

POKYNY K PŘÍPRAVĚ A VYPRACOVÁNÍ REFERÁTU Z LABORATORNÍHO CVIČENÍ

Referát z měření musí být vyhotoven tak, aby i po delším časovém odstupu od vlastního měření podával ucelený obraz o způsobu měření a podmínkách, za jakých bylo měření provedeno, obsahoval všechny naměřené hodnoty a poskytoval všechny nutné informace o metodě zpracování a rozboru přesnosti. Musí tedy být vypracován v trvalé úpravě, buď ručně (ne tužkou) nebo na počítači. Důležitou složkou referátu je jeho grafické provedení. Referát musí být vypracován přehledně, výsledky musí být vyznačeny a grafy musí mít patřičné provedení.

Každý referát musí obsahovat: vyplněné záhlaví,
domácí přípravu,
naměřené hodnoty,
zpracování naměřených hodnot,
závěr.

Záhlaví referátu, které má předepsanou formu, je třeba vyplnit jako součást domácí přípravy na měření.

Domácí písemná příprava musí obsahovat:

1. Úkol měření (uvedený na kartě úlohy).
2. Definice určovaných a měřených veličin a jejich jednotky v soustavě SI.
3. Stručné vystižení principu měřicí metody s uvedením všech vztahů potřebných pro výpočet určované veličiny.
4. Schéma měřicího zařízení. Obsahuje schematické znázornění měřicího zařízení včetně všech jeho prvků. U optických zařízení musí být znázorněn chod a směr paprsků. Pro elektrická měření jde o úplné schéma elektrického zapojení s použitím normalizovaných značek.
5. Teoretické vztahy potřebné pro výpočet chyb a nejistot.

Naměřené hodnoty:

Naměřené hodnoty musí být zapsány přehledně, je-li to možné, v tabulkách. Kromě naměřených hodnot musí být uvedeny i podmínky měření, které mohou ovlivnit výsledky, např. tlak, teplota a všechny další údaje, které se uplatní při zpracování výsledků.

Zpracování naměřených hodnot

1. Zpracování naměřených hodnot musí obsahovat dosazení číselných hodnot do výpočtových vzorců, aby bylo možné výpočty kdykoliv zkontrolovat.
2. Ke stanoveným hodnotám veličin je nutné vypočítat nejistoty měření a uvést do výsledku.
3. Požadované grafické závislosti musí splňovat následující požadavky: Všechny naměřené hodnoty musí být zobrazeny jako body. Grafy musí mít nadpis a popis.

Souřadnicové osy musí být opatřeny stupnicemi, označením a jednotkami znázorněných veličin. Jestliže je použito lineární měřítko, dělení osy je rovnoměrné.

4. Výsledky měření a jejich zhodnocení (závěr). Výsledky měření musí být uvedeny přehledně a musí odpovídat na všechny body úkolu měření. Pokud je to možné, je třeba provést srovnání s tabulkovou hodnotou stanovené veličiny. Odchylku od tabulkové hodnoty je třeba vyjádřit jako relativní a uvést pravděpodobný důvod nesouhlasu.

VZOROVÝ REFERÁT

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNIKÉ V PRAZE	ÚSTAV APLIKOVANÉ MATEMATIKY FAKULTA DOPRAVNÍ		
LABORATORNÍ CVIČENÍ Z FYZIKY			
Jméno Alena Malá	Datum měření 15. 10. 2018		
Stud. rok 2018/19	Ročník 2.	Datum odevzdání 22. 10. 2018	
Číslo kroužku/číslo laboratorní skupiny 34/5	Klasifikace		
Číslo úlohy 16	Název úlohy STANOVENÍ MĚRNÉ TEPELNÉ KAPACITY KOVOVÉHO VZORKU		

Úkol: Stanovte měrnou tepelnou kapacitu kovových vzorků a porovnejte ji s tabulkovou hodnotou.

Díleční úkoly: Vypočítejte tepelnou kapacitu kovového mosazného kalorimetru.

