

# 1.

## Hustota – merná hmotnosť Meranie hustoty tuhých látok- hydrostatickou metódou

### Úvodné poznámky.

Pri teoretických aj praktických prácach je potrebné charakterizovať používaný plast hmotnosťou materiálu, ktorý sa nachádza v objemovej jednotke. Túto vlastnosť môžeme vyjadriť týmito názvami: hustota (merná hmotnosť) a objemová hmotnosť.

**Hustota** – znamená hmotnosť ( $m$ ) materiálu bez dutín a vtrúsenín, vyjadrenú v  $kg$ , ktorý sa nachádza v objeme  $V m^3$ . Vyjadruje sa gréckym písmenom  $\rho$  (ró) a vypočíta sa podľa vzťahu

$$\rho = \frac{m}{V} \quad / kg \cdot m^{-3} /$$

Objemová hmotnosť sa používa na vyjadrenie vlastností nehomogénnych materiálov, ako sú ľahčené plasty. Je to hmotnosť objemovej jednotky vyjadrená v  $kg \cdot m^{-3}$ .

Stanovenie hustoty kvapalných aj tuhých látok sa robí tiež v pyknometroch. Sú to sklené duté aparáty, ktoré majú presný objem s možnosťou uzatvárania. Pre stanovenie hustoty pevných látok sa používajú špeciálne širokohrdlé pyknometre.

### Postup práce

Pre meranie hustoty pevných látok používame: metódu hydrostatickú, metódu pyknometrickú a metódu rovnakých hustôt.

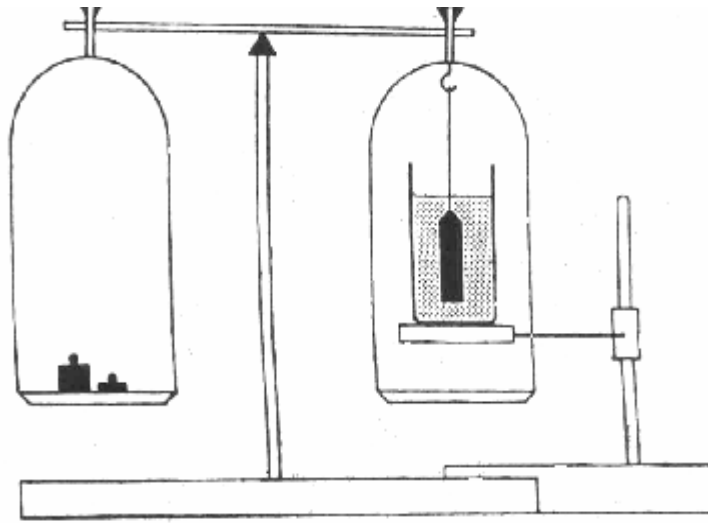
a) **metóda hydrostatická** spočíva v dvojitom vážení telesa, ktorého hustotu hľadáme. Prvé váženie robíme na vzduchu, pričom hustotu vzduchu označíme  $\sigma$  a hmotnosť vyvažujúceho závažia  $Z_1$ . Druhý krát vážime v kvapaline so známou hustotou  $\rho_2$  a hmotnosť vyvažujúceho závažia označíme  $Z_2$ . Váženie sa robí na rovnoramenných váhach, ktoré sú prispôbené k zaveseniu váženého telesa a k ponoreniu telesa do kvapaliny. Tieto váhy sa nazývajú hydrostatické. Podmienky rovnováhy pre prvé a druhé váženie:

$$Z_1 g - \frac{Z_1}{d} \sigma g = M \cdot g - \frac{M}{g} \sigma g \quad (1)$$

$$Z_2 g - \frac{Z_2}{d} \rho_2 g = M \cdot g - \frac{M}{g} \rho_2 g \quad (2)$$

V podmienke(1) uvažujeme vztlak pôsobiaci na závažie s hustotou  $\delta$  vo vzduchu s hustotou  $\sigma$  aj vztlak pôsobiaci vo vzduchu na teleso s hmotnosťou  $M$ . V podmienke (2) uvažujeme vztlak pôsobiaci na závažie vo vzduchu a na teleso s hmotnosťou  $M$  v kvapaline známej hustoty. Ak vydělíme rovnicu 1 a rovnicou 2, dostaneme po úprave pre hľadanú hustotu výraz

