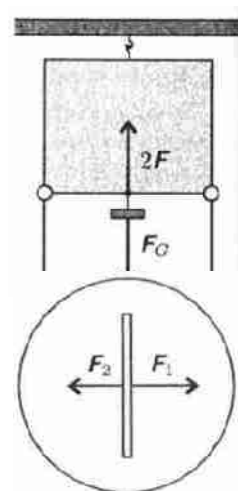


1. Pohyblivá příčka AB délky 40 mm na rámečku s mýdlovou blánou je v rovnovážné poloze, je-li zatížena závažím hmotnosti 320 mg. Určete velikost povrchové síly, která působí na příčku, a povrchové napětí mýdlového roztoku ve styku se vzduchem. Tíhové zrychlení je $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Hmotnost příčky je zanedbatelná. BII108127 1,6 mN 40 mN · m⁻¹



2. Sírka o délce 4 cm plave na povrchu vody. Jestliže na jednu stranu povrchu vody rozděleného sirkou nalijeme trochu mýdlového roztoku, začne se sírka na povrchu pohybovat směrem od mýdlového roztoku k čisté vodě. Určete velikost a směr síly působící na sirku. Povrchové napětí vody je $73 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$, povrchové napětí mýdlového roztoku $40 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$. BII109128 1,3 mN

3. Tenký hliníkový prstenec o poloměru 7,8 cm a hmotnosti 7 g se dotýká povrchu mýdlového roztoku. Jakou silou je třeba působit na prstenec, aby se od povrchu odtrhl? Povrchové napětí mýdlového roztoku ve vodě je $40 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$. BII110129 0,11 N

4. Z nádoby vytéká svislou kapilárou o poloměru 1 mm líh. Za každou sekundu odpadne jedna kapka. Za jakou dobu vyteče z nádoby líh o hmotnosti 10 g? Povrchové napětí lihu je $22 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$. BII110130 710 s

5. Jaký tlak má vzduch v kulové bublině 10^{-3} mm v hloubce 2 m pod vodní hladinou vody, je-li atmosferický tlak 1 000 hPa? Povrchové napětí vody ve styku se vzduchem je $73 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$, hustota vody je $1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. BII111131 $4,1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

6. Určete hmotnost vody, která v důsledku kapilární elevace vystoupí v kapiláře o vnitřním průměru 0,5 mm. Povrchové napětí vody je $73 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$, Předpokládáme, že voda dokonale smáčí stěny kapiláry, stykový úhel je 0° . BII112132 12 mg

7. Do nádoby s kapalinou byla svisle zasunuta kapilára o poloměru 1 mm, kalina v ní vystoupila do výšky 1,2 cm nad volnou hladinou kapaliny v nádobě. Do jaké výšky vystoupí stejná kapalina, jestliže do ní zasuneme kapiláru o poloměru 2 mm? Předpokládáme, že voda dokonale smáčí stěny kapiláry. BII112133 0,6 cm

8. Do vody jsou svisle zasunuty dvě kapiláry s poloměry 1 mm a 1,5 mm. Vypočítejte povrchové napětí vody, je-li rozdíl vodních hladin při kapilární elevaci 4,9 mm. Hustota vody je $1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Předpokládáme, že voda dokonale smáčí stěny kapiláry. BII133134 $72 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$

9. Kanystr ze železného plechu je naplněn až po okraj petrolejem o teplotě 5°C . Vnitřní objem kanystru při této teplotě je 10 l. Určete objem petroleje, který z kanystru vyteče, jestliže ho umístíme v místnosti, ve které je teplota 20°C . Objemovou roztažnost kanystru neuvažujeme. Jak se změní řešení úlohy, jestliže budeme-li teplotní roztažnost uvažovat? Teplotní součinitel objemové roztažnosti petroleje je 10^{-3} K^{-1} , teplotní součinitel roztažnosti železa je $12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. BII114135 150 cm^3 $144,6 \text{ cm}^3$

10. Válcová cisterna na naftu je vysoká 6 m. Cisterna je naplněna naftou tak, že při teplotě 0°C je hladina nafty 20 cm pod okrajem cisterny. Při jaké teplotě by začala nafta z cisterny přetékat? Teplotní součinitel objemové roztažnosti nafty je 10^{-3} K^{-1} . Objemovou roztažnost cisterny neuvažujeme. BII115136 34°C

11. Petrolej o hmotnosti 0,8 kg má při teplotě 0°C objem 1 l. Určete hustotu petroleje při teplotě 20°C . Teplotní součinitel objemové roztažnosti petroleje je 10^{-3} K^{-1} . BII115137 $780 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

kde ϱ je hustota kapaliny a r vnitřní poloměr kapiláry.

