

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

Fyzikální praktikum 1

Zpracoval: Jan Beran

Naměřeno: 3. května 2018

Obor: UF

Skupina: F2180/06

Testováno:

Úloha č. 1: Měření hustoty válečku

$$T = 20.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$p = 964.4 \text{ hPa}$$

$$\varphi = 22.3 \text{ \%}$$

1. Teorie

Stanovení hustoty válečku se nejjednodušeji zjistí přes definiční vztah (1). V tomto případě budeme měřit rozměry válečku posuvným měřítkem (šuplerou), či mikrometrem. Hmotnost válečku zjistíme na vahách a to nejlépe analytických, které váží s přesností na 4 desetinná místa. Přitom si ovšem musíme dát pozor, jestli mají analytické váhy dostatečnou váživost, abychom je nepoškodili.

Protože má váleček uvnitř sebe otvor, musíme změřit rozměry i tohoto otvoru, spočítat jeho objem a odečíst jej od celkového objemu válečku. Vztah pro výpočet hustoty tohoto válečku přejde do tvaru, který vyjadřuje rovnice (2).

$$\varrho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

$$\varrho = \frac{4m}{\pi(D^2 - d^2)h} \quad (2)$$

2. Postup měření

Provedl jsem sérii deseti měření průměru a výšky válečku, pomocí posuvného měřítka. Následně jsem provedl sérii také deseti měření výšky válečku pomocí mikrometru. Nakonec jsem na analytických vahách zvážil hmotnost válečku.

3. Výsledky měření

4. Zpracování měření

Jako výsledek měření vezmeme aritmetický průměr naměřených hodnot. Aritmetický průměr spočteme podle rovnice (3).

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (3)$$

Než budeme dál zpracovávat data, provedeme test konzistence, jestli jsem se nedopustil při měření hrubé chyby. Sestavíme interval podle nerovnice (4). Kde \bar{x} je aritmetický průměr měřené veličiny a $k(x)$ je odhad krajní odchylky, jenž určuje rovnice (5).

Č. měření	D [mm]	d [mm]	h [mm]	m [g]
1	49.72	10.00	15.040	33.2471
2	49.70	10.00	15.145	
3	49.72	10.00	15.125	
4	49.72	10.02	15.125	
5	49.72	10.00	15.145	
6	49.72	10.02	15.040	
7	49.72	10.00	15.050	
8	49.72	10.00	15.050	
9	49.72	10.00	15.050	
10	49.72	10.00	15.120	

Tabulka 1: Naměřené hodnoty

$$\bar{x} - k(x) \leq x \leq \bar{x} + k(x) \quad (4)$$

$$k(x) = 3\sigma(x) = 3\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}} \quad (5)$$

Vypočtené intervaly shrnuje tabulka 2. Jak je s tabulky vidět, všechny hodnoty měření jsou z těchto intervalů. Tudíž jsem se nedopustil žádné hrubé chyby.

D	$49.70 \leq D \leq 49.736$
d	$9.98 \leq d \leq 10.03$
h	$14.78434 \leq h \leq 15.47366$

Tabulka 2: Intervaly pro test konzistence.

Celkovou nejistotu měření spočteme z rovnice (10). Tato rovnice plyne ze zákona šíření nejistot. Pro nejistoty u_c z této rovnice platí rovnice (6), (7), (8), (9).

$$u_c(m) = u_B(m) \quad (6)$$

$$u_c(h) = \sqrt{u_A(h)^2 + u_B(h)^2} \quad (7)$$

$$u_c(d) = \sqrt{u_A(d)^2 + u_B(d)^2} \quad (8)$$

$$u_c(D) = \sqrt{u_A(D)^2 + u_B(D)^2} \quad (9)$$

$$u(\varrho) = \left(\frac{16m^2}{\pi^2(\bar{D}^2 - \bar{d}^2)^2 \bar{h}^4} u_c(h)^2 + \frac{64m^2 D^2}{\pi^2(\bar{D}^2 - \bar{d}^2)^4 \bar{h}^2} u_c(D)^2 + \frac{64m^2 d^2}{\pi^2(\bar{D}^2 - \bar{d}^2)^4} u_c(d)^2 + \frac{16}{\pi^2(\bar{D}^2 - \bar{d}^2)^2 \bar{h}^2} u_c(m)^2 \right)^{1/2} \quad (10)$$

Nejistotu typu A (u_A) určíme jako směrodatnou odchylku aritmetického průměru podle rovnice (11).

$$u_A(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N \cdot (N-1)}} \quad (11)$$

Nejistota typu B (u_B) závisí na přístroji. Vypočte se podle rovnice (12).

$$u_B(x) = \frac{a}{k}, \quad \text{kde } k \begin{cases} 3 & \text{Normální rozdělení} \\ \sqrt{3} & \text{Odhad nejmenšího dílku} \\ 1 & \text{Třída přesnosti u analog. el. měřidel} \end{cases} \quad (12)$$

Pro posuvné měřítko je hodnota $a = 0.05$. Pro mikrometr je hodnota $a = 0.01$.

$u_A(D)$	$u_A(d)$	$u_A(h)$	$u_A(m)$
0.002	0,002666667	0.038296	
$u_B(D)$	$u_B(d)$	$u_B(h)$	$u_B(h)$
0.0288675	0,02887	0.00577	0,00033333
$u_c(D)$	$u_c(d)$	$u_c(h)$	$u_c(h)$
0.0289367	0,02899	0.03873	0,00033333

Hodnoty z tabulky dosadíme do rovnice (10) a dostaneme celkovou nejistotu měření.

$$u(\varrho) = 0.1 \, g \cdot cm^{-3} \quad (13)$$

Výsledek měření válečku je tedy:

$$\varrho = (1.2 \pm 0.1) \, g \cdot cm^{-3} \quad (14)$$

5. Závěr

V tomto praktiku jsem zkoumal hustotu válečku, který byl nejspíše vyroben z polymethylmethakrylátu, který má při $20^\circ C$ hustotu $1.19 \, g \cdot cm^3$. Hustota válečku mi tedy podle výsledku (14), vyšla velice přesně.