$$\rho = \frac{r_2 Z_1 - \sigma Z_2}{Z_1 - Z_2} \quad (3)$$



Hydrostatické váhy

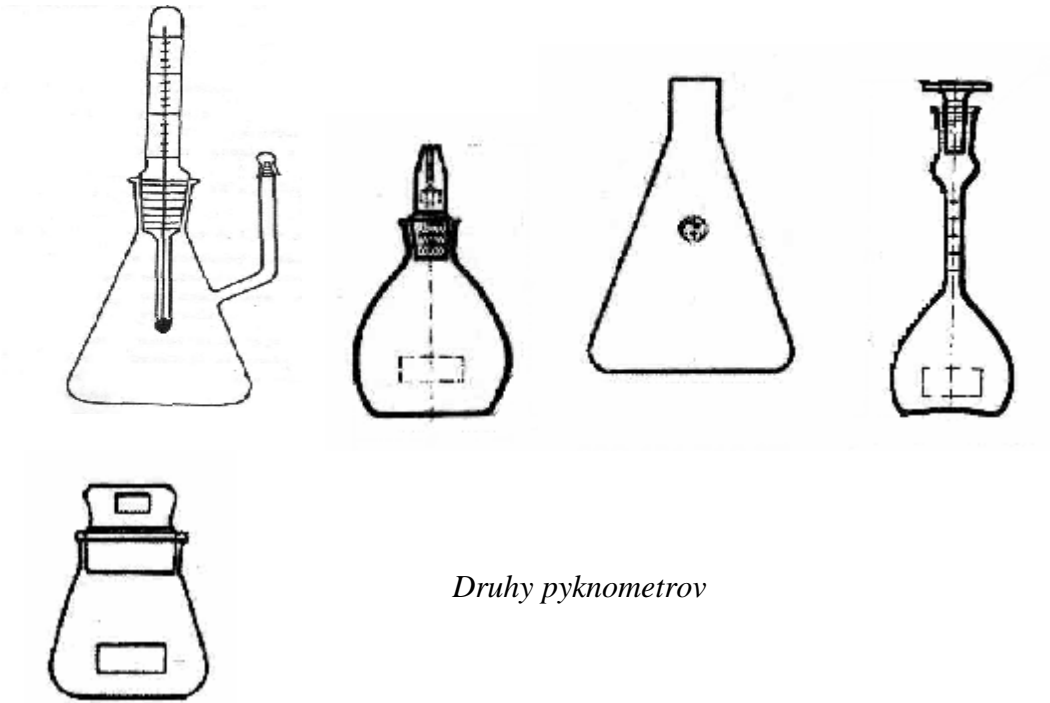
b) **metóda pyknometrická** spočíva v tom, že sa pyknometer naplní kalibračnou kvapalinou tak, aby sa meniskus dotýkal rysky. Na analytických váhach odvážeme vzorku skúšobného telesa –  $Z_1$ , pyknometer naplnený vodou (kalibr. Kvapalina a hustotou  $\rho_2$ ) –  $Z_2$  a pyknometer s vodou + v nej ponorenú vzorku –  $Z_3$ . Zo vzťahu vypočítame mernú hmotnosť daného skúšobného telesa. Chyby stanovenia hustoty pevných látok vznikajú najčastejšie uchytením vzduchových bublín na povrchu. Najčastejšie sa odstraňujú prídavkom zmáčadla alebo liehu k mernej kvapaline.

$$r = \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2 - Z_3} r_2 \quad (4)$$

c) Hustotu veľmi drobných teliesok možno dobre stanoviť, ak ich necháme vznášať v kvapaline, ktorá má s nimi rovnakú hustotu. Tento spôsob určenia hustoty sa nazýva **metóda rovnakých hustôt**. Kvapalinu požadovanej hustoty získame zmiešaním dvoch kvapalín, jednej s väčšou a druhej s menšou hustotou ako je hustota meranej látky. Akonáhle dosiahneme stav, kedy sa telieska práve vznášajú v kvapaline zmeriame hustotu kvapaliny a tým tiež zistíme hľadanú hustotu teliesok. Pre záverečné nastavenie okamihu vznášania možno hustotu kvapaliny meniť okrem miešania tiež zmenou teploty. Pretože hustota kvapalín závisí na teplote, je pri všetkých uvedených meraniach potrebné merať teplotu a tabuľkové hodnoty známych hustôt dosadzovať pre príslušné teploty. Pri ponorení telies do kvapaliny sa musíme presvedčiť, že sa na nich nezachytia vzduchové bubliny. Hlavne pri meraní drobných telies môžu bubliny spôsobiť úplne chybný výsledok merania hustoty. Pri tejto metóde je potrebné voliť kvapaliny tak, aby sa v nich meraná látka nerozpúšťala, chemicky nereagovala a pod.