Pro *teplotní objemovou roztažnost kapalin* v nepříliš velkém intervalu Δt platí

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta t, \quad V = V_1(1 + \beta \Delta t),$$

kde veličina β je *teplotní součinitel objemové roztažnosti*.

Závislost hustoty kapaliny na teplotě v nepříliš velkém teplotním intervalu Δt lze vyjádřit vztahem

$$\varrho = \varrho_1(1 - \beta \Delta t),$$

kde ϱ_1 je hustota kapaliny při počáteční teplotě t_1 , ϱ hustota kapaliny při teplotě t a $\Delta t = t - t_1$ je změna teploty kapaliny.

ÚLOHY

POVRCHOVÁ SÍLA A POVRCHOVÉ NAPĚTÍ

Úloha 127

Pohyblivá příčka AB délky 40 mm na rámečku s mýdlovou blánou je v rovnovážné poloze, je-li zatížena závažím o hmotnosti 320 mg (obr. 25).

Určete velikost povrchové síly, která působí na příčku, a povrchové napětí mýdlového roztoku ve styku se vzduchem. Tíhové zrychlení je $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Hmotnost příčky je vzhledem k hmotnosti závaží zanedbatelná.

Řešení

$$l = 40 \cdot 10^{-3} \text{ m}, m = 320 \cdot 10^{-6} \text{ kg}, g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}; F = ?, \sigma = ?$$

Na pohyblivou příčku působí tíhová síla F_G závaží svisle dolů a výsledná povrchová síla $2F$ (mýdlová blána má dva povrchy) svisle vzhůru. Protože příčka je v klidu, je $2F = F_G$; odtud

$$F = \frac{F_G}{2} = \frac{mg}{2}.$$

Pro povrchové napětí σ pak platí

$$\sigma = \frac{F}{l} = \frac{mg}{2l}.$$

108

Číselné

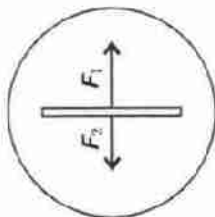
$$F = \frac{320 \cdot 10^{-6} \cdot 10}{2} \text{ N} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ N} = 1,6 \text{ mN},$$

$$\sigma = \frac{320 \cdot 10^{-6} \cdot 10}{2 \cdot 40 \cdot 10^{-3}} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1} = 0,04 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1} = 40 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}.$$

Na pohyblivou příčku působí povrchová síla o velikosti 1,6 mN. Povrchové napětí mýdlového roztoku ve vodě ve styku se vzduchem je $40 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$.

Úloha 128

Sírka o délce 4 cm plave na povrchu vody. Jestliže na jednu stranu povrchu vody rozděleného sírkou nalijeme opatrně trochu mýdlového roztoku, začne se sírka na povrchu vody pohybovat směrem od mýdlového roztoku k čisté vodě. Určete velikost a směr síly působící na sírku. Povrchové napětí vody je $73 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$, mýdlového roztoku $40 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$.



Obr. 26

Řešení

$$l = 4 \cdot 10^{-2} \text{ m}, \sigma_1 = 73 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1},$$

$$\sigma_2 = 40 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}; F = ?$$

Ze vztahů $\sigma_1 = F_1/l$ a $\sigma_2 = F_2/l$ vyplývá, že na sírku působí z obou stran dvě povrchové síly (viz obr. 26) o velikostech $F_1 = \sigma_1 l$ a $F_2 = \sigma_2 l$. Velikost výsledné síly působící na sírku je pak

$$\begin{aligned} F &= F_1 - F_2 = \sigma_1 l - \sigma_2 l = (\sigma_1 - \sigma_2)l. \\ \text{Číselně} \quad F &= (73 \cdot 10^{-3} - 40 \cdot 10^{-3}) 4 \cdot 10^{-2} \text{ N} = \\ &= 1,32 \cdot 10^{-3} \text{ N} = 1,32 \text{ mN} \approx 1,3 \text{ mN}. \end{aligned}$$

Na sírku působí výsledná síla velikosti 1,3 mN. Tato síla působí v povrchu kapaliny a míří směrem od mýdlového roztoku k čisté vodě.

