

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

Fyzikální praktikum 1

Zpracoval: Jakub Jedlička

Naměřeno: 24.2.2023

Obor: učitelství Bi, F

Skupina: Pá 10

Testováno:

Úloha č. 1: Měření hustoty válečku a laboratorních podmínek

$T=19,8\text{ }^{\circ}\text{C}$

$p=975,9\text{ hPa}$

$\varphi=39,6\text{ }\%$

1. Úvod

V první části měření budu počítat hustotu dutého válečku z jeho rozměrů. Dále vypočítám nejistotu tohoto měření.

2. Teorie

Hustotu vypočítám podle následujícího vzorce:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad 1)$$

Kde ρ je hustota, m je hmotnost a V je objem.

Objem ve jmenovateli vzorce pro hustotu vypočítám podle tohoto vztahu:

$$V = \pi R^2 h - \pi r^2 h = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 h - \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 h = \frac{1}{4} \pi h (D^2 - d^2) \quad 2)$$

Kde D je vnější poloměr, d je vnitřní průměr válečku, h je výška válečku, R je vnější poloměr a r je vnitřní poloměr.

Takto odvozený objem dosadím do vzorce 1) a dostanu následující vztah.

$$\rho = \frac{4m}{\pi h (D^2 - d^2)} \quad 3)$$

Toto měření budu zpracovávat statisticky a také s nejistotou přístrojů, které dám dohromady v kombinované nejistotě.

Jako nejpravděpodobnější hodnotu budu brát aritmetický průměr, který spočítám podle následujícího vztahu:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad 4)$$

Dále určím standardní nejistotu typu A, což je směrodatná odchylka aritmetického průměru podle tohoto vztahu:

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

Nejistotu typu B (nejistotu přístrojů) pro měření délky určím ze vztahu:

$$u_B = \frac{b}{2\sqrt{3}} \quad 6)$$

Kde b je nejmenší dílek na posuvném měřítku.
Pro nejistotu typu B vah určím z následujícího vztahu:

$$u_B = \frac{e}{3}$$

7)

Kde e je ověřovací dílek vah.

Tyto nejistoty dám do vztahu pro kombinovanou nejistotu, která má následující tvar.

$$u_C(x) = \sqrt{u_A^2(x) + u_B^2(x)}$$

8)

Toto zpracovávání nejistot budu provádět u vnějšího a vnitřního průměru a u hmotnosti.

Nakonec podle zákona přenosu nejistot vypočítám i nejistotu pro samotnou hustotu ρ . Použiji pravidlo:

$$y = \frac{x_1}{x_2}, y = x_1 \cdot x_2 \rightarrow r(y) = \sqrt{r^2(x_1) + r^2(x_2)}$$

9)

Z tohoto vztahu plyne, že budu počítat s relativními nejistotami, pro které platí následující vztah:

$$r(y) = \frac{u(x)}{\bar{x}}$$

10)

Díky tomuto poslednímu vztahu budu moci přepočítat nejistoty vnějšího a vnitřního průměru válečku a jeho hmotnost na relativní nejistoty a také přepočítat relativní nejistotu hustoty na standardní nejistotu.

3. Zpracování měření

Standartní nejistota vah (viz vzorec 7)): $u_B = 3,3 \cdot 10^{-4}$ g

Rozšířená nejistota studentovými koeficienty: $1,36 \cdot 10^{-3}$ g; ($p = 99,73$ %, $\nu = 9$)

Hmotnost válečku: $(159,065 \pm 0,001)$ g; ($p = 99,73$ %, $\nu = 9$)

Rozměry válečku:

N	h [mm]
1	15,24
2	15,28
3	15,30
4	15,25
5	15,23
6	15,24
7	15,24
8	15,25
9	15,26
10	15,24

N	D [mm]
1	39,92
2	39,90
3	39,90
4	39,92
5	39,92
6	39,92
7	39,92
8	39,90
9	39,92
10	39,90

N	d [mm]
1	10,08
2	10,10
3	10,10
4	10,08
5	10,14
6	10,08
7	10,14
8	10,10
9	10,10
10	10,08

