

Michal Červeňák

dátum merania: 10.10. 2016

skupina: 4

Klasifikace:

1 Pracovní úkol

1. Zkalibrujte teplotní čidlo a sestavte kalibrační křivku
2. Určete tepelnou kapacitu kalorimetru
3. Určete měrnou tepelnou kapacitu přiložených kovových válečků a ověřte Dulongův-Petitův zákon
4. Určete měrné skupenské teplo tání ledu
5. Určete měrné skupenské teplo varu vody

2 Postup merania

2.1 Tepelná kapacita kalorimetru

1. Do kalorimetru sa nalial známe množstvo vody o pokojovej teplote
2. Dáme sa zohrievať voda.
3. Po zohriatí sa určila jej teplota
4. Obe kvapaliny boli zmiešané a určená teplota zmesi.

2.2 Meraná tepelná kapacita pevné látky

1. Do kalorimetru sa dal známe množstvo vody o známej teplote
2. Skúmané teleso zohrialo na 100 °C
3. Teleso sa ponorilo do kvapaliny, pričom sa meral časový vývoj teploty
4. Tento postup sa opakoval pre všetky telesá

2.3 Meraná skupenské teplo topenia

1. Pripravila sa zmes vody a ľadu o teplote $t = 0^\circ\text{C}$
2. Odmerala sa jej teplota –kvôli kalibrácii teplomeru
3. Do tejto zmesi sa dali kusy ľadu
4. Po vyrovnaní teplôt sa kúsky ľadu vložili do kalorimetru pričom sa opäť merala časová závislosť teploty.

2.4 Meraná skupenské teplo varu

1. V paro-generátore zahrejeme vodu na $t = 100^\circ\text{C}$ tak aby nám začal var
2. Kalorimeter si naplníme vodou o známej teplote a známej hmotnosti
3. Po tom ako nastane var v paro-generátore vložíme jeho vývod do kalorimetra a regulujeme ohrev tak aby sa všetká para stihla skondenzovať.
4. Popritom zaznamenávame časový vývoj teploty

3 Pomôcky

Kalorimeter, digitálny teplomer, paro-generátor, váhy.

4 Teória

Pre výpočet tepelnej kapacity kalorimetra môžeme použiť vzorec

$$\kappa = \frac{(m_z c)(t_z - t)}{t - t_1} - m_1 c, \quad (1)$$

pričom c je tepelná kapacita vody, m_z a t_z je hmotnosť a teplota zohrievanej vody, m_1 a t_1 je hmotnosť a teplota vody v kalorimetre, a t je teplota zmesi po ustálení teploty.

Na výpočet tepelnej kapacity neznámej látky použijem vzorec

$$c = \frac{m_1 c_v (t - t_1)}{m_d 2 (t_2 - t)}, \quad (2)$$

kde m_1 a t_1 je teplota vody v kalorimetre m_2 a t_2 je hmotnosť a teplota vkladného telesa. A t je teplota zmesi.

Prevod medzi mernou tepelnou kapacitou a molárnou tepelnou kapacitou

$$c_M = M_n c, \quad (3)$$

pričom M_m je molárna hmotnosť a c_M je molárna tepelná kapacita.

Na výpočet merného tepelného skupenstva topenia uvažujeme vzťah

$$k_t = \frac{(m_1 c + \kappa)(t_1 - t) - m c t}{m}, \quad (4)$$

kde m je hmotnosť ladu, a zvyšné veličiny sú obdobné ako u prechádzajúcich vzťahov.

K výpočtu merného skupenského tepla varu použijeme vzťah

$$l_v = \frac{(m_1 c + \kappa)(t - t_1) - m c (t_v - t)}{m}, \quad (5)$$

kde t_v je teplota varu a m je hmotnosť z kondenzovanej vodnej pary.

5 Výsledky merania

Hmotnosť kalorimetra m_k bola pomocou digitálnych váh určená na $m_k = 52,18$ g.