Poznámka

Výslednou sílu působící na sírku lze demonstrovat tak, že necháme sírku plavat na povrchu vody a na jedné straně od sírky se dotkneme povrchu vody kouskem mýdla (popř. tam kápneme kapku saponátu). Sírka se bude pohybovat směrem od mýdlového roztoku k čistému povrchu vody.

109

Úloha 129

Tenký hliníkový prsteneček o poloměru 7,8 cm a hmotnosti 7 g se dotýká povrchu mýdlového roztoku. Jakou silou je třeba působit na prsteneček, aby se od povrchu roztoku odtrhl? Povrchové napětí mýdlového roztoku ve vodě je $40 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$, tíhové zrychlení $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Řešení

$$r = 7,8 \cdot 10^{-2} \text{ m}, m = 7 \cdot 10^{-3} \text{ kg}, \sigma = 40 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}, g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}, F_x = ?$$

K odtržení prstence od mýdlového roztoku je třeba působit na prsteneček svisle vzhůru silou F_x . Velikost této síly není menší než velikost výslednice dvou sil působících směrem dolů: tíhové síly o velikosti $F_G = mg$ a povrchové síly o velikosti $F = 2\sigma l$ ($l = 2\pi r$ je obvod prstence). Pro velikost hledané síly F_x proto platí

$$F_x = F_G + F = mg + 2\sigma l = mg + 4\pi r\sigma.$$

$$\text{Číselně } F_x = 7 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \text{ N} + 4 \cdot 3,14 \cdot 7,8 \cdot 10^{-2} \cdot 40 \cdot 10^{-3} \text{ N} \approx 0,11 \text{ N}.$$

K odtržení prstence od mýdlového roztoku je zapotřebí síla, jejíž velikost se rovná nebo je větší než 0,11 N.

Poznámka

Prsteneček se dotýká povrchu mýdlového roztoku vnitřní i vnější stranou. Proto povrchová síla působící na tenký prsteneček není $F = \sigma l$, ale $F = 2\sigma l$.

Úloha 130

Z nádoby vytéká svislou kapilárou o poloměru 1 mm lž. Za každou sekundu odpadne jedna kapka. Za jakou dobu vyteče z nádoby lž o hmotnosti 10 g? Povrchové napětí lži je $22 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$, tíhové zrychlení $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Řešení

$$r = 10^{-3} \text{ m}, \tau_0 = 1 \text{ s}, m = 10^{-2} \text{ kg}, \sigma = 22 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}, g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}, \tau = ?$$

Označme hmotnost lži m a celkový počet kapek k ; hmotnost jedné kapky je pak $m_1 = m/k$. Lžová kapka o hmotnosti m_1 se oddělí od kapiláry v okamžiku, kdy povrchová síla velikosti $F = 2\pi r\sigma$ působící na kapku po vnějším obvodu kapiláry se rovná velikosti tíhové síly $F_G = m_1 g = mg/k$, kterou tíhové pole působí na kapku. Z rovnice $2\pi r\sigma = mg/k$ pak pro počet kapek k dostaneme

$$k = \frac{mg}{2\pi r\sigma}.$$

$$\text{Číselně } k = \frac{10^{-2} \cdot 9,81}{2 \cdot 3,14 \cdot 10^{-3} \cdot 22 \cdot 10^{-3}} \approx 710.$$

Poněvadž za každou sekundu se oddělí jedna kapka, vyteče z nádoby lž o hmotnosti 10 g za dobu $\tau = 710 \text{ s} = 11 \text{ min } 50 \text{ s}$.