Tab. 1: Kvapaliny vhodné pre meranie metódou rovnakých hustôt. Látky z ľavého stĺpca sa riedia odpovedajúcimi látkami z pravého stĺpca. Hustoty kvapalín sa vzťahujú k teplote 18 °C.

Látka $\rho$ ( $\text{kg.m}^{-3}$ )		Látka $\rho$ ( $\text{kg.m}^{-3}$ )	
Acetylentetrabromid	3 000	Chloroform	1 490
Bromoform	2 892	Benzén	881
Bromnaftalen	1 483	Toluén	890
Methyljodid	2 270	Xylén	870
Vodný roztok jodidu draselno-ortuťnatého alebo bárnatoortuťnatého až	3 200	Vodný roztok chloridu sodného alebo dusičnanu sodného až	1 148-1 420



*Druhy pyknometrov*

## Hustota – merná hmotnosť Meranie hustoty kvapalín

Hustota homogénnej látky je definovaná ako pomer jej hmotnosti  $M$  a objemu  $V$ , ktorý zaberá.

$$r = \frac{m}{v} \quad / \text{kg} \cdot \text{m}^{-3} /$$

Podobne ako hustotu pevných látok možno aj hustotu kvapalín merať rôznymi spôsobmi. Tu uvádzame najpoužívanejšie metódy.

**a) Pyknometrická metóda** spočíva v porovnaní hmotnosti rovnakého objemu meranej kvapaliny a kvapaliny so známou hustotou. Rovnaký objem je vymedzený pyknometrom. Najskôr zvažíme prázdny suchý pyknometer ( $Z_1$ ). Potom pyknometer naplnený kvapalinou so známou hustotou  $\rho_2$  ( $Z_2$ ). Po dôkladnom vymytí a vysušení naplníme pyknometer kvapalinou s neznámou hustotou  $\rho$  a zvažíme ( $Z_3$ ). Pomer hmotností rovnakého objemu rôznych kvapalín je rovnaký ako pomer ich hustôt. Z toho plynie

$$r = \frac{Z_3 - Z_1}{Z_2 - Z_1} r_2 \quad (1)$$

**b) pri metóde ponorného telieska** zvažíme to isté teleso raz v kvapaline so známou hustotou  $\rho_2$  ( $Z_2$ ), raz v kvapaline ktorej hustotu hľadáme  $\rho$  ( $Z_1$ ) a raz vo vzduchu ( $Z_3$ ). Podmienky rovnováhy pre jednotlivé vážená, ak označíme  $M$  hmotnosť a  $\delta_1$  hustotu váženého telesa,  $\delta$  hustotu závaží, vedú postupne k týmto rovniciam:

$$Z_2 - \frac{Z_2}{d} s = M - \frac{M}{d_1} r_2 \quad (2)$$

$$Z_1 - \frac{Z_1}{d} s = M - \frac{M}{d_1} r \quad (3)$$

$$Z_3 - \frac{Z_3}{d} s = M - \frac{M}{d_1} r \quad (4)$$

Ak odpočítame rovnicu (3) od (4) a rovnicu (2) od (4) a vzniknuté rovnice vydělíme, dostaneme

