

Struktura zprávy o měření

STRUKTURA ZPRÁVY O MĚŘENÍ

Záhlaví

Zadání úlohy (cíl – název práce)

I. Úvod

1. Měřené veličiny (název, definice, jednotky, studovaný jev, prvek, součástka)
2. Používaná označení
3. Princip metody měření (teoretické základy použité metody (rovnice číslovat))

II. Popis experimentu

1. Použité přístroje a pomůcky (typ, vlastnosti, třída přesnosti, výrobní čísla ap.)
2. Experimentální zařízení (popis, náčrtek, schéma)
3. Pracovní postup (postup měření)

STRUKTURA ZPRÁVY O MĚŘENÍ

III. Naměřené hodnoty a jejich zpracování

- Dílčí veličina *tabulka (číslo, název)*
střední hodnota, výpočet nejistoty
dílčí výsledek
- Fyzikální závislost *tabulka (číslo, název)*
graf (číslo, název veličiny odečtené z grafu, nalezené regresí)
dílčí výsledek
- Hledaná veličina *výpočet podle vztahu z úvodu dosazením dílčích výsledků*
- *Výpočet nejistoty hledané veličiny*
- *výsledek*

IV. Závěr

1. Výsledky měření (přehled výsledků, vzájemná srovnání, srovnání různých metod), popis chování zkoumaného objektu, prvků, zjištěné závislosti.
2. Srovnání s tabulkovou hodnotou (odchylka naměřené hodnoty od tabulkové v procentech)
3. Zhodnocení měření (přesnost, obtíže při měření, chyby způsobené experimentátorem, připomínky k experimentálnímu zařízení, metodě, postupu a zpracování, návrhy na zlepšení).

LABORATORNÍ CVIČENÍ Z FYZIKY č. 6		Zpracoval: Antonín DVOŘÁK	Skupina: 31-E-8-a	Hodnocení:	
NÁZEV ÚLOHY:	Měrná tepelná kapacita tuhé látky				
Datum a čas měření 15. 7. 2002, 11.40 - 13.00	Pracoviště: lab 35/4	Atmosf. tlak: 97,0 kPa	Teplota: 21,5 °C	Rel. vlhkost: 31 %	Spolupracoval: J. Suk

Zadání úlohy

1. Určete metodou směšovací kalorimetrie tepelnou kapacitu kalorimetru.
2. Určete metodou směšovací kalorimetrie měrnou tepelnou kapacitu materiálu daného tělesa.

Definice veličin a pojmů

Tepelná kapacita kalorimetru V_K při teplotě T je rovna množství dodaného tepla ΔQ_K , kterým se ohřejí ponořené stěny kalorimetru a části teploměru a míchačky o ΔT , dělenému změnou teploty ΔT

$$V_K = \frac{\Delta Q_K}{\Delta T} \quad [\text{J/K}].$$

Měrná tepelná kapacita c látky při teplotě T je rovna dodanému teplu ΔQ , kterým se její teplota zvýší o ΔT , dělenému hmotností látky m a změnou teploty ΔT

$$c = \frac{\Delta Q}{m \cdot \Delta T} \quad [\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}].$$

Teorie úlohy

K určení měrné tepelné kapacity materiálu c zkušebního tělesa, kterým je kovový váleček, byla použita metoda směšovací kalorimetrie. Pro vyjádření hledaných veličin jsme vyšli z kalorimetrické rovnice, která vlastně vyjadřuje zákon zachování energie při výměně tepla ve tvaru

$$\Delta Q_{\text{př.}} = \Delta Q_{\text{zisk.}}$$

Bez započtení ztrát do okolí můžeme kalorimetrickou rovnici při významu indexů „2“ pro přidávanou látku a „1“ pro vstupní hodnoty látky v kalorimetru a jeho samotného (jeho výchozí teploty) vyjádřit vztahem

$$c_2 \cdot m_2 \cdot (t_2 - t) = (m_1 \cdot c_1 + V_K) \cdot (t - t_1). \quad (1)$$

Z (1) získáme vztah pro tepelnou kapacitu kalorimetru V_K

$$V_K = \frac{m_2 \cdot c_2 \cdot (t_2 - t)}{(t - t_1)} - m_1 \cdot c_1, \quad (2)$$

kde m_1 , c_1 jsou hmotnost a měrná tepelná kapacita vody o teplotě t_1 , obdobně m_2 , c_2 se vztahují k vodě teploty t_2 , symbol t značí výslednou teplotu po jejich slítí v kalorimetru a ustálení údaje teploměru.

