

STANOVENÍ HUSTOTY TĚLESA

Pracovní úkol:

- 1) Metodou tří kyvů určete hmotnost zadaného tělesa (kuličky) a určete relativní chybu vážení.
- 2) Posuvným měřítkem určete rozměry tělesa a vypočtete jeho objem.
- 3) Ze známé hmotnosti a průměru tělesa určete hustotu materiálu tělesa a porovnejte získaný výsledek s tabulkovou hodnotou.
- 4) Stanovte chyby měření u všech veličin a v závěru správně zaokrouhlete výsledky.

Pomůcky: laboratorní váhy, sada závaží, posuvné měřítko, měřený vzorek.

Teorie:

Hustota ρ je definována vztahem [1]:

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

kde m je hmotnost a V objem tělesa.

Pro těleso ve tvaru koule stanovíme objem ze změřeného průměru d tělesa podle vzorce:

$$V = \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot d^3 \quad (2)$$

Pro hustotu získáme vzorec:

$$\rho = \frac{m}{\frac{1}{6} \cdot \pi \cdot d^3}, \text{ tj. } \rho = \frac{6 \cdot m}{\pi \cdot d^3} \quad (3)$$

Chybu určení hustoty ρ stanovíme postupem pro určení chyby nepřímého měření:

$$\sigma_\rho = \sqrt{\left(\frac{\partial \rho}{\partial m} \cdot \sigma_m\right)^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial d} \cdot \sigma_d\right)^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial \pi} \cdot \sigma_\pi\right)^2} \quad (4)$$

Protože hodnotu konstanty π lze najít v tabulkách s dostatečnou přesností vzhledem k ostatním veličinám, lze její vliv na celkovou chybu určení hustoty zanedbat. Vztah (4) proto lze zjednodušit do podoby:

$$\sigma_\rho = \sqrt{\left(\frac{\partial \rho}{\partial m} \cdot \sigma_m\right)^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial d} \cdot \sigma_d\right)^2} \quad (5)$$

Po dosazení parciálních derivací $\frac{\partial \rho}{\partial m} = \frac{\partial}{\partial m} \left(\frac{6 \cdot m}{\pi \cdot d^3}\right) = \frac{6}{\pi \cdot d^3}$ a $\frac{\partial \rho}{\partial d} = \frac{\partial}{\partial d} \left(\frac{6 \cdot m}{\pi \cdot d^3}\right) = \frac{-18 \cdot m}{\pi \cdot d^4}$

a algebraické úpravě dostaneme finální vztah:

$$\sigma_\rho = \rho \cdot \sqrt{\left(\frac{\sigma_m}{m}\right)^2 + \left(-\frac{3 \cdot \sigma_d}{d}\right)^2} \quad (6)$$

Chybu σ_V si student stanoví obdobně.

Pokyny pro měření a jeho zpracování:

- 1) Metodou tří kyvů určete hmotnost m zadaného tělesa (kuličky), spočítejte její krajní chybu σ_m a určete relativní chybu vážení δ_m
- 2) Posuvným měřítkem změřte 10× na různých místech průměr kuličky d
- 3) Stanovte hodnotu průměru d kuličky jako aritmetický průměr ze změřených 10 hodnot, vylučte hrubé chyby pomocí „3s-kritéria“ a stanovte **celkovou chybu** průměru σ_d s ohledem na chybu čtení a chybu posuvného měřítka
- 4) Vypočítejte objem V kuličky včetně chyby σ_V
- 5) Stanovte hustotu ρ materiálu kuličky včetně její chyby σ_ρ a porovnejte s tabulkovou hodnotou

Literatura:

[1] Kolektiv autorů: *Úvod do fyzikálních měření*, Liberec: TUL, 2012, ISBN 978-80-7372-819-9.

Tabulky:

Vážení	v_1	v_2	v_3	výpočet	
				$n_0' =$	$n_0 =$
				$n_0'' =$	
$Z_1 =$				$n_1 =$	
$Z_2 =$				$n_2 =$	
Hmotnost $\mathbf{m} = (\quad \pm \quad) \text{ g}$					

Číslo měření	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Průměr \mathbf{d} [mm]										