5.1 Tepelná kapacita kalorimetru

Do kalorimetru bola naliatá voda o hmotnosti $m_1 = 105,66$ g a teplote $t_1 = 22,3$ °C. Hmotnosť zohrievanej vody bola $m_z = 81,3$ g. Teplota vody po zohriatí bola $t_z = 100$ °C. Po zmiešaní mala zmes teplotu $t_v = 47,9$ °C. Z toho bola pomocou vzťahu 1 určená tepelná kapacita kalorimetru $\kappa = 158 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$.

5.2 Meraná tepelná kapacita pevné látky

Vážením boli určené hmotnosti všetkých troch valčekov

$$\begin{aligned} m_{mo} &= 334,56 \text{ g}, \\ m_{Cu} &= 364,00 \text{ g}, \\ m_{Al} &= 114,36 \text{ g}. \end{aligned}$$

Všetky 3 valčeky boli zohraté na teplotu $t_2 = 100$ °C. Najskôr bolo prevedené meranie bronzového valčeku, ktorý bol ponorený do vody o teplote $t_1 = 24,7$ °C a hmotnosti $m_1 = 238,9$ g. Teplota sa ustálila po istom čase na $t = 31,6$ °C.

Následne bolo prevedené meranie medi ktorý bol ohriaty na $t_2 = 100$ °C, a ponorený do vody o teplote $t_1 = 24,7$ °C a hmotnosti $m_1 = 220,7$ g. Teplota sa ustálila po istom čase na $t = 33,6$ °C.

Ako posledné bolo prevedené meranie hliníku, ktorý bol ohriaty na $t_2 = 100$ °C, a ponorený do vody o teplote $t_1 = 24,8$ °C a hmotnosti $m_1 = 255,59$ g. Teplota sa ustálila po istom čase na $t = 30,4$ °C.

Podľa vzťahu 2 boli vypočítané jednotlivé tepelne kapacity látok

$$\begin{aligned} c_{mo} &= 0,35 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}, \\ c_{Cu} &= 0,39 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}, \\ c_{Al} &= 0,86 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}, \end{aligned}$$

následne boli všetky hodnoty prepočítané na molárnu tepelnú kapacitu podľa vzťahu 3, a porovnané s hodnotou ktorá bola spočítaná podľa Dulong-Petitového

¹Pre ďalšie výpočty je uvažované práve s touto kapacitou.

zákona. Pričom molárne hmotnosti boli vyhľadane v periodickej tabuľke[1], pre med $M_{Cu} = 63,546 \text{ g/mol}$ a hliník $M_{Al} = 26,98154 \text{ g/mol}$

$$c_{MCu} = 24,8 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1},$$

$$c_{MAl} = 23,2 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1},$$

pričom molárna hmotnosť mosadze nieje dobre definovaná preto nebola dopočítaná hodnota c_M pre mosadz.

5.3 Meraná skupenské teplo topenia

V tomto prípade boli uskutočnené 2 merania pre rôzne množstvá ľadu. V prvom prípade, bola hmotnosť ľadu $m = 19,44 \text{ g}$, teplota vody na začiatku $t_1 = 26,7^\circ\text{C}$, a hmotnosť vody $m_1 = 247,47 \text{ g}$ a $t = 19^\circ\text{C}$. Podľa vzťahu 4 bolo určené merné skupenské teplo topenia na $l = 358,76 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$.

Následne bol prevedený experiment s väčším množstvom ľadu, konkrétne $m = 76,82 \text{ g}$, $t_1 = 19,6^\circ\text{C}$ a $t = 3,7^\circ\text{C}$. Pre tento prípad bolo určené merné skupenské teplo $l = 251,76 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$. Obe teploty boli určené z grafov 5 a 7

5.4 Meraná skupenské teplo varu

Hmotnosť vody o teplote $t_1 = 62,3^\circ\text{C}$ bola $m_1 = 147,86 \text{ g}$. Hmotnosť kondenzovanej vody je $m = 21,48 \text{ g}$. Pričom teplota vystúpila na $t = 62,3^\circ\text{C}$. Teplota t numerickou integráciou, vid' graf 4 ako $t = 62,3^\circ\text{C}$ Z nameraných údajov bola pomocou vzťahu 5 určené merné skupenské teplo varu $l_v = 1474 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$