Měrnou tepelnou kapacitu měřené látky c'_2 vyjádříme ze vztahu (1), tj.

$$c'_2 = \frac{(V_K + m'_1 \cdot c'_1) \cdot (t' - t'_1)}{m'_2 \cdot (t'_2 - t')} \quad (3)$$

V něm m'_1, c'_1, t'_1 jsou veličiny týkající se vody v kalorimetru, m'_2, t'_2 se vztahují k měřenému objektu a t' je výsledná teplota. Označení všech těchto veličin čárkou je použito kvůli odlišení od podobných veličin ve vztahu (2).

Absolutní resp. relativní nejistoty veličin V_K a c'_2 se vypočtou podle vztahů plynoucích ze zákona přenosu nejistot.

$$u_{V_K} = \sqrt{\left[\frac{c_2(t_2 - t)}{t - t_1} \right]^2 u_{m_2}^2 + \left[\frac{m_2 c_2}{t - t_1} \right]^2 u_{t_2}^2 + \left[\frac{m_2 c_2 (t_2 - t_1)}{(t - t_1)^2} \right]^2 u_t^2 + \left[\frac{m_2 c_2 (t_2 - t)}{(t - t_1)^2} \right]^2 u_{t_1}^2 + c_1^2 \cdot u_{m_1}^2} \quad (4)$$

$$\frac{u_{c'_2}}{c'_2} = \sqrt{\frac{c_1'^2 \cdot u_{m_1}'^2}{(m_1' c_1' + V_K)^2} + \frac{u_{V_K}^2}{(m_1' c_1' + V_K)^2} + \frac{u_{t_2}'^2}{(t'_2 - t')^2} + \frac{u_{t_1}'^2}{(t' - t'_1)^2} + \frac{(t'_2 - t'_1)^2 \cdot u_t'^2}{(t'_2 - t')^2 (t' - t'_1)^2} + \frac{u_{m_2}'^2}{m_2'^2}} \quad (5)$$

Použité přístroje a pomůcky

Kovový váleček, destilovaná voda, kalorimetr s teploměrem a míchačkou, laboratorní váhy se sadou závaží, vaříč, odměrný válec, kádinka.

Provedení měření

Hmotnost byla určována vážením na laboratorních vahách s nejistotou lepší než 0,2 g, která je pro výslednou přesnost měření dostatečná. Při měření teplot bylo třeba vzít v úvahu výrobní nepřesnost teploměru, opravu na vyčnívající sloupec rtuti a ochlazení látek teplejších než prostředí laboratoře při jejich převodu do kalorimetru.

Teplotu varu jsme určili na základě změřeného atmosférického tlaku vzduchu b v kPa ze vztahu

$$t_v = 27,21 \cdot b^{0,2818} \quad [^\circ\text{C}] \quad (6)$$

Naměřené hodnoty:

Měření tepelné kapacity kalorimetru:

hmotnost prázdného kalorimetru (s příslušenstvím)

$$m_K = (753,4 \pm 0,2) \text{ g}$$

hmotnost kalorimetru s chladnou vodou

$$m_{K1} = (837,9 \pm 0,2) \text{ g}$$

teplota chladné vody

$$t_1 = (21,1 \pm 0,2) \text{ }^\circ\text{C}$$

teplota teplé vody

$$t_2 = (77,0 \pm 1,0) \text{ }^\circ\text{C}$$

teplota smíšené vody

$$t = (46,0 \pm 0,5) \text{ }^\circ\text{C}$$

hmotnost kalorimetru se smíšenou vodou

$$m_{K12} = (919,9 \pm 0,2) \text{ g}$$

Měření měrné tepelné kapacity materiálu válečku:

hmotnost kalorimetru s vodou

$$m'_{K1} = (906,9 \pm 0,2) \text{ g}$$

teplota vody

$$t'_1 = (22,0 \pm 0,2) \text{ }^\circ\text{C}$$

hmotnost válečku

$$m'_2 = (40,9 \pm 0,2) \text{ g}$$

teplota vody s vloženým válečkem

$$t' = (25,9 \pm 0,2) \text{ }^\circ\text{C}$$

Zpracování hodnot:

