

Měření hustoty

Teorie

Hustota ρ je poměr hmotnosti tělesa m k jeho objemu V , tedy

$$\rho = \frac{m}{V}.$$

Takto získaná hodnota hustoty je však průměrná hustota. Pokud není hmota v tělese rozložena stejnoměrně, je třeba použít lokální definici hustoty, která je

$$\rho = \frac{dm}{dV}.$$

Přímá metoda měření hustoty

Tato metoda spočívá ve využití vzorce pro průměrnou hustotu tělesa. K tomuto účelu je třeba zjistit vážením hmotnost tělesa m a změřit jeho rozměry pro určení objemu tělesa V . Proto přímá metoda je vhodná pouze pro pravidelná tělesa.

Stanovení hustoty pevných těles hydrostatickou metodou

Této metody se s výhodou používá pro stanovení hustoty nepravidelných těles, kde stanovení objemu by bylo velmi obtížné, nebo by bylo zatíženo velkou chybou. Nejprve zvážíme těleso na vzduchu a jeho hmotnost označíme Z . Poté ho zvážíme, když je zcela ponořeno do vody, označme Z' . Podle Archimedova zákona je zřejmé

$$Z' = Z - V\rho_{vody},$$

kde ρ_{vody} je hustota vody a V objem tělesa, pro který platí

$$V = \frac{Z - Z'}{\rho_{vody}}.$$

Hledaná hustota ρ je pak

$$\rho = \frac{Z\rho_{vody}}{Z - Z'}.$$

Měření hustoty kapalin hydrostatickou metodou

Pro stanovení hustoty kapalin lze s výhodou použít Archimedova zákona. Nejprve stanovíme hmotnost měrného válečku Z na vzduchu. Potom zvážíme váleček zcela ponořený v kapalině známé hustoty ρ_1 a jeho hmotnost označíme Z_1 . Nakonec pak zvážíme váleček zcela ponořený do kapaliny neznámé hustoty ρ_2 a jeho hmotnost označíme Z_2 . Je-li objem válečku V , lze z Archimedova zákona psát

$$Z_1 = Z - \rho_1 V,$$

$$Z_2 = Z - \rho_2 V.$$

Řešením soustavy rovnic dostáváme

$$\rho_2 = \frac{Z - Z_2}{Z - Z_1} \cdot \rho_1.$$

Měření hustoty kapalin pomocí pyknometru

K měření objemu kapaliny lze použít také pyknometr, obr.1. Pyknometr je skleněná nádobka se zabroušeným hrdlem a zátkou, v které je úzká dírka, jíž při uzavírání pyknometru odteče přebývající kapalina.

Zvážíme nejprve prázdný suchý pyknometr a jeho hmotnost označíme Z . Pak pyknometr naplníme kapalinou známé hustoty ρ_1 a znovu ho zvážíme, označíme hmotnost Z_1 . Poté pyknometr naplníme kapalinou neznámé hustoty ρ_2 , zvážíme a hmotnost označíme Z_2 . Označíme-li objem pyknometru V , lze psát

$$Z_1 = Z - \rho_1 V,$$

$$Z_2 = Z - \rho_2 V.$$

Řešením soustavy rovnic dostáváme stejně jako v předchozí metodě vztah

$$\rho_2 = \frac{Z - Z_2}{Z - Z_1} \cdot \rho_1.$$

Měření hustoty drobných tělísek pomocí pyknometru

Vyšetřovaná tělíska zvážíme nejprve na vzduchu (hmotnost Z). Poté pyknometr naplníme kapalinou o známé hustotě ρ_1 (v našem případě použijeme vodu) a zvážíme, hmotnost značíme Z_1 . Nakonec do prázdného pyknometru nasypeme tělíska, doplníme vodou a zváženou hmotnost označíme Z_2 . Pro hledanou hustotu ρ tělísek platí vztah

$$\rho = \frac{Z}{Z + Z_1 - Z_2} \cdot \rho_1.$$



Obrázek 1: Pyknometr

Úkol

- Určete hustotu pravidelných geometrických těles přímou metodou.
- Určete hustotu nepravidelných drobných tělísek pomocí pyknometru .
- Určete hustotu kapaliny pomocí pyknometru.

a) Určete hustotu pravidelných geometrických těles přímou metodou.

Pomůcky:

Železný, hliníkový a bronzový váleček, elektronické váhy, mikrometr, posuvné měřítko

Postup:

- 10x změřte každý rozměr geometricky pravidelných těles.
- 1x zvažte každé tělísko na elektronických vahách.
- Odstranit příliš odchýlené naměřené hodnoty u přímo měřených veličin a ze zbývajících hodnot určit nové aritmetické průměry jednotlivých rozměrů a jejich pravděpodobné odchylky ϑ .
- Vypočítat hustotu materiálu a její odchylku.
- Vytvořte protokol popisující průběh vašeho měření, který bude obsahovat vámi naměřená data a výpočty. Na závěr shrňte výsledky svého snažení, porovnejte je s tabulkovými hodnotami a diskutujte možné chyby měření.

Tabulka 2: Tabulka pro zápis výsledků měření rozměrů pravidelných těles

	Železo		Mosaz		Hliník	
Rozměry vzorku →	d (mm)	v (mm)	d (mm)	v (mm)	d (mm)	v (mm)
Číslo měření ↓						
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

b) Určete hustotu nepravidelných drobných tělísek pomocí pyknometru.

Pomůcky:

Skleněné kuličky, olověné broky, destilovaná voda, elektronické váhy, pyknometr, filtrační papír, kádinky

Postup:

- 1) Zvažte 1x suché broky na elektronických vahách, určete přesnost vah.
- 2) Zvažte 1x pyknometr se zátkou naplněný po okraj destilovanou vodou na elektronických vahách.
- 3) Zvažte 1x pyknometr se zátkou naplněný po okraj destilovanou vodou a s vhozenými broky uvnitř na elektronických vahách.
- 4) Vypočítejte hustotu olověných broků a její odchylku.
- 5) Zopakujte body 1) až 4) pro měření hustoty skleněných kuliček.
- 6) Vytvořte protokol popisující průběh vašeho měření, který bude obsahovat vámi naměřená data a výpočty. Na závěr shrňte výsledky svého snažení, porovnejte je s tabulkovými hodnotami a diskutujte možné chyby měření.

c) Určete hustotu kapaliny pomocí pyknometru.

Pomůcky:

Glycerin, aceton, destilovaná voda, elektronické váhy, pyknometr, filtrační papír, kádinky

Postup:

- 1) Zvažte 1x suchý pyknometr se zátkou na elektronických vahách, určete přesnost vah.
- 2) Zvažte 1x pyknometr se zátkou naplněný po okraj destilovanou vodou na elektronických vahách.
- 3) Zvažte 1x pyknometr se zátkou naplněný po okraj glycerinem.
- 4) Vypočítejte hustotu glycerinu a její odchylku.
- 5) Zopakujte body 1) až 4) pro měření hustoty acetonu.
- 6) Vytvořte protokol popisující průběh vašeho měření, který bude obsahovat vámi naměřená data a výpočty. Na závěr shrňte výsledky svého snažení, porovnejte je s tabulkovými hodnotami a diskutujte možné chyby měření.