

**TECHNICKÁ FyZIKA PRO FEL**

Měření hustoty

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Vypracoval:** |  | **Datum měření:** | 2.11.2015 |
| **Měřicí skupina:** |  | **Rozvrhová akce:** | Po 2-3 |
|  |  |  |

# 1) Úvod do problematiky

Hustota je poměr hmotnosti tělesa k jeho objemu , tedy . Takto získaná hodnota hustoty je ovšem průměrná hustota, obecnější vztah je tedy .

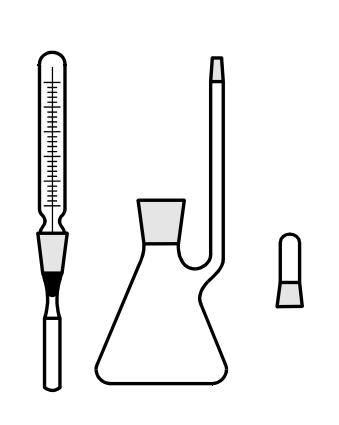
**Přímá metoda měření hustoty**

Tato metoda spočívá ve využití vzorce pro průměrnou hustotu tělesa. K tomuto účelu je nutno zjistit vážením hmotnost tělesa m a objem V z jeho rozměrů. Tak lze objem určit pouze u pravidelných těles. Při přesném vážení je třeba započítat vztlakovou sílu vzduchu tzv. redukce na vakuum. Označíme-li měřenou hustotu, hustotu vzduchu , hustotu závaží , pak lze pro rovnováhu psát rovnici ,kde je hmotnost tělesa, je jeho objem, je hmotnost závaží, je objem závaží a je gravitační zrychlení. Objem závaží lze vyjádřit jako . Pro výslednou hledanou hustotu lze tedy odvodit vztah .

**Stanovení hustoty pevných těles hydrostatickou metodou**

Této metody se využívá pro stanovení hustoty nepravidelných těles. Nejprve zvážíme těleso na vzduchu a jeho hmotnost označíme , poté ho zvážíme zcela ponořené do vody. Podle Archimedova zákona je zřejmé, že . Vyjádříme objem . Hledaná hustota je pak .

**Měření hustoty kapalin hydrostatickou metodou**

Tato metoda využívá Archimedův zákon. Váleček je nejdříve zvážen na vzduchu , poté ponořený v kapalině známé hustoty tedy a nakonec ponořený do kapaliny neznámé hustoty tedy . Objem válečku označíme. Lze tedy psát a . Pokud vyjádříme , dostaneme .

Obrázek : Pyknometr

**Měření hustoty drobných tělísek pomocí pyknometru**

Vyšetřovaná tělíska jsou zvážena nejprve na vzduchu . Poté je pyknometr naplněn kapalinou o známé hustotě a zvážena hmotnost . Nakonec jsou do prázdného pyknometru nasypána tělíska, opět doplněna vodou a zaznamenána hmotnost . Po započtení opravy na vztlak lze odvodit pro hledanou hustotu vztah .

# 2) Pracovní úkol

1. Změřte hustotu daných těles přímou metodou. Jedním z těles bude i závěsný váleček, který použijete pro měření hydrostatickými metodami. Hustotu závaží vah (mosaz) zjistíte ve fyzikálních tabulkách. Rozměry těles měřte 10x.
2. Změřte hustotu závěsného válečku hydrostatickou metodou.
3. Změřte hustotu závěsného válečku neznámé kapaliny hydrostatickou metodou.
4. Změřte hustotu skleněných kuliček pyknometrickou metodou.
5. Stanovte směrodatné chyby v určení hustot v úkolech 1) a 2). U závěsného válečku porovnejte hodnoty získané přímou a hydrostatickou metodou.

# 3) Postup měření

Při měření hustoty je nejprve zjištěna hmotnost válečku a kvádru. Hmotnost je zjištěna pomocí analytických vah WA33. Vzorky jsou nejprve zváženy na předváze a následně je tato hodnota nastavena na vahách analytických. Následně jsou změřeny rozměry obou těles a to jak mikrometrem u menších rozměrů, tak posuvným měřítkem u těch delších. Hodnoty jsou měřeny desetkrát. Poté je vypočten objem a prostým podělení hodnot hmotnosti a objemu získáme hodnotu hustoty daného tělesa.

Při měření hustoty hydrostatickou metodou jsou použity speciální váhy OHAUS. Vzorek je opět nejprve zvážen na předváze a tento přibližný údaj je nastaven na váze OHAUS. Vzorek je nejprve zvážen na vzduchu a poté celý ponořen do kádinky s vodou. Z naměřených hodnot už lze spočítat hodnotu hustoty.

Následně navazujeme měřením hustoty neznámé kapaliny, dalším údajem, který je potřebné změřit je hmotnost tělesa v neznámé kapalině. Tento údaj nám spolu s údaji z předchozího měření umožní vypočítat hustotu neznámé kapaliny.

