

Úloha č. 7: Měření měrné tepelné kapacity vody aproximativní metodou

Datum: 22.3.2005

Vypracoval: Petr Novotný

Podmínky: $t=21,9^{\circ}\text{C}$, $p=739,12\text{torr}$, $\varphi=47\%$

Do kalorimetru nalijeme vodu o hmotnosti m a počáteční teplotě t_p a zahříváme topnou spirálou při napětí U a proudu I po dobu τ_m na teplotu t_v . Měrnou tepelnou kapacitu získáme ze vzorce

$$c(m + \kappa)(t_v - t_p) + \beta \left(\frac{t_v + t_p}{2} - t_0 \right) = UI\tau_m \quad (1)$$

kde β je koeficient chladnutí, κ redukovaná kapacita kalorimetru a t_0 teplota okolí.

Hodnoty β a κ získáme dalšími dvěma experimenty:

a) Měření kapacity kalorimetru směšovací metodou

Do kalorimetru, ve kterém je voda o teplotě t_1 a hmotnosti m_1 přilijeme vodu o hmotnosti m_2 a teplotě t_2 a počkáme, než se teplota ustálí na hodnotě t . Přitom platí kalorimetrická rovnice $c(m_1 + \kappa)(t - t_1) = c m_2(t_2 - t)$, po upravení $(m_1 + \kappa)(t - t_1) = m_2(t_2 - t)$. Odtud získáme redukovanou kapacitu κ

$$\kappa = \frac{m_2(t_2 - t) - m_1(t - t_1)}{t - t_1} = m_2 \frac{t_2 - t}{t - t_1} - m_1$$

V našem případě

$m_1 = 225,12\text{g}$

$t_1 = 22,5^{\circ}\text{C}$

$m_2 = 222,12\text{g}$

$t_2 = 61,0^{\circ}\text{C}$

$t = 37,5^{\circ}\text{C}$

Po dosazení naměřených hodnot dostaneme $\kappa = 122,87\text{g}$

b) Měření koeficientu chladnutí

Kalorimetr s vodou o hmotnosti $m = 482,92\text{g}$ zahřejeme na teplotu $t_p = 39^{\circ}\text{C}$ a potom necháme chladnout a měříme závislost teploty na čase:

τ/min	$t/^{\circ}\text{C}$
0	39,0
5	38,0
10	37,5
15	37,0
20	36,5
25	36,0
30	35,5
35	35,0
40	34,5
45	34,0
50	33,5
55	33,5
60	33,0

Koeficient β získáme lineární regresí logaritmované rovnice

$$t = t_0 + (t_p - t_0) e^{\frac{\beta}{c(m+\kappa)}\tau}$$

$$\ln \frac{t - t_0}{t_p - t_0} = \frac{\beta \tau}{c(m + \kappa)}$$

$$\beta = \frac{c(m + \kappa)}{\tau} \ln \frac{t - t_0}{t_p - t_0}$$

Protože c neznáme, získáme $\beta/c = 0,0822 \text{ kgK}^{-1}$

c) Vlastní měření měrné tepelné kapacity

Po dosazení do rovnice (1) dostaneme

$$c(m + \kappa)(t_v - t_p) + c \frac{\beta}{c} \left(\frac{t_v + t_p}{2} - t_0 \right) = UI\tau_m$$

$$c = \frac{UI\tau_m}{(m + \kappa)(t_v - t_p) + \frac{\beta}{c} \left(\frac{t_v + t_p}{2} - t_0 \right)}$$

Vodu o hmotnosti $m = 482,92 \text{ g}$ zahříváme z teploty $t_p = 28^\circ\text{C}$ na teplotu $t_v = 39^\circ\text{C}$ napětím $U = 16 \text{ V}$ a proudem $I = 1,75 \text{ A}$. Doba zahřívání byla $\tau_m = 18 \text{ min} + 36 \text{ s} = 1116 \text{ s}$

Po dosažení těchto hodnot a hodnot získaných v části a) a b), dostaneme $c = 4102 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$