5.5 určenie kalibračnej krivky

Kalibračná krivka bola určená pomocou teploty varu a topenia vody

$$t_t = 99,9^\circ\text{C},$$

$$t_v = 0,6^\circ\text{C},$$

následne bola krivka vykreslená do grafu obr. 7. a spočítaná rovnica priamky

$$t_{\text{nameraná}} = 0.993t_{\text{skutočná}} + 0.6.$$

5.6 Chyby merania

Chyby merania a chyby meracích prístrojov v tomto prípade uvažujeme ako zanedbateľné. Konkrétne chyba určovanie hmotnosti $\Delta m = 0,01 \text{ g}$, teploty $\Delta t = 0,1^\circ\text{C}$ sú určené ako veľkosť najmenšieho dieliku stupnice.

6 Diskusia

Merné skupenské teplo varu vody bolo určené ako $l_v = 1474 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$, v porovnaní s tabuľkovou hodnotou $l_v = 2256 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$ sa hodnoty líšia o pol radu. Tento rozdiel je v prvej rade spôsobený únikom časti vodných par von z kalorimetru. Ďalej výmenou tepla s okolitým prostredím a chladením už aparatury na výrobu pary.

Nami namerané merné skupenské teplo topenia vody v porovnaní s tabuľkovými hodnotami [2] $t_t = 333,7 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$ je v pravom prípade pri použití malého množstva ľadu veľmi podobná. Pri použití rádovo viac ľadu sa táto hodnota líši už o cca 40 %. V prvej rade je to spôsobené veľmi dlhým meraním, a teda vplyv okolia je už nezanedbateľný a lineárny odhad teploty je v tomto prípade nedostatočný, treba použiť exponenciálny. Dalším problémom je nemožnosť ochladiť ľad ako celok na 0°C aj keď vonkajšok sa ochladil na nulu tak vnútro ľadových kociek malo stále nižšiu teplotu.

Overenie Dulong-Petitovho zákona sa pre hliník ale aj meď ukázalo ako celkom presné a nelíši sa od hodnoty $3R \doteq 25$. Chyby ako u všetkých meraní sú výmena tepla s okolím.

7 Záver

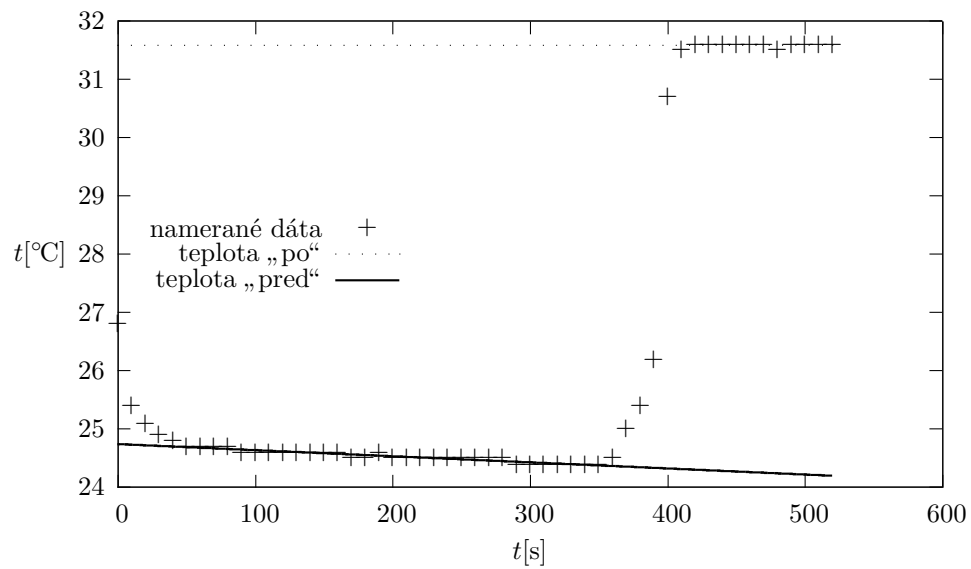
Merné skupenské teplo varu vody bolo určené ako $l_v = 1474 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$, merné skupenské teplo topenia vody bolo určené ako $l_t = 358,76 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$.