Tepelná kapacita kalorimetru:

hmotnost chladné vody

$$m_1 = (84,5 \pm 0,3) \text{ g}$$

hmotnost teplé vody

$$m_2 = (82,0 \pm 0,3) \text{ g}$$

měrná tepelná kapacita vody při teplotě t_1

$$c_1 = (4181 \pm 0,5) \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

měrná tepelná kapacita vody při teplotě t_2

$$c_2 = (4194 \pm 0,5) \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

Dosazením hodnot veličin m_1 , m_2 , t_1 , t_2 , c_1 a c_2 do vztahu (2) obdržíme $V_K = 78,4 \text{ J/K}$.

Dosazením do vztahu (4) obdržíme nejistotu měření tepelné kapacity kalorimetru $u_{V_K} = 21,6 \text{ J/K}$

Tepelná kapacita kalorimetru

$$V_K = (79 \pm 22) \text{ J/K}^{-1}$$

Měrná tepelná kapacita materiálu válečku:

hmotnost vody

$$m'_1 = (153,5 \pm 0,3) \text{ g}$$

teplota válečku ze vztahu (6)

$$t'_2 = t_v = 98,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

odhad nejistoty teploty válečku

$$u_{t'_2} = 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

měrná tepelná kapacita vody při teplotě t'_1

$$c'_1 = (4181 \pm 0,5) \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

Měrná tepelná kapacita materiálu válečku dle vztahu (3)

$$c'_2 = c = 942,7 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

Nejistota měření tepelné kapacity materiálu válečku dle (5)

$$u_{c'_2} = u_c = 70,4 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

Měrná tepelná kapacita materiálu válečku

$$c = (943 \pm 71) \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

Závěr

Měrná tepelná kapacita materiálu válečku se dle našich měření nachází v intervalu $(943 \pm 71) \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Relativní nejistota měření měrné tepelné kapacity činí asi 8 % a podílí se na ní především nejistoty měření teplot. Při porovnání naměřené hodnoty s hodnotami tabulkovými zjistíme, že nejlépe vyhovuje hliník ($896 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$), resp. technický hliník ($921 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$). Že je váleček s největší pravděpodobností vyroben právě z materiálu obsahujícího převážně hliník, potvrzují i odhadnutá hustota a barva válečku.

Bezpečnost práce ve studentských laboratořích katedry fyziky PdF MU

Při pobytu a práci ve studentských laboratořích se předpokládá, že si budou studenti počínat tak, aby svým jednáním nezpůsobili škodu na předmětech a zařízeních nebo na zdraví sobě ani druhé osobě. Proto je nutno se řídit pokyny pracovníků odpovědných za výuku a provoz laboratoří a dodržovat následující ustanovení.

1.5.1 Všeobecná ustanovení

V zájmu ochrany zdraví a dodržování bezpečnosti práce jsou studenti povinni:

- a) Dbát všech výstrah, zákazů, příkazů a upozornění uvedených na informačních tabulkách umístěných na jednotlivých zařízeních, nebo ústně předaných vyučujícím a technickým dozorem.
- b) Každý úraz utrpěný v laboratoři ihned ohlásit vyučujícímu nebo technickému doзору.
- c) Žádat od vyučujícího nebo technického dozoru vysvětlení bezpečnostních ustanovení v případě jakékoliv nejasnosti či pochybnosti.
- d) Manipulovat s horkými předměty jen s pomocí určených pomůcek (kleště, háčky, držáky). Nevystavovat skleněné předměty (zvláště teploměry) prudkým změnám teploty. Dávat pozor na to, aby se neopařili horkou vodou či párou.

