

# 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

$$T = 20.2\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$p = 989\text{ hPa}$$

$$\varphi = 43.5\text{ \%}$$

## 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 ( $d = 0.02\text{mm}$ ), výška mikrometrem ( $d = 0,005\text{mm}$ ). Hmotnost je zvážena laboratorními váhami ( $d = 0,0001\text{g}$ ;  $e = 0,001\text{g}$ ). Na závěr je těleso ponořeno do vody, čímž je odhadnuta jeho hustota - těleso neplove, hustota tudíž bude vyšší než  $1000\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

### 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 [mm] |
|----|--------|--------|--------|
| 1  | 4.962  | 0.992  | 15.040 |
| 2  | 4.966  | 1.000  | 15.115 |
| 3  | 4.962  | 0.980  | 15.110 |
| 4  | 4.962  | 0.972  | 15.135 |
| 5  | 4.964  | 1.000  | 15.120 |
| 6  | 4.962  | 0.996  | 15.065 |
| 7  | 4.964  | 0.994  | 15.105 |
| 8  | 4.962  | 1.000  | 15.085 |
| 9  | 4.964  | 1.000  | 15.080 |
| 10 | 4.962  | 0.988  | 15.125 |

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

### 2.2. Zpracování měření

Vztahem

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

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

$$\bar{\rho} = \frac{m}{V} = \frac{\bar{m}}{\pi \bar{h}((\frac{\bar{D}}{2})^2 - (\frac{\bar{d}}{2})^2)} = 1.18599g/cm^3 = 1185.99kg/m^3 \quad (2)$$

Vztahem

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

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

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

## 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  $u_B = \frac{0.0005}{\sqrt{3}} = 0.000289cm$

### 2.4..2 Váhy

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

## 2.5. Nejistota typu C

Nejistotu typu C získáme vztahem:

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad (5)$$

## 2.6. Spočítané veličiny

Výše uvedenými vztahy jsme získali následující veličiny

|        | $\bar{x}$ | $\hat{k}$ | $u_A$    | $u_B$    | $u_C$    |  |
|--------|-----------|-----------|----------|----------|----------|--|
| 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:

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

Po dosazení získáváme kombinovanou nejistotu hustoty:

$$u_\rho = 0.0034 g/m^3$$

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

$$U_\rho = 1.059 * u_{rho} = 0.0036 g/cm^3 = 3.6 kg/m^3$$

## 3. Výsledek

Výše popsaným postupem jsme získali hodnotu hustoty:

$$\rho = (1186 \pm 4) kg/m^3 (p = 0.6827)$$

## 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.