Podle vzorce 4) vypočítám aritmetický průměr a vzorcem 5) vypočítám standartní nejistotu.

h = 15,35 (0,01) mm

D = 39,912 (0,003) mm

d = 10,10 (0,01) mm

Dále vypočítám nejistotu přístrojů (viz vzorec 6)) pro posuvku a mikrometr:

Posuvka: $u_B = \frac{0,02}{2\sqrt{3}} = 5,77 \cdot 10^{-3}$ mm

Mikrometr: $u_B = \frac{0,01}{2\sqrt{3}} = 2,89 \cdot 10^{-3}$ mm

Nakonec z těchto hodnot udělám kombinovanou nejistotu (viz vzorec 8)) a tu rozšířím o studentovy koeficienty pro hladinu pravděpodobnosti $p = 99,73 \%$ a počtu stupňů volnosti $\nu = 9$.

$$\begin{aligned} h &= (15,3 \pm 0,03) \text{ mm}; (p = 99,73 \%, \nu = 9) \\ D &= (39,91 \pm 0,03) \text{ mm}; (p = 99,73 \%, \nu = 9) \\ d &= (10,10 \pm 0,04) \text{ mm}; (p = 99,73 \%, \nu = 9) \end{aligned}$$

Z těchto naměřených hodnot mohu vypočítat hustotu válečku podle vzorce 3).

$$\rho = 8,88 \cdot 10^{-3} \frac{g}{mm^3} = 8880 \frac{kg}{m^3}$$

Dále pro tuto hodnotu potřebuji spočítat standartní a následně rozšířenou nejistotu. To provedu podle zákona přenosu nejistot následovně:

$$r(m) = \frac{u_B(m)}{m} = \frac{3,3 \cdot 10^{-4} g}{159,065 g} = 2,07 \cdot 10^{-6}$$

$$r(h) = \frac{u_C(h)}{\bar{h}} = \frac{0,064 mm}{15,3 mm} = 4,18 \cdot 10^{-3}$$

$$\begin{aligned} u(D^2 - d^2) &= \sqrt{(2D)^2 \cdot u_C^2(D) + (-2d)^2 \cdot u_C^2(d)^2} \\ &= \sqrt{(2 \cdot 39,91)^2 \cdot (0,0066)^2 + (-2 \cdot 10,10)^2 \cdot (0,0093)^2} = 0,559 mm^2 \end{aligned}$$

$$D^2 - d^2 = 39,91^2 - 10,10^2 = 1490,798 mm^2$$

$$r(D^2 - d^2) = \frac{u(D^2 - d^2)}{D^2 - d^2} = \frac{0,559}{1490,798} = 3,75 \cdot 10^{-4}$$

$$r(V) = \sqrt{r^2(D^2 - d^2) + r^2(h)} = \sqrt{(3,75 \cdot 10^{-4})^2 + (4,18 \cdot 10^{-3})^2} = 4,20 \cdot 10^{-3}$$

$$r(\rho) = \sqrt{r(m)^2 + r(V)^2} = \sqrt{(2,07 \cdot 10^{-6})^2 + (4,20 \cdot 10^{-3})^2} = 4,2 \cdot 10^{-3}$$

Dále ze vzorce 10) získám standartní nejistotu:

$$u(\rho) = r(\rho) \cdot \rho = 37,2 \frac{kg}{m^3}$$

$$\rho = 8880(40) \frac{kg}{m^3}$$

$$\rho = (8800 \pm 200) \frac{kg}{m^3}; (p = 99,73 \%, \nu = 9)$$

4. Závěr

Z mého měření plyne, že váleček má hustotu $\rho = (8800 \pm 200) \frac{kg}{m^3}$; ($p = 99,73 \%$, $\nu = 9$), čemuž podle tabulek¹ odpovídá hustota mosazi, která má podle těchto tabulek hodnotu $(8\,400 - 8\,750) \frac{kg}{m^3}$.

Dále moje naměřená hodnota spadá i do hustoty bronzu, ale podle zbarvení válečku a charakteristickému pachu si myslím, že se o bronz nejedná.

¹ <http://www.converter.cz/tabulky/hustota-pevne.htm>