Nakonec měříme hustotu drobných skleněných kuliček pomocí pyknometru. Kuličky jsou nejprve zváženy na vzduchu, následně je zvážena i kádinka a její hmotnost je odečtena od předchozí hodnoty. Následně je pyknometr naplněn vodou a zvážen a poté zvážen naplněný jak vodou, tak skleněnými kuličkami. Vždy je nutné pyknometr pečlivě osušit.

## 3.1) Měřicí potřeby

1) posuvné měřítko

2) mikrometr

3) analytické váhy WA33

4) speciální tlumené váhy OHAUS

5) předváha

6) pyknometr

7) tělesa z různých materiálů

8) různé kapaliny

9) dvě kádinky

# 5) Naměřené a vypočítané hodnoty

Tab. 1: **Váleček (hliník)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Měření | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| *d* [mm] | 14,37 | 14,35 | 14,34 | 14,34 | 14,33 | 14,33 | 14,33 | 14,32 | 14,29 | 14,31 |
| *v* [mm] | 39,41 | 39,42 | 39,50 | 39,43 | 39,59 | 39,49 | 39,44 | 39,50 | 39,44 | 39,45 |

m = 16,7250 g

Tab. 2: **Kvádr (Novodur)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Měření | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| *s* [mm] | 20,70 | 20,73 | 20,70 | 20,70 | 20,71 | 20,66 | 20,69 | 20,69 | 20,71 | 20,71 |
| *v* [mm] | 21,33 | 21,27 | 21,33 | 21,24 | 21,24 | 21,31 | 21,23 | 21,31 | 21,23 | 21,31 |
| *d* [mm] | 59,93 | 59,89 | 59,92 | 60,00 | 59,87 | 59,93 | 59,92 | 59,99 | 59,89 | 59,87 |

m = 35,6204 g

Tab. 3: **Hydrostatická metoda**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| prostředí | vzduch | voda | denaturovaný líh |
| hmotnost [g] | 16,620 | 10,778 | 11,940 |

(22 °C)

Tab. 4: **Pyknometrická metoda**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| vážená entita | kádinka prázdná | kádinka s kuličkami | pyknometr s vodou | pyknometr s tělísky |
| hmotnost [g] | 14,4 | 55,3 | 96,2 | 120,7 |

## Výpočet hustoty:

**Přímá metoda -** váleček

**Přímá metoda -** kvádr

**Hydrostatická metoda -** pevné těleso

**Hydrostatická metoda -** neznámákapalina

**Pyknometrická metoda -** skleněné kuličky

## Výpočet chyb

**Přímá metoda -** váleček

Směrodatná chyba

Relativní směrodatná chyba

Výsledná relativní chyba

Výsledná absolutní chyba

**Přímá metoda -** kvádr

Směrodatná chyba

Relativní směrodatná chyba

Výsledná relativní chyba

Výsledná absolutní chyba

**Hydrostatická metoda -** pevné těleso

Směrodatná chyba

Relativní směrodatná chyba

Výsledná relativní chyba

Výsledná absolutní chyba

## Výsledky

**Přímá metoda -** váleček

**Přímá metoda -** kvádr

**Hydrostatická metoda -** pevné těleso

**Hydrostatická metoda -** neznámákapalina

**Pyknometrická metoda -** skleněné kuličky

# 6) Závěr

Nejprve jsme pomocí přímé metody měřili průměrnou hustotu válečku a kvádru. Hustota válečku vyšla , což přibližně odpovídá našemu odhadu, že jde o hliník. Odchylka může být způsobena tím, že váleček nemusí být čistým hliníkem, ale může obsahovat příměsi. Chyba této metody byla ze všech použitých metod největší, konkrétně , což však lze stále označit za přesné měření. Hustota kvádru vyšla . Tabulková hodnota pro Novodur je , odchylka od této hodnoty může být způsobena obdobnými vlivy jako v případě válečku. Dále byl váleček měřen hydrostatickou metodou. Vypočtená hustota je , tato hodnota je od tabulkové hodnoty vzdálenější než hodnota vypočtená metodou přímou, pokud by byl váleček opravdu čistým hliníkem, poté lze považovat přímou metodu v našem za přesnější. Hydrostatická metoda měření hustoty neznámé kapaliny se ukázala být velmi přesnou, naměřené hodnota je skoro identická s hodnotou tabulkovou , lze tedy téměř s jistotou říci, že šlo o denaturovaný líh. Posledním měřením bylo určování hustoty skleněných kuliček pomocí pyknometrické metody. Hustota vyšla , přičemž hustota skla se liší v závislosti na typu a příměsích a pohybuje se v hodnotách . Do tohoto intervalu námi vypočtená hustota spadá.