

Skupenské teplo tání ledu

- **Autor:** Filip Plachý 1F/46
- **Spolupracoval:** Adam Babovák
- **Datum měření:** 3. 3. 2022
- **Úvod:**

K vyvolání přechodu látky do jiného skupenství je zapotřebí přidat nebo odebrat určité množství energie v podobě tepla. Toto množství tepla se nazývá skupenské teplo. V našem případě při tání ledu se jedná o teplo, které přijme pevná látka v přechodu na kapalinu. Protože budeme pracovat s konkrétní množství ledu, tak využijeme „měrné skupenské teplo tání“, kdy vypočítáme přijatou energii na jeden kilogram látky. Pro zjištění změn teplot použijeme kalorimetr, kterému nejdříve musíme vypočítat jeho tepelnou kapacitu („množství tepla, které je potřeba aby se teplota v kalorimetru zvětšila o 1 kelvin“).

- **Zadání:**

1. Určete tepelnou kapacitu kalorimetru a její nejistotu
2. Určete měrné skupenské teplo tání ledu včetně jeho nejistoty

- **Postup:**

1. Připravíme se teplou vodu z konvice a led
2. Do kádinky nalijeme 200ml vlažné vody s kohoutku, zvážíme a nalijeme do kalorimetru. Zvážíme hmotnost kádinky a odečteme od celkové váhy vody (m_1)
3. Necháme ustálit kapalinu v kalorimetru a změříme její teplotu (t_1)
4. Odlijeme opatrně 200ml horké vody, zvážíme (m_2) a změříme přímo její teplotu (t_2), vodu nalijeme poté do kalorimetru
5. Vodu v kalorimetru promícháme a změříme teplotu (t)
6. Vypočítáme tepelnou kapacitu K kalorimetru
7. Vezmeme 3 kostky ledu a necháme je chvíli odstát na vzduchu, aby začaly tát. Položíme na saví papír a zvážíme. Kostky poté hodíme do kalorimetru a zvážíme hmotnost savého papíru a zjistíme váhu kostek ledu (M)
8. Změříme teplotu vody kalorimetru (t_p), poté vhodíme kostky ledu
9. Promícháme a počkáme chvíli, až led zcela roztaje. Změříme teplotu (t_k)
10. Vypočítáme měrné skupenské teplo tání ledu (L)

- **Měření a výpočet:**

1. **Určení tepelné kapacity kalorimetru:**

$m_1 = 199 \text{ g} = 0,199 \text{ l}$ - Váha vody z kohoutku po odečtení váhy kádinky

$t_1 = 22 \text{ °C}$ - teplota vody z kohoutku

$m_2 = 194 \text{ g} = 0,194 \text{ l}$ - Váha vody z konvice po odečtení váhy kádinky

$t_2 = 87,1 \text{ °C}$ - teplota vody z konvice

$t = 49,5 \text{ °C}$ - teplota po smíchání v kalorimetru

$c_v = 4200 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ - měrná tepelná kapacita vody (z tabulek)

Kalorimetrická rovnice:

$$K = c_v * \left(m_2 \frac{t_2 - t}{t - t_1} - m_1 \right) = \underline{278,25 J * K^{-1}}$$

Výpočet nejistot kalorimetru (použita rovnice bez započítané nejistoty rozdílu hmotnosti vody Δm , protože jsou zanedbatelné):

$$\Delta K \doteq \frac{c_v m_2}{(t - t_1)^2} \sqrt{[(t - t_1)\Delta t_2]^2 + [(t_1 - t_2)\Delta t]^2 + [(t_2 - t)\Delta t_1]^2} = \underline{8,62 J * K^{-1}}$$

$\Delta t = \Delta t_1 = \Delta t_2 = 0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$ - nejistota teploměru

2. Určení měrného skupenského tepla tání ledu:

$M = 21 \text{ g} = 0,021 \text{ kg}$ - hmotnost ledu (odečtena váha ubrousku)

$t_p = 47,8 \text{ } ^\circ\text{C}$ - teplota v kalorimetru před vložením ledu

$t_k = 41,8 \text{ } ^\circ\text{C}$ - teplota vody po rozpuštění ledu

Výpočet měrného skupenského tepla:

$$L = \frac{(m_1 + m_2)c_v + K}{M} (t_p - t_k) - c_v(t_k - 0) = \underline{375\,540 J * kg^{-1}}$$

Výpočet nejistot měrného skupenského tepla

$\Delta m_1 = \Delta m_2 = \Delta M = 0,001 \text{ kg}$ - nejistota váhy

$\Delta t_p = \Delta t_k = 0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$ - nejistota teploměru

$$\Delta L_{t_p} = \frac{(m_1 + m_2)c_v + K}{M} \Delta t_p = 9185 J * kg^{-1}$$

$$\Delta L_{t_k} = \frac{(m_1 + m_2 + M)c_v + K}{M} \Delta t_k = 9605 J * kg^{-1}$$

$$\Delta L_M = \frac{(m_1 + m_2)c_v + K}{M^2} (t_p - t_k) \Delta M = 26242,86 J * kg^{-1}$$

$$\Delta L_{m_1} = \Delta L_{m_2} = \frac{c_v}{M} (t_p - t_k) \Delta m_1 = 1200 J * kg^{-1}$$

$$\Delta L_K = \frac{1}{M} (t_p - t_k) \Delta K = 2462,86 J * kg^{-1}$$

$$\Delta L = \sqrt{(\Delta L_{t_p})^2 + (\Delta L_{t_k})^2 + (\Delta L_M)^2 + (\Delta L_{m_1})^2 + (\Delta L_{m_2})^2 + (\Delta L_K)^2} = \underline{29567,8 J * kg^{-1}}$$

• Závěr:

Tepelná kapacita kalorimetru je $278,25 \pm 8,62 J * K^{-1}$. Měrná tepelná kapacita nám z naměřených hodnot vyšla $375\,540 \pm 29567,8 J * kg^{-1}$, což je kousek nad tepelnou kapacitu tání ledu z tabulek $330\,000 J * kg^{-1}$.