

# Zpracování měřených hodnot

## Stanovení tepelné kapacity kalorimetru

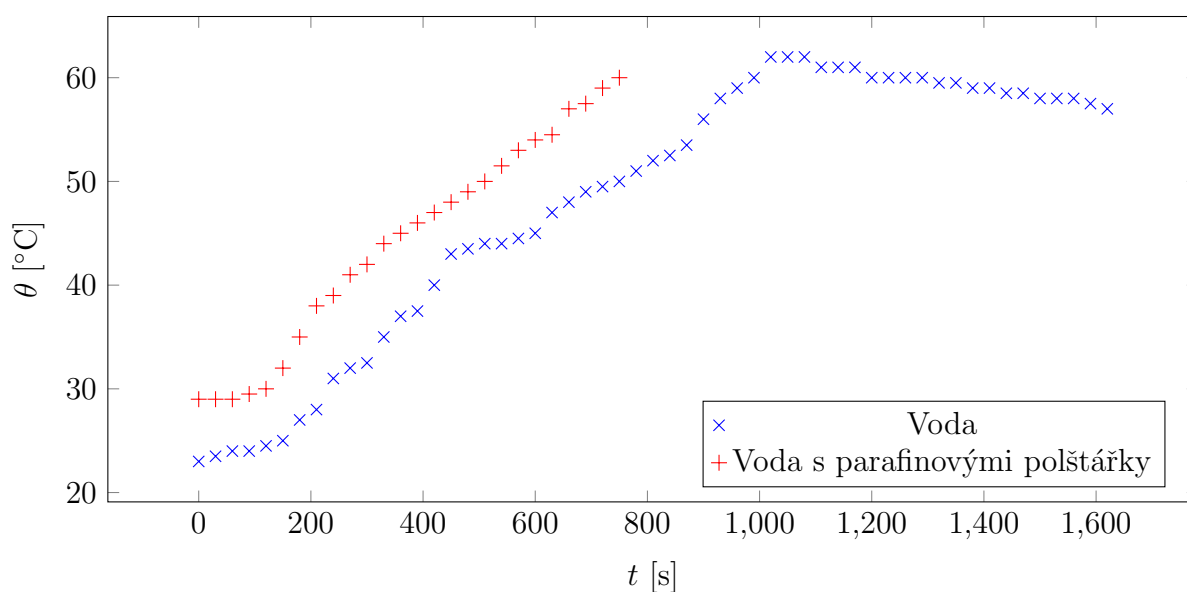
$$m_1 \cdot c_v \cdot (T_1 - T) = m_2 \cdot c_v \cdot (T - T_2) + C_k \cdot (T - T_2)$$

$$C_k = \frac{m_1 \cdot c_v \cdot (T_1 - T)}{(T - T_2)} - m_2 \cdot c_v$$

$$C_k = \frac{0,088 \cdot 4180 \cdot (78 - 50)}{(50 - 23)} - 0,079 \cdot 4180$$

$$C_k \doteq 51,244 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$$

## Tepelné ztráty kalorimetru a ohřev vody



Graf 1: Závislost teploty vody v kalorimetru na čase ohřevu popř. ustálení.

## Ohřev vody

Dodaná energie:

$$W_{in} = U \cdot I \cdot t_{on} = 9,8 \cdot 3 \cdot 990 = 29\,106 \text{ J}$$

Teor. energie spotřebovaná na ohřev vody:

$$Q = (m_v \cdot c_v + C_k) \cdot (T_{max} - T_{init}) = (0,143 \cdot 4180 + 51,244) \cdot (62 - 23) = 25\,310,376 \text{ J}$$

Teor. čas ohřevu vody:

(Skutečný čas 990 s)

$$t_t = \frac{Q}{U \cdot I} = \frac{25310,376}{9,8 \cdot 3} \doteq 861 \text{ s}$$

Ztráty při ohřevu:

$$W_{zt} = W_{in} - Q = 29\,106 - 25\,310,376 = 3795,624 \text{ J}$$

Ztrátový výkon:

$$P_{zt} = \frac{W_{zt}}{t} = \frac{3795,624}{155} = 24,488 \text{ J} \cdot \text{s}^{-1}$$

