

# TEPLOTNÍ OBJEMOVÁ ROZTAŽNOST KAPALIN

## Pracovní úkol:

- 1) Proveďte měření závislosti objemu kapaliny na teplotě.
- 2) Sestrojte graf závislosti změny objemu kapaliny na změně teploty  $\Delta V = f(\Delta t)$ .
- 2) Určete charakter závislosti.

**Pomůcky:** objemový dilatometr, vaříč, ohřívací nádoba s vodou, teploměr, digitální váhy, měřená kapalina.

## Teorie:

Podobně jako pevné látky také kapaliny mění při změně teploty svůj objem. Tento jev se nazývá *teplotní objemová roztažnost kapalin*.

U většiny kapalin jejich objem roste s rostoucí teplotou, přičemž se různé kapaliny roztahují za stejných podmínek různě.

Pro malé teplotní změny lze závislost objemu kapaliny na teplotě za konstantního vnějšího tlaku popsat lineárním vztahem:

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

kde  $\Delta t = t - t_0$ ,  $V_0$  je počáteční objem kapaliny při teplotě  $t_0$  a  $\beta$  je *teplotní součinitel objemové roztažnosti kapaliny*.

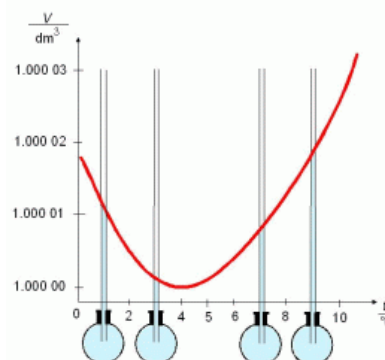
Pro větší teplotní rozdíly  $\Delta t$  není lineární vztah přesný a závislost objemu kapaliny na teplotě popisujeme kvadratickou funkcí přírůstků teploty:

$$V = V_0 \cdot (1 + \beta_1 \cdot \Delta t + \beta_2 \cdot (\Delta t)^2) \quad (2)$$

Například pro rtuť v teplotním intervalu 0-100°C je  $\beta_1 \approx 1,82 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ ,  $\beta_2 \approx 8 \cdot 10^{-9} \text{ K}^{-2}$  nebo pro etanol v teplotním intervalu 0-39°C je  $\beta_1 \approx 7,45 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ ,  $\beta_2 \approx 1,8 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-2}$ .

Výjimkou mezi kapalinami z hlediska závislosti objemu kapaliny na teplotě je např. voda, která má závislost výrazně odlišnou – tzv. *anomálie vody*. Vysvětluje se tím, že i při teplotě 0°C zůstávají ve vodě zbytky krystalické mřížky ledu. Při tom střední vzdálenosti molekul vody v ledu jsou větší než v tekuté vodě. Při zvětšování teploty od 0°C do 3,98°C zbytky krystalické mřížky ledu postupně mizí, a tím se zmenšují vzdálenosti mezi molekulami vody. Proto se celkový objem vody zmenšuje.

Ze závislosti objemu na teplotě pro vodu také plyne, že při teplotě 3,98°C má voda největší hustotu. Vrstvy vody této teploty se proto nacházejí nejnižší v zamrzávajících vodních plochách a to má velký význam pro přežití vodních živočichů a rostlin.



Obrázek č. 1: Anomálie vody [1]

**Pokyny pro měření:**

- 1) Určete hmotnost prázdné nádoby objemového dilatometru.
- 2) Přeš otvor pro zkumavku naplňte dilatometr kapalinou. Pak nasuňte zkumavku a upevněte ji v takové poloze, aby hladina ukazovala na rysku „0“.
- 3) Pečlivě osušte dilatometr a znovu určete jeho hmotnost.
- 4) Do kapiláry dilatometru zasuněte čidlo teploměru zhruba na úroveň regulační zkumavky.
- 5) Vložte dilatometr do vodní lázně a počkejte cca 10 minut na vyrovnání teplot. Poté proveďte korekci nastavení výšky hladiny v kapiláře a změřte počáteční teplotu  $t_0$ .
- 6) Zapněte ohřev vodní lázně. V pravidelných intervalech měřte teplotu a změnu objemu (s krokem 5 dílků). Měření provádějte v intervalu 0-200 dílků.
- 7) Vypněte ohřev vodní lázně a nádobu odstavte na podložku.

**Pokyny pro zpracování:**

- 1) Určete počáteční objem kapaliny  $V_0$  při teplotě  $t_0$ . pro hustotu použijte vztah:

$$\rho(t_0) = -1,1 \cdot 10^{-7} \cdot t_0^4 + 3,7 \cdot 10^{-5} \cdot t_0^3 - 7,2 \cdot 10^{-3} \cdot t_0^2 - 0,043 \cdot t_0 + 999,94 \quad (3)$$

- 2) Převed'te naměřené hodnoty změny objemu  $\Delta V$  na  $\text{m}^3$  pomocí převodního vztahu 1 dílek =  $2,18 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3$ .
- 3) Sestrojte graf závislosti  $\Delta V = f(\Delta t)$ , kde  $\Delta t = t - t_0$ .
- 4) Proložte naměřená data lineární závislostí bez absolutního členu ( $y = k \cdot x$ ) a určete průměrný teplotní součinitel objemové roztažnosti kapaliny  $\beta$  pro měřený interval teplot. Určete korelační koeficient této závislosti.
- 5) Proložte naměřená data polynomem 2. stupně bez absolutního členu ( $y = a \cdot x^2 + b \cdot x$ ) a určete průměrné teplotní součinitele objemové roztažnosti kapaliny  $\beta_1$  a  $\beta_2$  pro měřený interval teplot. Určete korelační koeficient této závislosti.
- 6) Porovnejte obě závislosti.
- 7) Porovnejte součinitel z bodu 4) s tabulkovou hodnotou.
- 8) Odhadněte, jak velkou chybu vnáší teplotní roztažnost skla.

**Literatura:**

- [1] Kopečný, J. a kol.: Fyzika pro bakaláře. Ostrava, VŠB – TUO, 2006, 1. vydání, ISBN 80-248-1200-2
- [2] Brož, J. a kol.: Základy fyzikálních měření I, vydání 2. SPN, Praha 1983