotou t_0 dostaneme tak, že vodu s teplotou t_0 zohrejeme na teplotu t_v varu vody, vodu necháme vypariť a potom vzniknutú paru zasa ochladíme na začiatočnú teplotu t_0.

5. Kade idú lúče

Na dvojici obrázkov E–2 je schematicky znázornený dopad dvoch rôznobežných lúčov ℓ_1, ℓ_2 na tenkú spojnú šošovku. Optická os šošovky leží v rovine lúčov. V prvom prípade je jeden lúč rovnobežný s optickou osou šošovky. V obrázku je vyznačený stred O šošovky a jej ohniská (predmetové F a obrazové F'). V druhom prípade vpravo je rovina šošovky vychýlená z pôvodného smeru o určitý ostrý uhol okolo osi kolmej na rovinu lúčov a prechádzajúcou stredom O šošovky, pričom oba lúče ℓ_1, ℓ_2 dopadajú na šošovku šikmo.



Obr. E–2

a) Zostroj pokračovanie lúčov po prechode šošovkami a body P_1 a P_2, v ktorých sa lúče pretínajú.
b) Pomocou obrázku z predchádzajúcej časti úlohy zisti, ako sa zmení poloha priesečníku P lúčov v dôsledku naklonenia šošovky.

6. Cyklisti a pes

Na rovnej vodorovnej ceste a v bezvetrí idú proti sebe na bicykloch Anička a Peter. Rýchlosť Aničky $v_A = 12$ km/h a rýchlosť Petra $v_P = 15$ km/h. Vedľa Aničky beží jej pes Rocky. Keď je vzdialenosť medzi cyklistami d=400 m, zbadá Rocky Petra a vyrazí k nemu rýchlosťou $v_R = 25$ km/h. Keď k Petrovi dobehne, otočí sa a beží nazad k Aničke. Pri nej sa opäť otočí a beží k Petrovi. Takto pokračuje, kým sa oba cyklisti nestretnú.

a) Akú celkovú dráhu s_1 Rocky ubehne od prvého zbadania Petra až do stretnutia cyklistov, ak v oboch smeroch behal rovnakou rýchlosťou v_R?

Podobná situácia sa zopakovala druhý deň na mierne stúpajúcej ceste s rovnakým stúpaním na celej jej dĺžke. Anička išla s Rockym z dolného konca stálou rýchlosťou $v_A' = 9{,}0$ km/h a Peter z horného konca stálou rýchlosťou $v_P' = 18{,}0$ km/h.

b) Keď bola vzdialenosť medzi cyklistami $d = 400$ m, zbadal Rocky Petra a vyrazil k nemu do kopca rýchlosťou $v_{R1} = 20$ km/h. Keď k nemu dobehol otočil sa a bežal nazad k Aničke rýchlosťou $v_{R2} = 30$ km/h. Urči dráhu s_2, ktorú Rocky prebehne od Aničky k Petrovi a nazad, a vzdialenosť d_2 medzi cyklistami v okamihu, keď sa Rocky vráti k Aničke prvý krát.
c) Akú dráhu s_c by Rocky prebehol, ak by opakoval beh medzi Aničkou a Petrom rovnakým spôsobom, až kým sa nestretnú. Pri riešení môžete použiť vzťah pre súčet členov nekonečného radu $1 + x + x^2 + x^3 + \cdots = \frac{1}{1-x}$ pre $|x| < 1$.

7. **Dĺžka metra –** *Experimentálna úloha*

Pôvodná definícia jednotky dĺžky, *metra,* pochádza ešte z roku 1790 (8. mája 1790). K tomu slúžilo tzv. *polkyvové kyvadlo*. Toto kyvadlo urobí polovicu kmitu (kyv) presne za jednu sekundu a dĺžka kyvadla je potom jeden meter.

Úloha
Vyrobte kyvadlo, ktorého polperióda je 1,00 sekundy, t.j. jeden kmit trvá presne 2,00 s.

Pomôcky: veľmi tenká ale pevná niť, plastelína, tyčka s okrúhlym prierezom, stopky (aplikácia so stopkami v mobile), dĺžkové meradlo.

Postup: Dostatočne dlhú niť čiastočne namotajte na tyčku, aby neskĺzala z tyčky. Na voľný koniec nite urobte uzol. Z plastelíny vyrobte guľôčku a dajte ju na niť, aby uzol bol v strede guľôčky. Nakoľko uzol nevidíte, než plastelínovú guľu dáte na niť, zafarbite niť nad uzlom aj pod uzlom v rovnakej vzdialenosti od uzla tak, aby ste vedeli plastelínovú guľôčku presne umiestniť.
Niť s guľôčkou na jednom konci visí z tyčky zvislo dole, pritom tyčka je vodorovná, a pevne zachytená, napr. v stojane alebo môže byť na vyššej polici zaťažená knihou.

Meranie:
Niť s guľôčkou mierne vychýľte zo zvislej polohy v rovine kolmej na tyč, a nechajte ju kývať. Zmerajte dobu aspoň 20 pol kyvov (10 úplných kmitov). Táto doba by mala byť 20 sekúnd. Pokiaľ ste namerali inú dobu, upravte dĺžku nite pootočením tyčky a meranie zopakujte. Korekciu opakujte až kým nedosiahnete čas $N \times 1{,}00$ s, kde N je počet kyvov.
Ak dosiahnete presnú hodnotu výsledného času, zafarbite na niti miesto, kde sa oddeľuje od tyčky a zmerajte vzdialenosť ℓ medzi týmto miestom a uzlom na dolnom konci (po odstránení plasteliny).
Výsledok porovnajte s dĺžkou 1,00 m. Koľko percent z jedného metra predstavuje rozdiel medzi dĺžkou tvojho kyvadla a skutočnou dĺžkou 1,00 m?

Fyzikálna olympiáda – 66. ročník – úlohy okresného kola kat. E
Autori úloh: Aba Teleki, Boris Lacsný
Recenzia úloh: Ivo Čáp,
Redakcia: Ivo Čáp
Úlohy preložil: Aba Teleki
Vydalo: Slovenská komisia fyzikálnej olympiády
Národný inštitút vzdelávania a mládeže, Bratislava 2024