Pre meď a hliník bol overený Dulong-Petitov zákon. A vynesená kalibračná krivka od obr. ??.

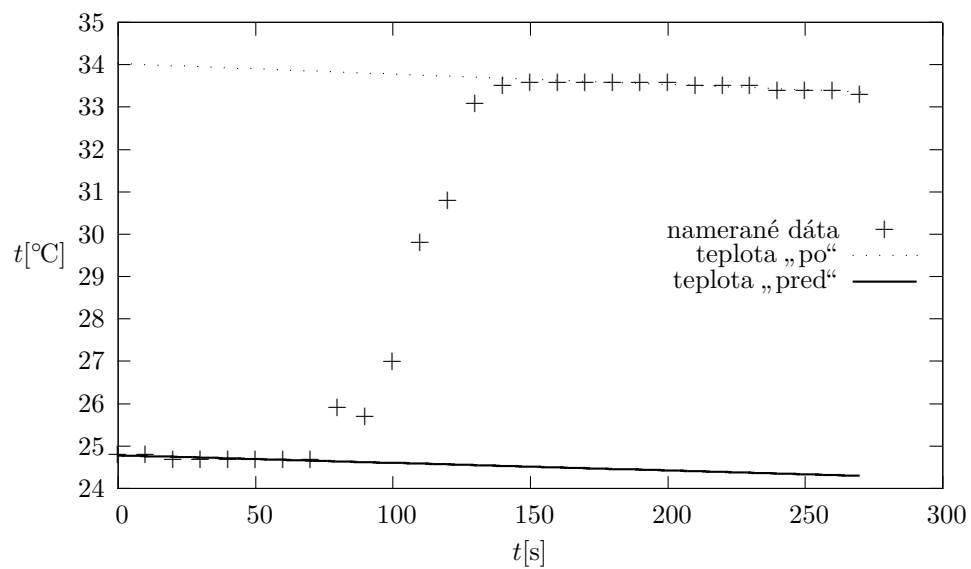
Reference

- [1] Periodická tabuľka dostupná na <http://galerie2.sweb.cz/prvky.htm>
- [2] Fyzikálne tabuľky dostupné na http://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/kurz_fyziky_pro_DS/display.php/molekul/8_3

