

## 1. Měření hustoty látek

*pomůcky:*

železný hranolek, hliníkový váleček, měděný váleček, olověné broky, roztok modré skalice, destilovaná voda, elektronické váhy, analytické váhy, sada závaží, posuvné měřítko, mikrometr, pyknometr se zátkou, Mohrovy váhy se závažími

*úkoly:*

1. určete hustotu pravidelných geometrických těles přímou metodou
2. určete hustotu nepravidelných drobných tělísek pomocí pyknometru
3. určete hustotu roztoku modré skalice pomocí pyknometru
4. určete hustotu roztoku modré skalice pomocí Mohrových vah

*postup měření:*

ad 1.

- 10x změřit každý rozměr geometricky pravidelných těles (hranolek i oba válečky)
- 1x zvážit každé tělísko orientačně na elektronických vahách a poté dovážit přesně na analytických vahách, určit přesnost analytických vah

ad 2.

- 1x zvážit suché broky orientačně na elektronických vahách a poté dovážit přesně na analytických vahách, určit přesnost analytických vah
- 1x zvážit pyknometr se zátkou naplněný po okraj destilovanou vodou orientačně na elektronických vahách a poté dovážit přesně na analytických vahách, určit přesnost analytických vah
- 1x zvážit pyknometr se zátkou naplněný po okraj destilovanou vodou a s vhozenými broky uvnitř orientačně na elektronických vahách a poté dovážit přesně na analytických vahách, určit přesnost analytických vah

ad 3.

- 1x zvážit suchý pyknometr se zátkou orientačně na elektronických vahách a poté dovážit přesně na analytických vahách, určit přesnost analytických vah
- 1x zvážit pyknometr se zátkou naplněný po okraj destilovanou vodou orientačně na elektronických vahách a poté dovážit přesně na analytických vahách, určit přesnost analytických vah
- 1x zvážit pyknometr se zátkou naplněný po okraj roztokem modré skalice orientačně na elektronických vahách a poté dovážit přesně na analytických vahách, určit přesnost analytických vah

ad 4.

- sestavit a zkalibrovat Mohrovy váhy pomocí destilované vody
- 1x vyvážit tělísko v roztoku modré skalice, určit přesnost Mohrových vah

vyhodnocení:

ad 1.

- odstranit příliš odchýlené naměřené hodnoty u přímo měřených veličin, tzn. u jednotlivých rozměrů všech pravidelných tělísek
- ze zbývajících hodnot určit nové aritmetické průměry jednotlivých rozměrů a jejich pravděpodobné odchylky  $\vartheta$
- vypočítat hustotu materiálu a její odchylku podle vzorců:

pro hranol

$$\rho = \frac{m}{a \cdot b \cdot c}$$

$$\vartheta_\rho = \sqrt{\left(\frac{1}{a \cdot b \cdot c} \cdot \vartheta_m\right)^2 + \left(-\frac{m}{a^2 \cdot b \cdot c} \cdot \vartheta_a\right)^2 + \left(-\frac{m}{a \cdot b^2 \cdot c} \cdot \vartheta_b\right)^2 + \left(-\frac{m}{a \cdot b \cdot c^2} \cdot \vartheta_c\right)^2}$$

pro válec

$$\rho = \frac{4 \cdot m}{\pi \cdot d^2 \cdot h}$$

$$\vartheta_\rho = \sqrt{\left(\frac{4}{\pi \cdot d^2 \cdot h} \cdot \vartheta_m\right)^2 + \left(-\frac{8 \cdot m}{\pi \cdot d^3 \cdot h} \cdot \vartheta_d\right)^2 + \left(-\frac{4 \cdot m}{\pi \cdot d^2 \cdot h^2} \cdot \vartheta_h\right)^2}$$

ad 2.

- vypočítat hustotu materiálu broků a její odchylku podle vzorců:

$$\rho = \frac{m_b \cdot \rho_{\text{H}_2\text{O}}}{m_b + m_{\text{H}_2\text{O}} - m_{\text{vše}}}$$

$$\vartheta_\rho = \sqrt{\left(\frac{\rho_{\text{H}_2\text{O}} \cdot (m_{\text{H}_2\text{O}} - m_{\text{vše}})}{(m_b + m_{\text{H}_2\text{O}} - m_{\text{vše}})^2} \cdot \vartheta_{m_b}\right)^2 + \left(\frac{-m_b \cdot \rho_{\text{H}_2\text{O}}}{(m_b + m_{\text{H}_2\text{O}} - m_{\text{vše}})^2} \cdot \vartheta_{m_{\text{H}_2\text{O}}}\right)^2 + \left(\frac{m_b \cdot \rho_{\text{H}_2\text{O}}}{(m_b + m_{\text{H}_2\text{O}} - m_{\text{vše}})^2} \cdot \vartheta_{m_{\text{vše}}}\right)^2}$$

ad 3.

- vypočítat hustotu roztoku modré skalice a její odchylku podle vzorců:

$$\rho = \frac{m_{\text{sk}} - m_{\text{p}}}{m_{\text{H}_2\text{O}} - m_{\text{p}}} \cdot \rho_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$\vartheta_\rho = \sqrt{\left(\frac{\rho_{\text{H}_2\text{O}}}{m_{\text{H}_2\text{O}} - m_{\text{p}}} \cdot \vartheta_{m_{\text{sk}}}\right)^2 + \left(-\frac{m_{\text{sk}} - m_{\text{p}}}{(m_{\text{H}_2\text{O}} - m_{\text{p}})^2} \cdot \rho_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \vartheta_{m_{\text{H}_2\text{O}}}\right)^2 + \left(\frac{m_{\text{sk}} - m_{\text{H}_2\text{O}}}{(m_{\text{H}_2\text{O}} - m_{\text{p}})^2} \cdot \rho_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \vartheta_{m_{\text{p}}}\right)^2}$$

Poznámka:

Všechny výsledky zaokrouhlete podle odchylky zaokrouhlené na jednu platnou číslici a uveďte ve tvaru  $(X \pm \vartheta_X)$  s příslušnými jednotkami.