Definice měřených veličin:

Tepelná kapacita K soustavy

$$K = \frac{dQ}{dT}, [K] = \text{J} \cdot \text{K}^{-1}. \quad (1)$$

Tepelná kapacita látky je přímo úměrná množství látky v daném systému. Dělíme-li tepelnou kapacitu systému jeho hmotností, dostaneme měrnou tepelnou kapacitu c .

$$c = \frac{K}{m} = \frac{1}{m} \frac{dQ}{dT}, [c] = \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}. \quad (2)$$

Způsob měření:

Stanovení měrné tepelné kapacity kovového vzorku se provádí pomocí kalorimetru. Vychází se ze znění kalorimetrické rovnice, která v tomto případě stanoví, že teplo odevzdané ohřátým vzorkem kalorimetru musí být stejné jako teplo, které kalorimetr přijme. Kalorimetr o tepelné kapacitě K_K je zčásti naplněn kapalinou teploty t_1 a hmotnosti m_1 a tato kapalina má známou hodnotu měrné tepelné kapacity c_1 . Do kapaliny ponoříme vzorek hmotnosti m o neznámé měrné tepelné kapacitě c ohřátý na teplotu t_2 větší než teplota t_1 kapaliny. Postupně dochází k výměně tepla mezi vzorkem a kapalinou, až se v kalorimetru ustálí teplota t . Teplo dodané kalorimetru ohřátým vzorkem se musí rovnat teplu, které odebere kalorimetr naplněný kapalinou. Proces lze popsat kalorimetrickou rovnicí ve tvaru

$$mc(t_2 - t) = (m_1 c_1 + K_K)(t - t_1) \quad (3)$$

Z této rovnice je možné stanovit hodnotu neznámé měrné tepelné kapacity vzorku. Označme $c_1 = c_V$, $m_1 = m_V$ a rovnici (3) můžeme přepsat do tvaru vhodného pro výpočet c

$$c = \frac{m_V c_V + K_K}{m} \frac{t - t_1}{t_2 - t} \quad (4)$$

Vztahy pro stanovení nejistot:

Vzhledem k charakteru měření se ve výsledku uplatní pouze nejistota typu B, kterou lze určit následujícím vztahem

$$u_{rcB} = \sqrt{\frac{u_{K_K B}^2}{(m_V c_V + K_K)^2} + \frac{u_{tB}^2 + u_{t_1 B}^2}{(t - t_1)^2} + \frac{u_{t_2 B}^2}{(t_2 - t)^2}} \quad (5)$$

Naměřené hodnoty:

$$m = 206,0 \text{ g}$$

$$m_V = 644,6 - 206,0 = 438,6 \text{ g}$$

$$t_2 = 19,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_1 = 80 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t = 25,3 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$c_{\text{mosazi}} = (385 \pm 10) \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$K_K = 206 \cdot 10^{-3} \cdot 385 = 79,3 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$$

c_V určíme z tabulek

Zpracování:

$$c = \frac{m_V c_V + K_K}{m} \frac{t - t_1}{t_2 - t} = \frac{438,6 \cdot 10^{-3} \cdot 4181,8 + 83,3}{228,3 \cdot 10^{-3}} \frac{25,3 - 19,6}{80 - 25,3} = 875,2 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

Určení nejistot:

relativní chybu vážení kalorimetru oproti relativní chybě c_{mosazi} můžeme zanedbat, a proto platí

$$u_{rK_K} = u_{rc_{\text{mosazi}}}$$

$$u_{rK_K} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 385} \doteq 0,015$$

$$u_{K_K} = u_{rK_K} K_K = 0,015 \cdot 79,31 = 1,19 \doteq 1,2 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$u_{K_K B} = 1,2 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\begin{aligned}
 u_{rcB} &= \sqrt{\frac{u_{KKB}^2}{(m_1 c_v + K_K)^2} + \frac{u_{tB}^2 + u_{t_1B}^2}{(t - t_1)^2} + \frac{u_{t_2B}^2}{(t_2 - t)^2}} = \\
 &= \sqrt{\frac{1,2^2}{1917,4^2} + \frac{\left(\frac{0,1}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{0,1}{\sqrt{3}}\right)^2}{5,7^2} + \frac{\left(\frac{0,5}{\sqrt{3}}\right)^2}{54,7^2}}
 \end{aligned}$$

První člen pod odmocninou lze vůči ostatním zanedbat, a tedy

$$u_{rcB} = \sqrt{\frac{0,02}{3 \cdot 32,49} + \frac{0,25}{3 \cdot 2992,9}} = \sqrt{2,05 \cdot 10^{-4} + 2,78 \cdot 10^{-5}} = \sqrt{2,33 \cdot 10^{-2}} = 0,0153 \doteq 1,5\%$$

$$u_{cB} = u_{rcB} \cdot c = 875 \cdot 0,015 \doteq 14 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$c = (875 \pm 14) \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

Závěr:

Určili jsme měrnou tepelnou kapacitu kovového vzorku $c = (875 \pm 14) \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Porovnáním s tabulkovými hodnotami jsme zjistili, že se zřejmě jedná o hliník, pro který tabulková hodnota měrné tepelné kapacity je $c_{Al} = 896 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Nesrovnalost mezi stanovenou a tabulkovou hodnotou lze vysvětlit tím, že materiál vzorku obsahuje příměsi.