

Měření povrchového napětí stalagmometrickou metodou

TEORIE

- Povrchové napětí definujeme jako sílu působící v povrchové vrstvě kapaliny na jednotku délky a to ve směru kolmém na působící délku. Má-li se kapka o hmotnosti m odtrhnout, musí její tíha (součin hmotnosti a gravitačního zrychlení) překonat povrchové napětí σ , které působí na obvodu kapky.
- Povrchové napětí je charakteristické vždy pro danou látku a je ovlivněno teplotou (s rostoucí teplotou σ klesá) a přidavkem povrchově aktivních látek (přidavkem σ klesá)
- K měření hodnot povrchového napětí je možné použít metodu *stalagmetrie*. Jedná se o relativní metodu, u které je potřeba výsledné hodnoty porovnat s referenční, srovnávací kapalinou. Nejčastějším představitelem takové kapaliny je *čištěná voda*, jejíž hodnoty povrchového napětí v závislosti na teplotě jsou uvedeny v tabulce.

Tabulka: Povrchové napětí vody v závislosti na teplotě

Teplota [°C]	Povrchové napětí [N · m ⁻¹]
18	0,07305
19	0,07290
20	0,07275
21	0,07259
22	0,07244
23	0,07228
24	0,07213
25	0,07197

- K samotnému měření se používá *stalagmometr*. Jedná se o skleněnou kapiláru o definovaném poloměru. Když kapalina pomalu vytéká ze *stalagmetru*, vytvoří se na jejím spodním okraji kapka. Tato skutečnost je důsledkem povrchového napětí působícího v povrchu kapaliny.
- V okamžiku odtržení kapky platí vztah:
$$1. \quad m \cdot g = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot \sigma$$
- Hmotnost celé kapky nelze zjistit, protože neodpadne celá, odpadnou asi jen dvě třetiny kapky. Bylo však experimentálně zjištěno, že pro většinu kapalin jsou hmotnosti odtržených částic kapek v poměru k jejich povrchovým napětím.

$$2. \quad \frac{m_1}{m_2} = \frac{\sigma_1}{\sigma_2}$$

METODY

- Na stanovení povrchového napětí za pomoci *stalagmometru* je možné použít 2 metody, a to metodu vážení kapek a počítání kapek.
- U metody **vážení kapek** je vhodné, ze statistických důvodů, nechat odkapat větší počet kapek (alespoň 100) a vážit teprve jejich celkovou hmotnost m . Na výpočet výsledného povrchového napětí σ_n kapaliny poté použijeme následující vztah:

$$3. \quad \sigma_n = \frac{m_n}{m_s} \cdot \sigma_s$$

kde:

σ_s ... je známé povrchové napětí porovnávací kapaliny

m_s ... hmotnost určitého počtu kapek porovnávací kapaliny

m_n ... hmotnost stejného počtu kapek měřené kapaliny

- U metody **počítání kapek** je důležité znát měrné hmotnosti a dodržet **stejný objem** kapaliny pro všechna měření. Objem mezi horní a dolní ryskou na *stalagmometru* označíme V . Počet kapek, který se z tohoto objemu utvoří, označíme u první kapaliny n_1 , u druhé n_2 .
- Průměrná hmotnost jedné kapky se pak rovná:

$$4. \quad m_1 = \frac{V \cdot \rho_1}{n_1} \quad m_2 = \frac{V \cdot \rho_2}{n_2}$$

kde:

ρ_1 a ρ_2 ... měrné hmotnosti uvedených kapalin

- Jestliže veličiny označené *indexem 1* - patří kapalině **měřené** a *index 2* - bude pro kapalinu **porovnávací**, tj. čistou vodu, můžeme vypočítat povrchové napětí σ_1 z následujícího vztahu (5.), který vznikl spojením vztahů (2.) a (4.).

$$5. \quad \sigma_1 = \frac{\sigma_2 \cdot \rho_1 \cdot n_2}{\rho_2 \cdot n_1}$$

- **Pomůcky:** stalagmometr, váženka s víčkem, stojánek s držákem, násadka na pipetu, kádinka 100ml, kádinka 400ml, tlačka, teploměr, pyknometr 25ml, lžička, čištěná voda, měřené kapaliny

PRACOVNÍ POSTUP:

○ Metoda vážení kapek

Nejdříve si **zvážíme suchou váženku s víčkem**. Připravíme si čistou vodu a měřené kapaliny, které případně dáme temperovat na 20°C. Předem vysušený stalagmometr upevníme svisle do držáku. Celé měření začínáme s čistou vodou. **Nasajeme čistou vodu** až po horní značku stalagmometru a hadičku uzavřeme tlačkou. Nachystáme si váženku pod stalagmometr a začneme samotné měření. Pozvolna uvolníme tlačku a **odpočítáme 100 kapek čisté vody do zvážené váženky**. Váženku uzavřeme víčkem a opět zvažíme. **Počítání a vážení** kapek provedeme pro každou kapalinu **dvakrát**. Při konečném výpočtu použijeme průměrnou hmotnost 100 kapek, stanovenou ze **dvou** měření. Při přechodu na další kapalinu stačí **váženku vysušit** buničitou vatou a **propláchnout stalagmometr** následující měřenou kapalinou. Měření dalších kapalin provádíme stejně jako u vody. Určíme takto hmotnosti 100 kapek dalších kapalin. Výpočet stanoveného povrchového napětí σ_n jednotlivých kapalin provedeme podle již uvedeného vztahu (3.). Do protokolu uvedeme, při jaké teplotě kapalin byla měření prováděna.

○ Metoda počítání kapek

U této metody je důležité dodržet **stejný objem** pro všechna měření. Stalagmometr nasátím naplníme čistou vodou přesně po **horní** značku. Připravíme si váženku a pomalým uvolněním tlačky necháme odkapávat vodu do připravené váženky a počítáme kapky až do **vyprázdnění** stalagmometru, případně po dolní značku (**zase dodržet u všech měření**). Toto měření opakujeme pro každou kapalinu nejméně dvakrát a vypočteme průměrný počet kapek. I v tomto případě při přechodu na další kapalinu váženku **vysušíme buničitou vatou** a **stalagmometr propláchneme** následnou kapalinou a až poté zahájíme samotná měření. Výpočet povrchového napětí provedeme podle již uvedeného vztahu (5.). V momentě kdy máme všechno naměřené, až na konci celého cvičení (měření), za použití **lihobenzínu, éteru a fénu** vyčistíme a vysušíme stalagmometr společně s váženkou v **digestoři**.

Návrh protokolu:

1. Definice povrchového napětí a princip jednotlivých metod
2. Pracovní postup
3. Výsledky měření zapíšeme do tabulek

a, Metoda vážení kapek (tabulka)

Kapalina	Teplota [°C]	Hmotnost 100 kapek [kg]	Povrchové napětí [N.m ⁻¹]

b, Metoda počítání kapek

Kapalina	Teplota [°C]	Počet kapek	Měrná hmotnost [kg.m ⁻³]	Povrchové napětí [N.m ⁻¹]