

Návody na laboratorní cvičení z analytické chemie

Název úlohy:	Měření hustoty
Úkol:	1. Změřte hustotu kapaliny nebo tuhé látky pyknometricky 2. Zjistěte závislost hustoty na koncentraci roztoku pomocí Mohrových-Westphalových vah

Teoretický princip:

Hustota je definována jako podíl hmotnosti tělesa m a jeho objemu V . Je dána vztahem :

$$r = \frac{m}{V}$$

Jednotkou hustoty je $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Hustota závisí na teplotě. Tuto závislost vystihuje rovnice:

$$r_2 = r_1(1 - \gamma \cdot \Delta T)$$

kde ρ_2 - hustota při teplotě T_2
 ρ_1 - hustota při teplotě T_1
 $\Delta T = T_2 - T_1$
 γ - teplotní součinitel objemové roztažnosti látky

Jak vyplývá z definice, je třeba ke stanovení hustoty určit hmotnost a objem. Hmotnost určíme vážením a k měření objemu použijeme pyknometry. Přesný objem pyknometru se určuje vážením s kapalinou o známé hustotě, nejčastěji s destilovanou vodou. Pro značně rozdílnou hustotu kapalin a hustotu závaží budeme při výpočtu uvažovat vztlak vzduchu.

Vážíme kapalinu o objemu V a hustotě r , objem závaží je V_Z , hmotnost závaží m_1 , hustota závaží ρ_Z a hustota vzduchu je ρ_{vz} .

Platí:

$$V(\rho - \rho_{vz}) = V_Z(\rho_Z - \rho_{vz})$$

neznámý objem V_Z vyjádříme jako a a upravíme :

$$V(r - r_{vz}) = m_1 \left(1 - \frac{r_{vz}}{r_Z}\right)$$

Při vážení téhož objemu vody o hustotě ρ_v je hmotnost závaží m_2 . Tedy analogicky:

$$V(r_v - r_{vz}) = m_2 \left(1 - \frac{r_{vz}}{r_Z}\right)$$

dělením obou rovnic dostaneme:

$$\frac{r - r_{vz}}{r_v - r_{vz}} = \frac{m_1}{m_2}$$

Z toho plyne pro hustotu kapaliny:

$$r = \frac{m_1}{m_2} \cdot (r_v - r_{vz}) + r_{vz}$$

hmotnosti m_1 a m_2 odpovídají hmotnostem samotných kapalin po odečtení hmotnosti pyknometru. Při stanovení hustoty tuhých látek zjistíme objem tělísek z hmotnosti jimi vytlačené. Tuto hmotnost získáme tak, že sečteme hmotnost tělísek samotných (m_1) a hmotnost pyknometru naplněného vodou (m_2) a od tohoto součtu odečteme hmotnost pyknometru s tělísky a vodou (m_3). Pak hustotu tělísek vypočteme podle vztahu:

$$r = \frac{m_1}{m_1 + m_2 - m_3} \cdot (r_v - r_{vz}) + r_{vz}$$

U Mohrových-Westphalových vah (obr.) je tělísko zavěšeno na delším rameni nerovnoramenných vah. Je-li tělísko ponořeno do kapaliny, je nutno vztlak na ně vyrovnat zavěšením příslušných závaží na jednotlivé dílky vahadla. Největší závaží je voleno tak, aby po zavěšení na konec vahadla (tedy desátý dílek) vyrovnalo svou tíhou vztlak na tělísko v kapalině o hustotě $1,000 \text{ g.cm}^{-3}$. Hmotnosti dalších závaží jsou 10 krát, 100 krát a 1000 krát menší. Poloha největšího závaží tedy udává desetiny, poloha dalších menších závaží setiny, tisíce a desetitisíce hustoty vyjádřené v g.cm^{-3} .

Postup práce:

ad úkol 1)

Nejprve zvažte čistý prázdný pyknometr. Naplňte jej destilovanou vodou tak, aby v něm nebyly bublinky vzduchu a temperujte 20 minut v termostatu. Jestliže se objem vlivem chlazení zmenšil, doplňte přesně po rysku nebo po okraj, včetně otvoru v zátce, pyknometr pečlivě osušte a zvažte. Pyknometr držte tak, aby nebyl zahříván teplem ruky. Pak opakujte plnění, temperaci a vážení s danou kapalinou, kterou jste před tím pyknometr vypláchnuli. Při měření hustoty tuhých látek je časově nejúspornější zvážit postupně prázdný pyknometr, pyknometr s tělísky, pyknometr s tělísky a vodou a nakonec pyknometr naplněný vodou.

ad úkol 2)

Do odměrných baněk o objemu 100 ml odpipetujte postupně vypočtené množství daného roztoku (roztoky různých solí) a doplňte destilovanou vodou 20°C teplou po značku a promíchejte. Váhy sestavte podle návodu. Zavěste ponorné tělísko do válce s demi vodou, změřte teplotu vody, najděte v tabulkách její hustotu, zavěšte závaží na dílky vahadla odpovídající této hustotě a nastavte rovnovážnou polohu pomocí šroubků na konci vahadla. Tím jsou váhy najustovány. Pak tělísko sejměte, opatrně osušte. Válec pak naplňte kapalinou, jejíž hustotu máte změřit, zavěste tělísko a rovnováhu obnovte zavěšením jednotlivých závaží. Při výměně kapaliny dbejte na to, aby jak válec, tak ponorné tělísko byly opláchnuté měřenou kapalinou. Naměřené hodnoty hustoty vynesete do grafu proti koncentraci roztoku.

Protože neznáte koncentraci předloženého roztoku, musíte nejprve změřit jeho hustotu, podle ní pak v tabulkách najít koncentraci. Je-li koncentrace v hmot.%, přepočtete ji na koncentraci v g.l^{-1} . Tento roztok nevylijte, ale převedte do byrety 100 ml. Pak připravte postupným ředěním 4 další roztoky tak, abyste rovnoměrně pokryli koncentrační rozmezí. K dispozici máte byretu objemu 100 ml a různé pipety. Neměli byste spotřebovat o mnoho více než 100 ml koncentrovaného roztoku.