Poznámka

Rovnice $F = 2\pi r\sigma$ platí jen přibližně, protože při odtržení kapky je v místě začátku menší průměr, než je vnější průměr kapiláry.

KAPILÁRNÍ TLAK. KAPILARITA

Úloha 131

Jaký tlak má vzduch v kulové bublině o průměru 10^{-3} mm v hloubce 2 m pod volnou hladinou vody, je-li atmosférický tlak 1 000 hPa? Povrchové napětí vody ve styku se vzduchem je $73 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$, hustota vody $10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ a tíhové zrychlení $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Řešení

$$d = 10^{-3} \text{ mm} = 10^{-6} \text{ m}, r = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}, h = 2 \text{ m}, p_a = 1\,000 \text{ hPa} = 10^5 \text{ Pa}, \sigma = 73 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}, \rho = 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}, g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}, p = ?$$

Tlak vzduchu uvnitř bubliny, která je v hloubce h pod volnou hladinou vody, je

$$p = p_a + \rho g h + \frac{2\sigma}{r},$$

kde p_a je atmosférický tlak, $\rho g h$ hydrostatický tlak vody v hloubce h a $2\sigma/r$ kapilární tlak.

Číselně

$$p = 10^5 \text{ Pa} + 2 \cdot 10^3 \cdot 10 \text{ Pa} + \frac{2 \cdot 73 \cdot 10^{-3}}{0,5 \cdot 10^{-6}} \text{ Pa} = 4,12 \cdot 10^5 \text{ Pa} \approx 4,1 \cdot 10^5 \text{ Pa} \quad (\text{a})$$

Tlak vzduchu uvnitř dané bubliny ve vodě je $4,1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

Poznámka

Rovnici (a) pro numerický výpočet výsledného tlaku lze napísat také ve tvaru

$$p = 10^5 \text{ Pa} + 0,2 \cdot 10^5 \text{ Pa} + 2,92 \cdot 10^5 \text{ Pa} \approx 4,1 \cdot 10^5 \text{ Pa}.$$

Z porovnání jednotlivých členů vyplývá, že u dané bubliny je kapilární tlak větší než atmosférický nebo hydrostatický tlak. Je to způsobeno tím, že uvažovaná bublina má

vodní malý poloměr $0,5 \cdot 10^{-3}$ mm. U větších bublin lze kapilární tlak zanedbat. Např. pro $r = 0,5$ mm vychází

$$p_k = \frac{2\sigma}{r} = \frac{2 \cdot 73 \cdot 10^{-3}}{0,5 \cdot 10^{-3}} \text{ Pa} = 292 \text{ Pa} \approx 300 \text{ Pa}.$$

Tato hodnota kapilárního tlaku je zanedbatelná ve srovnání s atmosférickým a hydrostatickým tlakem.

Úloha 132

Určete hmotnost vody, která v důsledku kapilární elevace vystoupí v kapiláře o vnitřním průměru 0,5 mm. Povrchové napětí vody je $73 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$, tíhové zrychlení $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Předpokládáme, že voda dokonale smáčí stěny kapiláry; stykový úhel $\theta = 0^\circ$.

Řešení

$$d = 0,5 \text{ mm}, r = 0,25 \text{ mm} = 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ m}, \sigma = 73 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}, \\ g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}; m = ?$$

Ze vztahu pro kapilární elevaci $h g g = 2\sigma/r$ dostaneme pro výšku h , do které vystoupí v kapiláře kapalina,

$$h = \frac{2\sigma}{g g}.$$

Hmotnost vody, která je obsažena v kapiláře, je pak

$$m = gV = g\pi r^2 h = g\pi r^2 \frac{2\sigma}{g g} = \frac{2\pi r^2 \sigma}{g}.$$

$$\text{Číselně } m = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,25 \cdot 10^{-3} \cdot 73 \cdot 10^{-3}}{9,81} \text{ kg} = \\ = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ kg} = 12 \text{ mg}.$$

Hmotnost vody, která vystoupí v dané kapiláře při kapilární elevaci, je 12 mg.