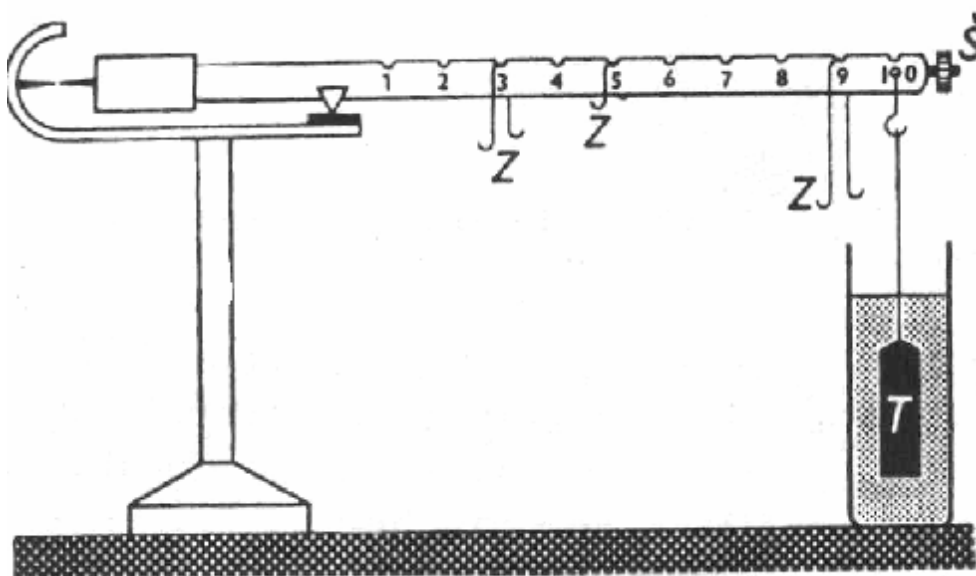
$$\frac{Z_3 - Z_1}{Z_3 - Z_2} = \frac{r - s}{r_2 - s} \quad (5)$$

Odtiaľ vypočítame

$$r = \frac{Z_3 - Z_1}{Z_3 - Z_2} (r_2 - s) + s \quad (6)$$

Pri menej presnom meraní neprevádzame opravu na vztlak a v rovnici (6) položíme  $\sigma = 0$ . Ponorné teliesko býva sklenené s teplomerom. Meranie sa prevádza na hydrostatických váhach.

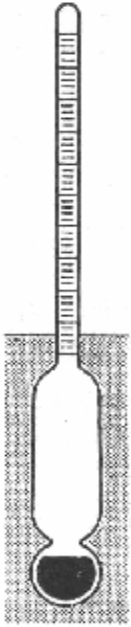
c) Na metóde ponorného telieska sú založené **Mohrove vážky**. Sú to pákové nerovnoramenné váhy, na ktorých dlhšom ramene je zavesené ponorné teliesko T. Dlhšie rameno je rozdelené na 10 rovnakých dielov jemnými zárezmi, na ktorých sa vešajú závažia Z v tvare jazdcov. Na zárezoch bližších osi vážok je účinok jazdcov menší a je iba toľko desiatín z udanej hodnoty jazdca, na koľkom záreze je zavesený. Najväčší jazdec na desiatom záreze odpovedá hustote  $1 \text{ g.cm}^{-3}$ , druhý má desatinu jeho hmotnosti, tretí stotinu. Pri kalibrácii vážok zavesíme ponorné teliesko na konci deleného ramena váh v mieste desiateho zárezu. Teliesko ponoríme do kvapaliny so známou hustotou a jazdce rozložíme tak, aby ich rozmiestnenie v ryhách na dlhšom ramene odpovedalo známej hustote kvapaliny. Skrutkou Š nastavíme nulovú polohu vážok, vyznačenú dvojicou jazýčkov váh alebo ryskou na stupnici. Tým sú vážky pripravené na meranie. Meriame tak, že teleso ponoríme do skúmanej kvapaliny a zavesením jazdcov postupne od najťažšieho k najľahšiemu do vhodných zárezov nastavíme nulovú polohu váh. Hustotu odčítame priamo z rozloženia jazdcov.



Mohrove vážky

d) K rýchlemu meraniu hustoty kvapalín slúžia **hustomery**. Sú to zatavené sklenené trubice prispôsobené k stabilnému plávaniu vo zvislej polohe. Podľa Archimedovho zákona sa hustomer ponorí tak hlboko, až je hmotnosť kvapaliny telesom vytlačená rovná hmotnosti

hustomeru. Hĺbka ponorenia hustomeru teda závisí na hustote kvapaliny. V kvapalinách s menšou hustotou sa hustomer ponorí hĺbšie ako v kvapalinách s hustotou vyššou. Možno teda na hustomere presne vyznačiť hĺbku ponoru odpovedajúcu istej hustote a tak na ňom vytvoriť stupnicu hustôt. Pri meraní odpočítame, ktorý dielik stupnice hustomeru leží v rovine ponoru, a tak priamo zmeriame hustotu kvapaliny. Namiesto stupníc udávajúcich hustotu kvapaliny v jednotkách SI alebo v  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , ktoré sú nerovnomerné, sa často u hustomerov používa rovnomerné delenie v stupňoch Bauméových.



*hustomer*