

## 2.5.4 Objemová roztažnost kapalin

$\beta$  - koeficient objemové roztažnosti kapaliny  $[\text{K}^{-1}]$ .

kapalina	voda	etanol	rtuť	aceton	kyselina octová
$\beta_{20} [10^{-3} \cdot \text{K}^{-1}]$	0,21	1,1	0,18	1,43	1,07
$\rho_{20} [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$	998	789	13546	790	1049

**Př. 1:** Najdi důvody, proč se ve venkovních teploměrech používá jako měřící kapalina líh místo vody. Je možné používat líh ve venkovních teploměrech na všech místech Země?

**Př. 2:** Urči, jak se změní objem 2l vody, která se na slunci zahřeje z  $10^\circ$  na  $40^\circ$ .

$$V_0 = 2 \text{ dm}^3, \Delta t = t_2 - t_1 = 45 - 10 = 35^\circ\text{C}, \beta = 0,18 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}, \Delta V = ?$$

$$V = V_0(1 + \beta\Delta t) \quad V = V_0 + V_0\beta\Delta t \quad V - V_0 = V_0\beta\Delta t$$

$$\Delta V = V_0\beta\Delta t \quad \Delta V = V_0\beta\Delta t = 2 \cdot 0,18 \cdot 10^{-3} \cdot 35 \text{ dm}^3 = 0,0126 \text{ dm}^3$$

**Př. 3:** Odvoď vztah pro závislost hustoty kapaliny na teplotě.

Platí:  $\rho = \frac{m}{V}$ ,  $\rho_0 = \frac{m}{V_0}$  (hmotnost kapaliny se nemění),  $V = V_0(1 + \beta\Delta t)$

Dosadíme:  $\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{V_0(1 + \beta\Delta t)}$

$$\rho(1 + \beta\Delta t) = \frac{m}{V_0} = \rho_0 \quad \rho = \frac{\rho_0}{1 + \beta\Delta t}$$

**Př. 4:** Urči hustotu vody při teplotě  $100^\circ\text{C}$ .

$$\rho_{20} = 998 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}, \beta_{20} = 0,21 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}, \rho_{100} = ? \quad \Delta t = 100 - 20 \text{ K} = 80 \text{ K}$$

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 + \beta\Delta t} = \frac{998}{1 + 0,21 \cdot 10^{-3} \cdot 80} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} = 982 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

**Dodatek:** Ve skutečnosti platí  $\rho_{100} = 958 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Rozdíl ve výsledku je způsoben růstem koeficientu objemové roztažnosti s teplotou. Například pro vodu platí:

$$\beta_{20} = 0,21 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}, \beta_{50} = 0,46 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}, \beta_{100} = 0,75 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}. \text{ V technické praxi se proto občas používá přesnější kvadratický vzorec: } V = V_0(1 + \beta_1\Delta t + \beta_2\Delta t^2).$$

### Anomálie vody

**Př. 5:** Jedním z důsledků globálního oteplování má být zvýšení hladiny oceánů. Urči výpočtem, jak by se zvýšila hladina oceánu kvůli tepelné roztažnosti vody, kdyby se teplota mořské vody zvýšila o  $2^\circ\text{C}$ .

$$\Delta t = 2^\circ\text{C}, h = 3,5 \text{ km} = 3500 \text{ m}, \beta = 0,18 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}, \Delta h = ?$$

$$V = V_0(1 + \beta\Delta t)$$

Předpokládáme, že plocha oceánu se příliš nezmění  $\Rightarrow V_0 = S_0 h_0, V = S_0 h$ .

$$S_0 h = S_0 h_0(1 + \beta\Delta t) \quad h = h_0 + h_0\beta\Delta t \quad h - h_0 = h_0\beta\Delta t$$

$$\Delta h = h_0 \beta \Delta t = 3500 \cdot 0,18 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \text{ m} = 1,26 \text{ m}$$

**Př. 6:** Zhodnot' realističnost výsledku předchozího příkladu.

**Př. 7:** Urči průřez kapiláry lékařského teploměru, pokud obsahuje 0,05 ml rtuti a při zvýšení teploty o 1 stupeň hladina rtuti vzroste o 9 mm. Jaká je tloušťka kapiláry, pokud je její šířka přibližně 1 mm?

$$V_0 = 0,05 \text{ ml} = 5 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3, \Delta t = 1^\circ \text{C}, \Delta h = 9 \text{ mm} = 9 \cdot 10^{-3} \text{ m}, S = ?$$

$$\text{v kapiláře přibude: } \Delta V = S \cdot \Delta h \Rightarrow S = \frac{\Delta V}{\Delta h}$$

$$V = V_0 (1 + \beta \Delta t) \quad V = V_0 + V_0 \beta \Delta t \quad V - V_0 = V_0 \beta \Delta t \quad \Delta V = V_0 \beta \Delta t$$

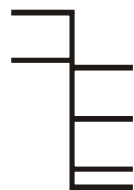
$$S = \frac{\Delta V}{\Delta h} = \frac{V_0 \beta \Delta t}{\Delta t} = \frac{5 \cdot 10^{-8} \cdot 0,18 \cdot 10^{-3} \cdot 1}{9 \cdot 10^{-3}} \text{ m}^2 = 10^{-9} \text{ m}^2$$

$$a = 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}, b = ?$$

$$S = ab \Rightarrow b = \frac{S}{a} = \frac{10^{-9}}{10^{-3}} \text{ m} = 10^{-6} \text{ m}$$

Průřez kapiláry je  $10^{-9} \text{ m}^2$ , její tloušťka pouze 1  $\mu\text{m}$ .

**Př. 8:** Na trupech lodí bývá vyznačena čára ponoru (Load Line nebo Plimsoll Line). Tato značka není tvořena jednou čarou, ale systémem čar pro různé podmínky. Vysvětli, proč nestačí jedna čára a přiřaď k jednotlivým čarám jejich označení.



Označení: TF (Tropical Fresh Water), F (Fresh Water), T (Tropical Seawater), S (Summer Temperate Seawater), W (Winter Temperae Seawater), WNA (Winter North Atlantic)

Loď se může plavit v různě teplých a různě slaných vodách  $\Rightarrow$  různé druhy vod mají různé hustoty a budou různým způsobem vytlačovat loď, která se bude do různé míry zanořovat. Nejvíce zanořená bude v teplé, sladké vodě (má nejmenší hustotu), nejméně zanořená bude ve studené slané vodě.