Úloha 133

Do nádob s kapalinou byla svisle zasunuta kapilára o poloměru 1 mm; kapalina v ní vystoupila do výšky 1,2 cm nad volnou hladinou kapaliny v nádobě. Do jaké výšky vystoupí stejná kapalina, jestliže do ní zasuneme kapiláru o poloměru 2 mm? Předpokládáme, že kapalina dokonale smáčí stěny kapiláry.

Řešení

$$r_1 = 1 \text{ mm}, h_1 = 1,2 \text{ cm}, r_2 = 2 \text{ mm}; h_2 = ?$$

Výška výstupu kapaliny v kapilárách o poloměrech r_1 a r_2 je určena vztahy (viz úloha č. 132)

$$h_1 = \frac{2\sigma}{g g r_1} \quad \text{a} \quad h_2 = \frac{2\sigma}{g g r_2},$$

kde r_1 a r_2 jsou poloměry kapilár, σ povrchové napětí a g hustota kapaliny. Dělením levých a pravých stran obou rovnic dostáváme

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{r_1}{r_2} \quad \text{a odtud} \quad h_2 = \frac{r_1}{r_2} h_1. \quad (\text{a})$$

$$\text{Číselně } h_2 = \frac{1}{2} \cdot 1,2 \text{ cm} = 0,6 \text{ cm}.$$

V kapiláře o poloměru 2 mm vystoupí kapalina do výšky 0,6 cm.

Poznámky

1. Řešení úlohy vyplývá také bezprostředně z nepřímé úměrnosti mezi výškou výstupu kapaliny v kapiláře a jejím poloměrem. Z nepřímé úměrnosti vyplývá úměra $h_2/h_1 = r_1/r_2$, a odtud $h_2 = h_1 r_1/r_2$.

2. Vzhledem k tomu, že v obecném řešení (a) se vyskytuje podíl r_1/r_2 dvou stejných veličin, lze je vykrátit v libovolných stejných jednotkách (např. v mm). Dosadíme-li pak v obecném řešení za výšku h_1 číselnou hodnotu v cm, vychází ladicí výška h_2 opět v cm.

Úloha 134

Do vody jsou svisle zasunuty dvě skleněné kapiláry s poloměry 1 mm a 1,5 mm. Vypočítejte povrchové napětí vody, je-li rozdíl výšek vodních hladin při kapilární elevaci v obou kapilárách 4,9 mm. Hustota vody je $10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, tíhové zrychlení $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. Předpokládáme, že voda dokonale smáčí stěny kapilár.

Řešení

$$r_1 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}, r_2 = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}, \Delta h = 4,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}, \rho = 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}, \\ g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}; \sigma = ?$$

Výška h při kapilární elevaci je určena vztahem (viz úloha č. 132)

$$h = \frac{2\sigma}{g g r}.$$

Pro rozdíl výšek vodních hladin v obou trubiciích proto platí

Úloha 136

Válcová cisterna na naftu je vysoká 6 m. Cisterna je naplněna naftou tak, že při teplotě 0 °C je hladina nafty 20 cm pod okrajem cisterny. Při jaké teplotě by nafta začala z cisterny přetékat? Teplovní součinitel objemové roztažnosti nafty je 0,001 K⁻¹. Objemovou roztažnost cisterny neuvažujeme.

Řešení

$$h = 6 \text{ m}, t_1 = 0^\circ\text{C}, \Delta h = 0,2 \text{ m}, \beta = 10^{-3} \text{ K}^{-1}, t = ?$$

Přírůstek objemu nafty, při kterém by začala nafta v důsledku její teplovní roztažnosti z cisterny již vytékat, je $\Delta V = \beta V_1 \Delta t$, kde $V_1 = V - \Delta V$ je počáteční objem nafty při teplotě 0 °C (V je objem cisterny) a $\Delta t = t - t_1 = t - 0^\circ\text{C} = t$ je přírůstek její teploty. Po dosazení dostáváme

$$\Delta V = \beta(V - \Delta V)t,$$

Poněvadž $\Delta V = S \Delta h$ a $V = S h$ (S je obsah příčného řezu válcové cisterny), platí:

$$S \Delta h = \beta(S h - S \Delta h)t$$

$$\Delta h = \beta(h - \Delta h)t$$

$$\text{odtud } t = \frac{\Delta h}{\beta(h - \Delta h)}$$

Číselně

$$t = \frac{0,2}{10^{-3}(6 - 0,2)}^\circ\text{C} \doteq 34^\circ\text{C}.$$

Nafta by začala z cisterny vytékat při teplotě 34 °C.

