



## Reálný plyn

Pro popis reálných plynů se používá **van der Waalsova stavová rovnice**

$$\left(p + \frac{an^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$$

Kde  $a$  a  $b$  jsou konstanty van der Waalsovy rovnice a jejich hodnoty pro daný plyn najdeme v tabulkách.

- Korekce na interakce molekul (člen  $\frac{an^2}{V^2}$ )

Tlak reálného plynu způsobený nárazy molekul na stěnu je nižší než u ideálního plynu o hodnotu  $\frac{an^2}{V^2}$ , neboť nárazy molekul plynu jsou tlumeny působením mezimolekulových přitažlivých sil.

- Korekce na vlastní objem (člen  $nb$ )

Od hodnoty celkového objemu  $V$  se odečítá vyloučený objem molekul jako část z celkového objemu, kterou molekuly samy zabírají.

Zjednodušený tvar van der Waalsovy stavové rovnice:

$$pV = n \left[ RT + p \left( b - \frac{a}{RT} \right) \right]$$

V oblasti nepříliš vysokých tlaků je pro plyn možno použít **objemový viriální rozvoj**, ve kterém je **kompresibilní faktor** vyjádřen ve tvaru řady v mocninách  $1/V_m$ , respektive v mocninách  $c$ .

$$z = \frac{pV}{nRT} = 1 + \frac{B(T)}{V_m} + \frac{C(T)}{V_m^2} + \dots$$

$$z = \frac{pV}{nRT} = 1 + B(T)c + C(T)c^2 + \dots$$

Kde  $B, C, \dots$  se nazývají viriální koeficienty;  $B$  je druhý viriální koeficient,  $C$  třetí viriální koeficient.

**Tlakový viriální rozvoj**, ve kterém je kompresibilní faktor vyjádřen ve tvaru řady v mocninách  $p$

$$z = 1 + \frac{p}{RT} [B'(T) + C'(T)p + \dots]$$

Přepočítání pro tlak: 1 atm = 101325 Pa; 1 torr = 133,332 Pa; 1 mm Hg = 1 torr; 1 bar = 10<sup>5</sup> Pa

## Kapaliny

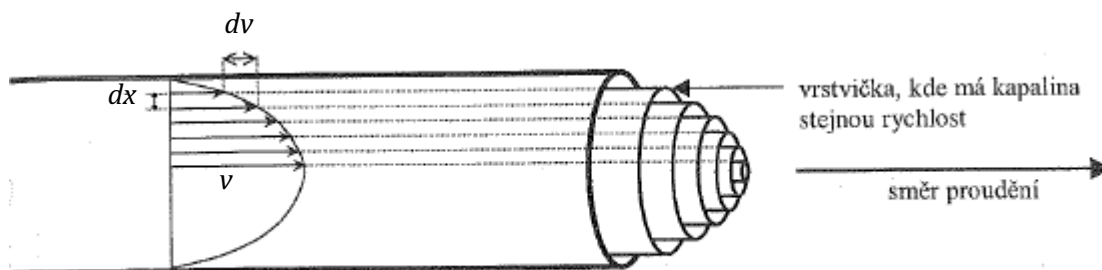
Přitažlivé síly mezi molekulami kapaliny se projevují v odporu, který zpomaluje pohyb kapalin.

Kvantitativně tento jev popisuje veličina zvaná viskozita (projev vnitřního tření, které brzdí pohyb kapaliny při jejím průtoku trubicí)

Velikost brzdné síly, působící na vrstvičku kapaliny vzdálenou od stěny trubice  $dx$  a pohybující se vůči ní rychlostí  $dv$ , lze vyjádřit Newtonovým zákonem viskózního toku:

$$F = \eta \cdot S \cdot \frac{dv}{dx}$$

$S$  je styčná plocha kapaliny se stěnou trubice, konstanta úměrnosti  $\eta$  je tzv. dynamický viskozitní koeficient (dynamická viskozita); jednotka Pa·s



Obr. 13 Rychlostní profil kapaliny proudící kapilárou

Převzato z: P. Klouda; *Fyzikální chemie*; 2002; ISBN: 80-86369-06-4

Viskozita se projevuje též při pohybu tělesa v kapalinách. Pohyb kulové částice o poloměru  $r$  v kapalině o viskozitě  $\eta$  rychlostí  $v$  popsal Stokes rovnici:

$$F = 6\pi\eta rv$$

Měření viskozity – viskozimetry – průtokové (kapilární), kuličkové (využívají Stokesovy rovnice)

- Průtokové: měří se doba průtoku přesně určeného objemu kapaliny kapilárou vhodného průměru. Srovnávají se doby průtoků měřené kapaliny a kapaliny o známé viskozitě (např. voda). Výpočet se řídí vztahem:

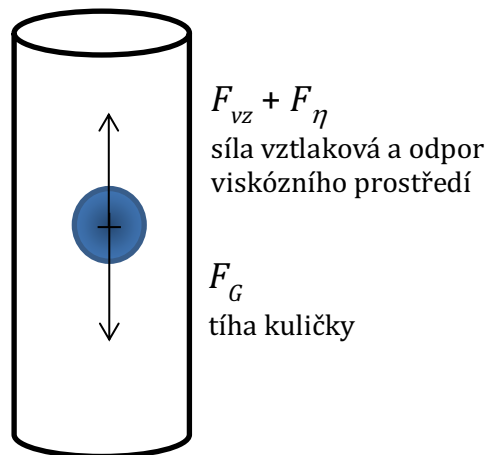
$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{t_1}{t_2} \cdot \frac{\rho_1}{\rho_2}$$

- Kuličkové: viskozita se počítá z doby pádu kuličky  $t$  podle rovnice:

$$\eta = t \cdot (\rho_k - \rho) \cdot K$$

$\rho_k$  - hustota materiálu kuličky,  $\rho$  – hustota kapaliny,  $K$  konstanta viskozimetru (měřeno proti standardu)

Princip měření – vyrovnání síly vztlakové, odporu viskózního prostředí a tíhy kuličky



### Povrchové napětí kapalin ( $\gamma$ )

- fyzikální veličina, která vyjadřuje tendenci kapaliny minimalizovat svůj povrch
- definováno jako tečná síla působící ve směru povrchu na úsečku jednotkové délky

$$\gamma = \frac{F}{l}$$

- $F$  je síla působící na povrch kapaliny
- $l$  je délka okraje povrchové vrstvy, na kterou síla působí
- jednotkou povrchového napětí je  $\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$