Ústav fyzikální elektroniky Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

Fyzikální praktikum 1

Zpracoval: Teodor Duraković

Naměřeno: 28. února 2024

Obor: F **Skupina:** St 8:00 **Testováno:**

Úloha č. **1:** **Měření hustoty válce**

$T = 20.2$ °C
$p = 98\,900$ Pa
$\varphi = 43.5$ %

1. Zadání

Zjistit hustotu dutého válce pomocí změření jeho rozměrů a hmotnosti.

2. Postup

Válci jsou změřeny veškeré dimenze (vnější a vnitřní diametr, výška). Průměry jsou měřeny posuvným měřítkem ($d = 0.02\,\mathrm{mm}$), výška mikrometrem ($d = 0,005\,\mathrm{mm}$). Hmotnost je zvážena laboratorními váhami ($d = 0,0001\,\mathrm{g}; \mathrm{e} = 0,001\,\mathrm{g}$). Na závěr je těleso ponořeno do vody, čímž je odhadnuta jeho hustota - těleso neplove, hustota tudíž bude vyšší než $1000\,\mathrm{kg.m^{-3}}$.

2.1. Měření

Měření rozměrů jsou vždy provedena desetkrát, při zpozorování viditelných hrubých chyb je měření opakováno bez zápisu chybné hodnoty.

n	D [cm]	d [cm]	h [cm]
1	4.962	0.992	1.5040
2	4.966	1.000	1.5115
3	4.962	0.980	1.5110
4	4.962	0.972	1.5135
5	4.964	1.000	1.5120
6	4.962	0.996	1.5065
7	4.964	0.994	1.5105
8	4.962	1.000	1.5085
9	4.964	1.000	1.5080
10	4.962	0.988	1.5125

Změřená hmotnost činila $m = 33,2557\,\mathrm{g}$

2.2. Zpracování měření

Vztahem

$$\overline{x} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i \tag{1}$$

získáme odhady středních hodnot (arit. průměry) vícekrát měřených veličin (uvedeny v bodě 2.6.). Střední hodnoty dosadíme do formule pro výpočet hustoty:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{\pi h\left((\frac{D}{2})^2 - (\frac{d}{2})^2\right)} = 1.18599\,\mathrm{g.cm^{-3}} = 1185.99\,\mathrm{kg.m^{-3}} \tag{2}$$

Vztahem

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i - \overline{x})^2}{N-1}} \tag{3}$$

získáme odhad směrodatné odchylky. Úpravou Studentovým koeficientem s $p = 0,9973, \nu = 9$ získáme hrubé chyby (krajní odchylky) pro měřené veličiny. Vidíme, že měřené hodnoty z intervalů nevystupují, soubory hodnot tudíž není třeba nijak upravovat.

2.3. Nejistoty typu A

Nejistoty typu A získáme užitím vztahu

$$u_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(x_i - \overline{x})^2}{N(N-1)}} \tag{4}$$

2.4. Nejistoty typu B

Nejistoty typu B získáme užitím vztahu $u_B = a/k$

2.4..1 Měřidla délky

pro měřidla délky platí: $a = d; k = \sqrt{3}; u_b = \frac{d}{\sqrt{3}}$
Pro posuvné měřítko tedy nejistota typu B činí $u_B = \frac{0.002}{\sqrt{3}} = 0.00115cm$
Pro mikrometr platí $u_B = \frac{0.0005}{\sqrt{3}} = 0.000289\,\mathrm{cm}$
Zde je třeba konstatovat, že pro a posuvného měřítka je používána celá hodnota nejmenšího dílku, zatímco u mikrometru je uvedena jeho polovina. Je to provedeno proto, že jsem při měření byl u mikrometru schopen určit polovinu dílku, zatímco u posuvného měřítka nikoliv.

2.4..2 Váhy

Pro váhy platí: $a = e; k = 3$, tedy $u_B = \frac{0.001}{3} = 0.000333\,\mathrm{g}$

2.5. Nejistota typu C

Nejistotu typu C získáme vztahem:

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \tag{5}$$

2.6. Spočítané veličiny

Výše uvedenými vztahy jsme získali následující veličiny

	$\overline{x}$	$\hat{k}$	u_A	u_B	u_C
D [cm]	4.963	0.0058	0.000447	0.00115	0.00124
d [cm]	0.9922	0.039	0.00305	0.00115	0.00326
h [cm]	1.5098	0.012	0.000943	0.000289	0.000986
m [g]	33.2557	-	-	0.000333	0.000333

2.7. Zákon přenosu nejistot

Užitím zákona přenosu nejistot získáme formuli pro nejistotu výsledku - hustoty:

$$u_\rho = \sqrt{\left(\frac{-8\pi hmD}{\left(\pi h\left(D^2-d^2\right)\right)^2}\right)^2 \cdot u_D^2 + \left(\frac{8\pi hmd}{\left(\pi h\left(D^2-d^2\right)\right)^2}\right)^2 \cdot u_d^2 + \left(\frac{-4m}{\pi h^2 \cdot \left(D^2-d^2\right)}\right)^2 \cdot u_h^2 + \left(\frac{4}{\pi h \cdot \left(D^2-d^2\right)}\right)^2 \cdot u_m^2} \tag{6}$$

Po dosazení získáváme kombinovanou nejistotu hustoty:

$$u_\rho = 0.0034\,\mathrm{g.cm^{-3}}$$

Tuto nejistotu upravíme studentovým koeficientem pro $p = 0.68; \nu = 9$:

$$U_\rho = 1.059 * u_\rho = 0.0036\,\mathrm{g.cm^{-3}} = 3.6\,\mathrm{kg.m^{-3}}$$

3. Výsledek

Výše popsaným postupem jsme získali hodnotu hustoty:

$$\rho = (1186 \pm 4)\,\mathrm{kg.m^{-3}}(\mathrm{p} = 0.6827)$$

4. Závěr

Spočítaná hodnota se pohybuje v předpokládaných mezích, bez znalosti konkrétního druhu materiálu však hodnotu nedokážeme porovnat s hodnotou tabulkovou. Přesnost experimentu lze nicméně částečně zhodnotit relativní odchylkou, která je při hodnotě $r_\rho = \frac{4}{1186} = 0.0034$ - tedy kolem tří promile - s ohledem na účely experimentu přijatelná.