Úloha 137

Petrolej o hmotnosti 0,8 kg má při teplotě 0 °C objem 1 l. Určete hustotu petroleje při teplotě 20 °C. Teplovní součinitel objemové roztažnosti petroleje je 0,001 K⁻¹.

Řešení

$$t_1 = 0^\circ\text{C}, t = 20^\circ\text{C}, \Delta t = t - t_1 = t - 0^\circ\text{C} = t, m = 0,8 \text{ kg}, V_1 = 10^{-3} \text{ m}^3, \beta = 0,001 \text{ K}^{-1}, \rho = ?$$

$$\Delta h = h_1 - h_2 = \frac{2\sigma}{\rho g} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = \frac{2\sigma}{\rho g} \frac{r_2 - r_1}{r_1 r_2},$$

$$\text{odkud } \sigma = \frac{\Delta h \rho g r_1 r_2}{2(r_2 - r_1)}.$$

$$\text{Číselně } \sigma = \frac{4,9 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot (1,5 - 1) \cdot 10^{-3}} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1} \doteq 72,1 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1} \doteq 72 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}.$$

Povrchové napětí vody vypočtené užitím pokusu se dvěma skleněnými kapilárami o různých poloměrech je 72 mN · m⁻¹.

TEPLOTNÍ OBJEMOVÁ ROZTAŽNOST KAPALIN

Úloha 135

Kanýstr ze železného plechu je naplněn až po okraj petrolejem o teplotě 5 °C. Vnitřní objem kanýstru při této teplotě je 10 l. Určete objem petroleje, který z kanýstru vyteče, jestliže ho umístíme v místnosti, ve které je teplota 20 °C. Objemovou roztažnost kanýstru neuvažujte. Jak se změní řešení této úlohy, budeme-li objemovou roztažnost kanýstru uvažovat? Teplovní součinitel objemové roztažnosti petroleje je 10⁻³ K⁻¹, teplovní součinitel délkové roztažnosti železa je 12 · 10⁻⁶ K⁻¹.

Řešení

$$t_1 = 5^\circ\text{C}, t = 20^\circ\text{C}, \Delta t = 15^\circ\text{C}, V_1 = 10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 10^{-2} \text{ m}^3, \beta_p = 10^{-3} \text{ K}^{-1}, \alpha_{Fe} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}, \Delta V_p = ?, \Delta V_{Fe} = ?$$

Přírůstek objemu petroleje ΔV_p při jeho zahřátí o $\Delta t = 15^\circ\text{C}$ je

$$\Delta V_p = \beta_p V_1 \Delta t = 10^{-3} \cdot 10^{-2} \cdot 15 \text{ m}^3 = 150 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 150 \text{ cm}^3.$$

Vnitřní objem železného kanýstru se při tom zvětší o

$$\Delta V_{Fe} = \beta_{Fe} V_1 \Delta t = 3\alpha_{Fe} V_1 \Delta t.$$

$$\text{Číselně } \Delta V_{Fe} = 3 \cdot 12 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-2} \cdot 15 \text{ m}^3 = 5,4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 5,4 \text{ cm}^3.$$

Při zvýšení teploty o 15 °C vyteče z kanýstru petrolej o objemu 150 cm³. Budeme-li uvažovat objemovou roztažnost kanýstru, bude tento objem o 5,4 cm³ menší.

Hustota petroleje při teplotě 0 °C je $\rho_1 = m/V_1$. Při teplotě t má petrolej hustotu

$$\rho = \rho_1(1 - \beta \Delta t) = \frac{m}{V_1}(1 - \beta t).$$

$$\begin{aligned} \text{Číselně } \rho &= \frac{0,8}{10^{-3}} \cdot (1 - 0,001 \cdot 20) \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} = \\ &= 784 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \approx 780 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}. \end{aligned}$$

Při teplotě 20 °C má petrolej hustotu 780 kg · m⁻³.