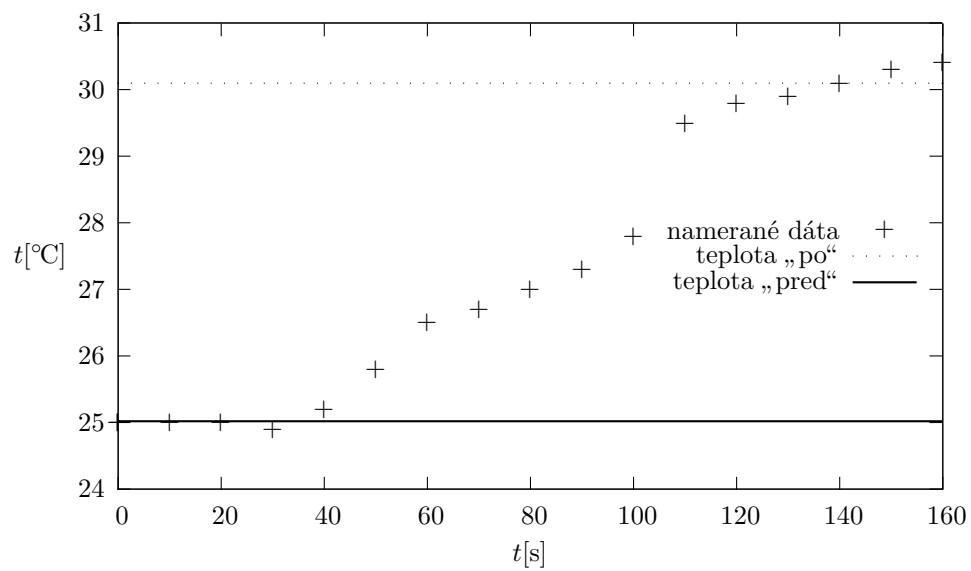
8 Prílohy



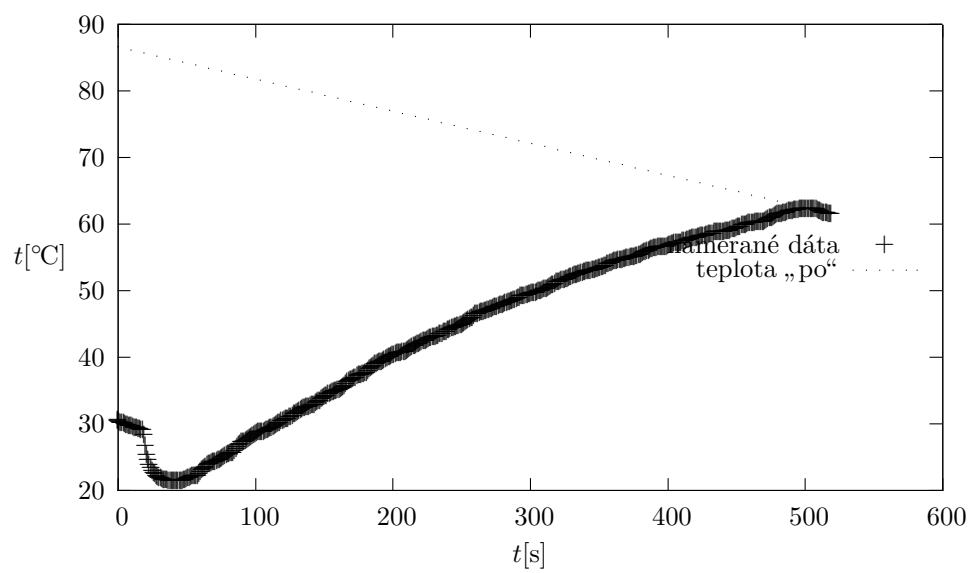
Obr. 1: Pribeh teploty pre mosadzné závažie



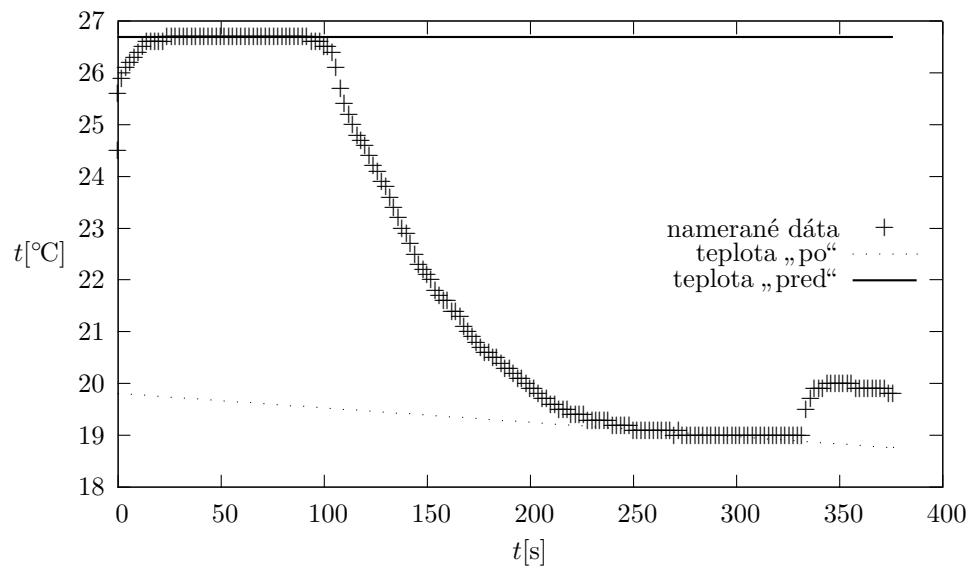
Obr. 2: Pribeh teploty pre medené závažie



