

Kalibrace rtuťového teploměru plynovým teploměrem

Jakub Kákona, kaklik@mlab.cz

30.11.2009

Abstrakt

Zkalibrovali jsme rtuťový teploměr pomocí plynového teploměru. Získané hodnoty jsme zároveň použili k určení součinitele rozpínivosti vzduchu.

1 Pracovní úkoly

1. Ocejchujte rtuťový teploměr pomocí plynového teploměru a nakreslete příslušný graf.
2. Vypočítejte součinitele rozpínivosti plynů γ a proveďte kontrolu pomocí teploty absolutní nuly.
3. Určete tepelnou kapacitu kalorimetru (Dewarovy nádoby), který použijete při určování měrného skupenského tepla varu vody. Sestrojte z naměřených hodnot graf závislosti teploty lázně na čase. Posuďte, zda tento postup je pro daný kalorimetr nutný.
4. Určete měrné skupenské teplo varu vody s ohledem na množství předčasně zkonzenzované páry m_v .

2 Úvod

Teplota varu vody je dána výrazem

$$t_{varu} = 100,000 + 0,03687(b - 760) - 0,000022(b - 760)^2 [^{\circ}C, Torr]. \quad (1)$$

Následně pak dokážeme určit i teplotu na plynovém teploměru.

$$t = t_{varu} \frac{\Delta h}{\Delta h_{varu}}. \quad (2)$$

Hodnoty můžeme také využít k dopočítání rozpínivosti vzduchu

$$\gamma = \frac{1}{p} \left(\frac{\partial}{\partial T} \right)_V \simeq \frac{\Delta p}{p} \frac{1}{\Delta T}. \quad (3)$$

což můžeme přepsat na

$$\gamma = \frac{\Delta h}{b \cdot t}, \quad (4)$$

kde b je atmosférický tlak v Torrech.

Při měření skupenského tepla varu vody využijeme kalorimetrickou rovnici.

$$(m - m_v)l_v + mc(t_{varu} - t) + (m_k c + \kappa)(t_0 - t) = 0, \quad (5)$$

kde c je měrná tepelná kapacita vody. Měrné skupenské teplo varu pak vyjádříme jako

$$l_v = \frac{(m_k + \kappa)(t - t_0) - mc(t_{varu} - t)}{m - m_v}. \quad (6)$$

Chybí nám ale tepelná kapacita kalorimetru, kterou musíme změřit. K tomu nám pomůže jiná kalorimetrická rovnice

$$(m_1 c + \kappa)(t_1 - t) + m_2 c(t_2 - t) = 0, \quad (7)$$

ze které vyjádříme kapacitu kalorimetru.