1.5.2 Ochrana před elektrickým proudem a zásady bezpečné práce s elektrickými zařízeními

Před účinky elektrického proudu je třeba se chránit, neboť jsou zdraví škodlivé a přímý zásah elektrickým proudem může způsobit i smrt. U ochrany omezením ustáleného proudu a náboje nesmí překročit proud mezi částmi současně přístupnými dotyku, tekoucí odporem (činným) $2 \text{ k}\Omega$, hodnotu $3,5 \text{ mA}$ pro střídavý a 10 mA pro stejnosměrný proud. Dovolené dotykové napětí v prostorách zvlášť nebezpečných u zařízení do 1000 V je 25 V pro střídavé a 60 V pro stejnosměrné napětí. Tyto hodnoty jsou však ovlivňovány osobní dispozicí.

Při práci s elektrickými zařízeními je nutné dodržovat následující:

Studenti jako osoby poučené mohou vykonávat následující činnosti:

- a) Samostatně obsluhovat jednoduchá elektrická zařízení všech napětí, pokud byli seznámeni s jejich obsluhou nebo funkcí. Smějí se dotýkat jen těch částí, které jsou pro obsluhu určeny. K obsluhovaným částem zařízení musí být vždy volný přístup. Při přemísťování elektrických zařízení musí být předem bezpečně odpojena od napětí (vyjma zařízení, která jsou konstruována pro pohyb při práci pod napětím).
- b) Pracovat na částech elektrických zařízeních, jejichž živé části jsou před úmyslným dotykem chráněny kryty.
- c) Pracovat v blízkosti některých částí pod napětím ve vzdálenosti menší než 20 cm s dohledem. Student přitom musí dbát na to, aby se částí těla, oděvu nebo jinými vodivými předměty, se kterými je ve styku, nedotkl části pod napětím.
- d) Pracovat pod napětím, je-li napětí pro daný prostor menší než bezpečné nebo když v obvodu uzavřeným lidským tělem nemůže vzniknout větší proud než bezpečný.
- e) Při poškození elektrického zařízení nebo poruše, která by mohla ohrozit zdraví a bezpečnost pracovníků, musí student učinit opatření k zamezení nebo snížení nebezpečí úrazu případně požáru. Na vzniklou skutečnost je povinen neprodleně upozornit vyučujícího nebo technický dozor.

Zásady první pomoci při úrazu elektrickým proudem:

- a) Vypnout hlavní vypínač.
- b) Vyprostit postiženého z dosahu proudu.
- c) Ihned zavést umělé dýchání a masáž srdce, pokud stav postiženého takový zásah vyžaduje.
- d) Přivolat lékaře.

Studenti jsou povinni:

- a) Zapojit měřicí zařízení podle schématu bez připojení zdrojů, které mohou připojit až po schválení vyučujícím nebo technickým dozorem.
- b) Přesvědčit se, že měřicí přístroje jsou nastaveny na maximální rozsah a reostaty mají zařazen maximální odpor.
- c) Při rozpojování obvodu odpojit nejprve z obvodu zdroje.

1.5.3 Ochrana před laserovým zářením a zásady bezpečné práce s laserem

Laserové záření je elektromagnetické záření z viditelné i neviditelné části spektra, které může mít škodlivý vliv na oko v závislosti na vlnové délce dopadajícího záření (energii fotonů), délce doby ozařování, v případě pulsů i na délce jednotlivého pulsu a frekvenci pulsů.

Při práci se školním laserem je třeba dodržovat následující zásady:

- a) Student musí znát průběh laserové oblasti v laboratoři, tzn. oblasti s laserovým zářením.
- b) Na sítnici oka nesmí dopadat laserový paprsek, místnost musí být osvětlena tak, aby se zabránilo otevření zorniček více jak 5 mm.
- b) V žádném případě není dovoleno dívat se přímo do směru, z něhož laserové záření vychází.
- c) Zdroj laserového záření musí být umístěn tak, aby se laserový svazek nešířil ve výšce očí sedícího nebo stojícího pracovníka, tj. ve výšce od 110 do 200 cm.
- d) V pracovním prostoru se nesmí neúčelně manipulovat s čočkami a zrcadly (příp. se skleněnými lahvemi), aby se zabránilo nekontrolovatelným odrazům.
- e) Student nesmí manipulovat se zdrojem vysokého napětí, který je do laseru zabudován.