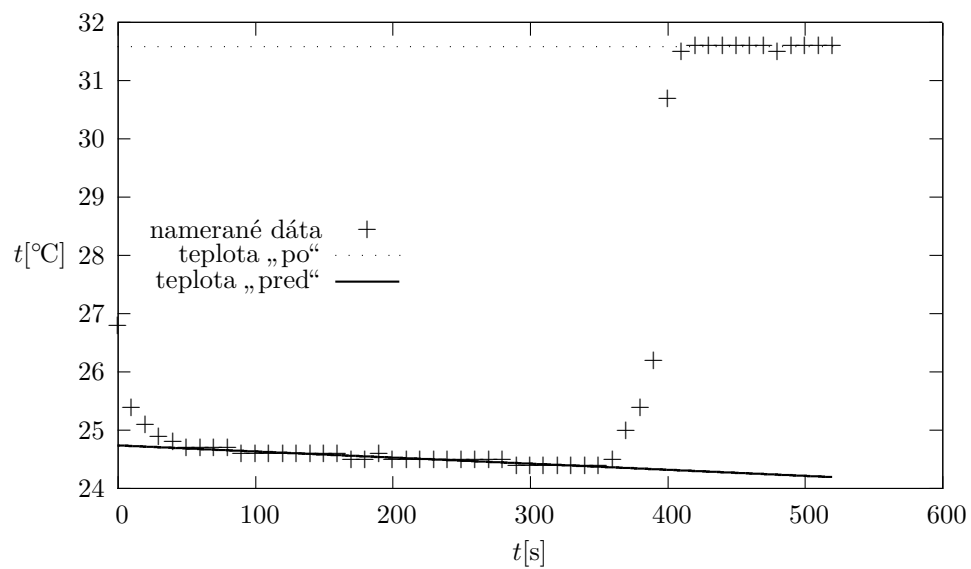
Obr. 3: Priebeh teploty pre hliníkové závažie



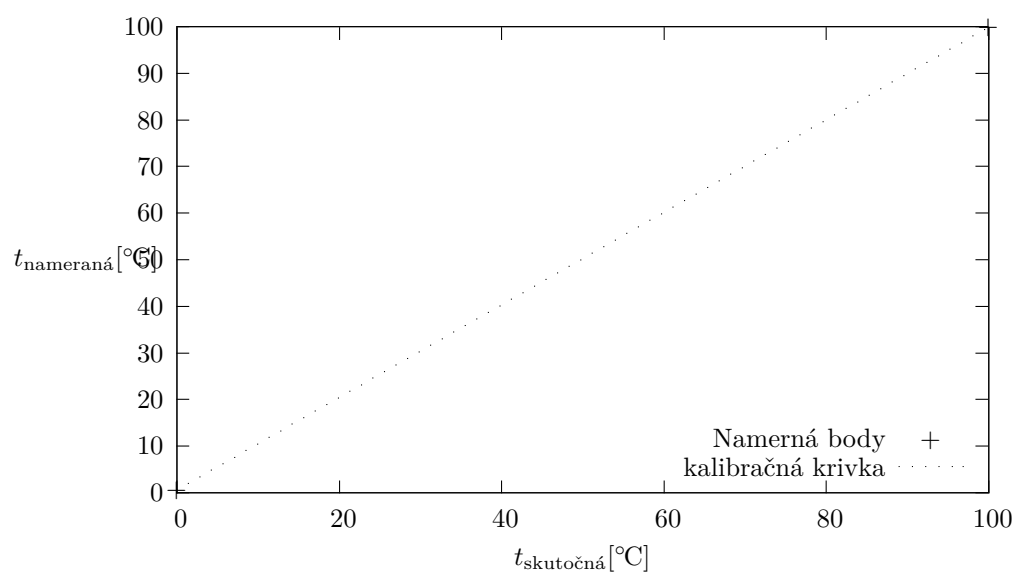
Obr. 4: Priebeh teploty pre var vody



Obr. 5: Priebeh teploty topenie ľadu



Obr. 6: Priebeh teploty topenie ľadu



Obr. 7: Pribeh teploty topenie ľadu