## Samovolné chladnutí vody

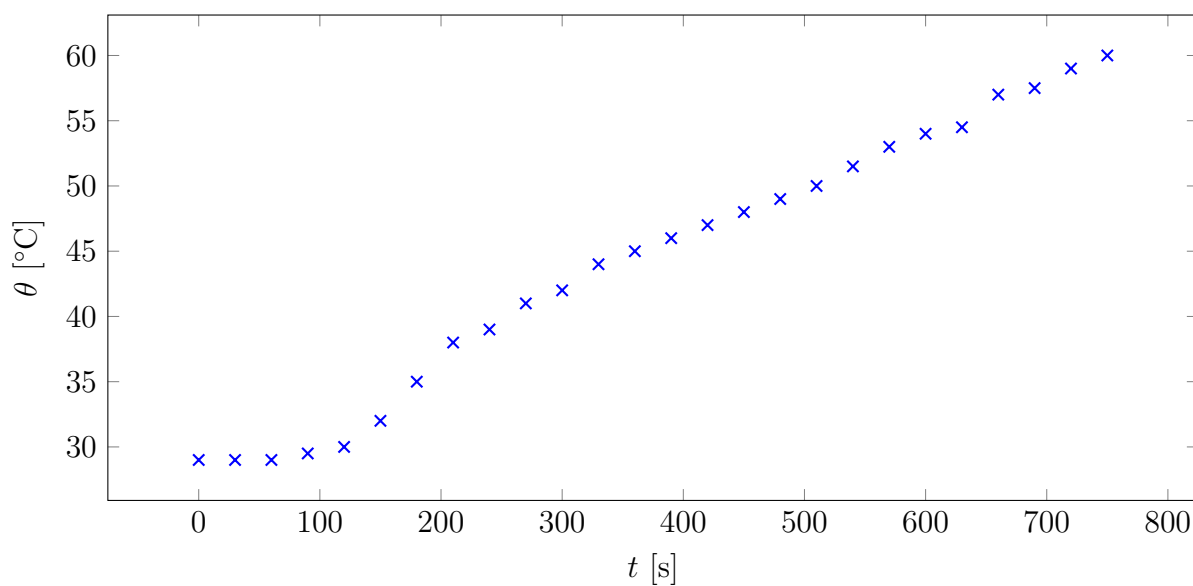
Ztracené teplo:

$$Q_{zt} = (m_v \cdot c_v + C_k) \cdot (T_{end} - T_{max}) = (0,143 \cdot 4180 + 51,244) \cdot (57 - 62) = -3244,92 \text{ J}$$

Ztrátový výkon:

$$P_{zt} = \frac{Q_{zt}}{t} = \frac{3244,92}{570} = 5,693 \text{ J} \cdot \text{s}^{-1}$$

## Ohřev vody s parafinovými polštářky



Graf 2: Závislost teploty vody a parafinových polštářků v kalorimetru na čase ohřevu.

## Srovnání rychlostí ohřevu

Samotná voda:

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} \cdot 60 = \frac{60 - 23}{990} \cdot 60 = 2,24 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$$

Voda s parafinovými polštářky:

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} \cdot 60 = \frac{60 - 29}{750} \cdot 60 = 2,48 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$$

## Závěr

V prvním kroku jsme nepřímo měřili tepelnou kapacitu kalorimetru, na základě výše uvedeného výpočtu jsme došli k hodnotě  $C_k \doteq 51,244 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ , tuto hodnotu jsme následně použili i v dalších výpočtech, pro dosažení co nejpřesnějších výsledků.

Dále jsme analyzovali tepelné ztráty kalorimetru. Již během ohřevu docházelo k významným ztrátám energie. Zde se projevuje více faktorů, jednak samotné tepelné ztráty kalorimetru, druhak se část výkonu zdroje nepochybně ztrácí na přívodních kabelech a neohřívá tedy přímo vodu. Výpočty neusnadňuje ani fakt, že tepelná kapacita kalorimetru a objem vody v něm se v průběhu měření mění z důvodu přesunu vody z vnitřní nádoby do prostoru mezi stěny a izolací. Pro jeho složitost jsme ale tento proces ve výpočtech zanedbali.

Samotné tepelné ztráty jsou viditelné po vypnutí ohřevu, zde jsme dospěli k hodnotě ztrátového výkonu  $5,693 \text{ J} \cdot \text{s}^{-1}$ . Lze předpokládat, že s klesajícím rozdílem teplot by toto číslo klesalo, ale i tak se jedná o poměrně vysoké ztráty. Jejich omezení by pomohla zejména lepší izolace v prostoru víka nádoby.

Při porovnání rychlosti ohřevu samotné vody a vody s parafinovými polštářky jsme nezaznamenali velké rozdíly, obě závislosti mají přibližně lineární charakter. U parafinu je možné vidět mírný pokles rychlosti ohřevu při dosažení teploty zhruba  $45^\circ\text{C}$ , kdy se část energie začne spotřebovávat na tání parafinu, ten je amorfni látkou, proto taje postupně v širším rozsahu teplot. Proč je ale možné vidět stejný "schod" i u samotné vody nám bohužel není jasné.