$$\kappa = \frac{m_2 c(t - t_2)}{(t_1 - t)} - m_1 c. \quad (8)$$

3 Postup měření

3.1 Kalibrace rtuťového teploměru plynovým teploměrem

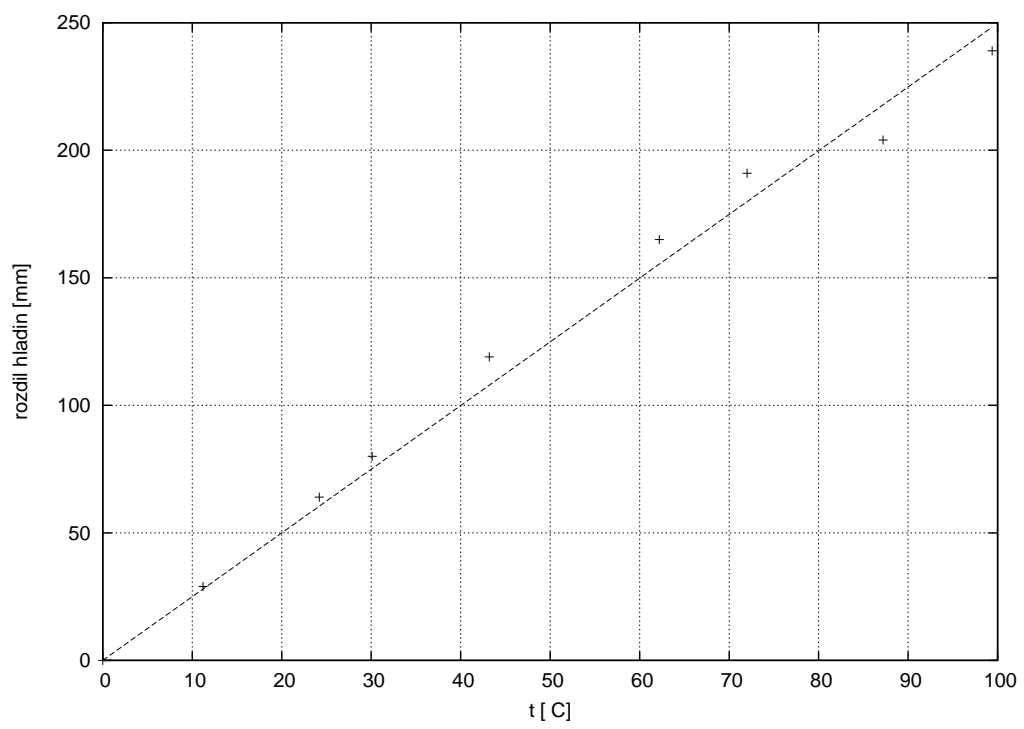
Nejdříve jsme měřící baňku plynového teploměru ochladili při atmosférickém tlaku uvnitř, po vyrovnání teplot jsme uzavřeli ventil spojující vnitřní objem teploměru s vnější atmosférou a začali postupně zvyšovat teplotu lázně zhruba po 10°C . Vždy při odečítání hodnot ale bylo nutné udržovat konstantní objem plynu v teploměru což bylo zařízeno udržováním hladiny rtuti v otevřeném manometru na špičce skleněného hrotu.

Během měření byl atmosférický tlak $b = (743,6 \pm 0,1)\text{Torr}$. Naměřenou závislost jsme vynesli do grafu 1. A tím zjistili směrnici přímky $a = (2,5 \pm 0,05)\text{m}/^\circ\text{C}$ a spočítali tak i rozpínavost vzduchu $a = (3,48 \pm 0,07)10^{-3}/\text{K}$.

$h_l[\text{mm}]$	$t_s[^\circ\text{C}]$	$\Delta h[\text{mm}]$	$t_m[^\circ\text{C}]$	$\Delta t[^\circ\text{C}]$	$\delta_t[\%]$
138	0,0	0	0,0	0	0
167	11,2	29	12,1	-0,86	7,13
202	24,2	64	26,6	-2,41	9,07
218	30,1	80	33,3	-3,17	9,52
257	43,2	119	49,5	-6,29	12,7
303	62,2	165	68,6	-6,42	9,35
329	72,0	191	79,4	-7,43	9,35
342	87,2	204	84,8	2,37	2,79
377	99,39	239	99,39	0	0

Tabulka 1: Kalibrace rtuťového teploměru plynovým teploměrem

3.2 Měření měrného skupenského tepla varu vody



Obrázek 1: Hodnoty naměřené na plynovém a rtuťovém teploměru

K tomuto měření bylo třeba nejdříve změřit tepelnou kapacitu kalorimetru, použili jsme v návodu doporučenou metodu a kapacita nám vyšla $\kappa = (90 \pm 7) J/kgK$. S touto znalostí, jsme pak již nechali ohřívat vodní náplň v kalorimetru párou probublávající z kotlíku s vroucí vodou. Po změření rozdílů teplot a zvážení zkondenzované vody jsme pak mohli určit měrné skupenské teplo varu vody jako $l_v = (2,6 \pm 0,3) MJ/kg$.

4 Diskuse

V návodu k úloze [1] je doporučen postup měření tepelné kapacity kalorimetru využívající časovou závislost vývoje teploty. Vzhledem k našim podmínkám je ale tento postup zbytečně přesný (Máme dobře izolovaný kalorimetr).

5 Závěr

Součinitel rozpínivosti plynů jsme určili s relativní chybou 4,9 % vzhledem k tabulkové hodnotě. A měrné skupenské teplo varu vody jsme proti tabulkové hodnotě $l_v = 2,257 MJ/kg$ určili s chybou 15%.

Reference

- [1] Zadání úlohy 5 - Měření měrného skupenského tepla varu vody.
<http://praktika.fjfi.cvut.cz/SkupTepVaru/>