

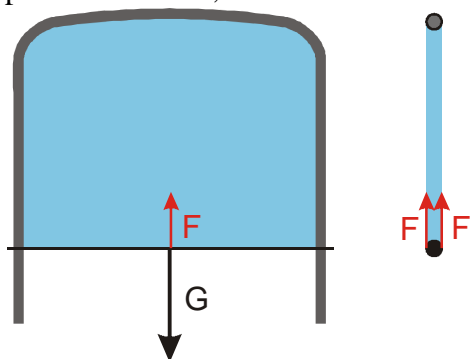
2.5.1 Povrchová síla, povrchové napětí

Základní vlastnosti kapalin:

- Vzdálenost částic je srovnatelná se vzdáleností částic u pevných látek (srovnatelná hustota) \Rightarrow vzájemné přitahování částic hraje velkou roli.
- Kinetická energie kmitavého pohybu je větší než u pevných látek (a tedy srovnatelná s polohovou - $E_k \doteq E_p$) \Rightarrow částice kapaliny kmitají kolem rovnovážných poloh, které se řádově po nanosekundách mění (změny rovnovážných poloh ve směru vnějších sil vnímáme jako tekutost).
- Povrch kapaliny se chová jako tenká pružná blána.
- Molekuly v povrchové vrstvě mají větší potenciální energii než molekuly uvnitř kapaliny (povrchová energie).
- Kapalina má tendenci vytvářet kapky (koule má při daném objemu nejmenší povrch).

Co udrželo minci na hladině?

Pevný rámeček s jednou pohyblivou příčkou namočíme do vody s jarem. Voda vytvoří blanku, která začne táhnout příčku nahoru (voda se snaží zmenšit svůj povrch). Můžeme měřit povrchovou sílu, kterou voda táhne za příčku.



Pozor:

- Síla, kterou naměříme, je dvakrát větší než síla, kterou voda z jednoduchého povrchu táhne za příčku, protože blanka má dva povrchy.
- Síla, která vzniká kvůli nerovnoměrnému působení kapaliny na její krajní molekuly, nesměruje dovnitř kapaliny, ale vodorovně s jejím povrchem.

Pokusem je možné zjistit, že povrchová síla blány na příčku, je přímo úměrná její délce $\Rightarrow F = k \cdot l$. Konstanta úměrnosti k se značí sigma $\sigma \Rightarrow F = \sigma \cdot l$.

Př. 1: Urči jednotky, ve kterých se udává velikost konstanty σ ze vztahu pro velikost povrchové síly. Jaký je význam konstanty σ ?

$$F = \sigma \cdot l$$

$$\sigma = \frac{F}{l} \text{ (konstanta } \sigma \text{ udává, jak moc se kapalina snaží zmenšit svůj povrch } \Rightarrow \text{povrchové}$$

$$\text{napětí)} \quad \text{Jednotka: } \sigma = \frac{F}{l} = \frac{1\text{N}}{1\text{m}} = 1\text{N} \cdot \text{m}^{-1}.$$

Povrchové napětí závisí na:

- teplotě (s rostoucí teplotou klesá),
- druhu kapaliny.

Hodnoty povrchového napětí některých kapalin vůči vzduchu při 20°C:

kapalina	voda	voda 50°C	voda 100°C	ethanol	rtuť	diethylether
$\sigma_{20} [10^{-3} \text{N} \cdot \text{m}^{-1}]$	73	68	59	22	487	16

Materiálovou konstantou, která určuje velikost povrchové síly, je povrchové napětí $\sigma [N \cdot m^{-1}]$. Povrchové napětí je dáno vztahem $\sigma = \frac{F}{l}$.

Př. 2: Pokus se vysvětlit, proč se u hodnot povrchového napětí udává i sousloví „vůči vzduchu“.

Proč jsme v pokusu s rámečkem použili místo čisté vody vodu s jarem?

- Jar snižuje povrchové napětí vody (typicky 3-4 krát) a tím i povrchovou sílu, která je u čisté vody tak silná, že většinou rychle přetrhne blanku, která vznikne na rámečku.
- Molekuly jaru se „rozmístí“ na povrchu vody a zabraňují tak jejímu vypařování (a tím protržení blanky).

Př. 3: Urči sílu, kterou musíme držet příčku na rámečku, pokud se přidáním jaru snížilo povrchové napětí vody na čtvrtinu. Příčka rámečku má délku 7 cm.

$$l = 7 \text{ cm}, \sigma = \frac{\sigma_{\text{voda}}}{4} = \frac{73 \cdot 10^{-3}}{4} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1} = 18 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}, G = ?$$

$$G = 2F \quad (\text{blanka má dva povrchy})$$

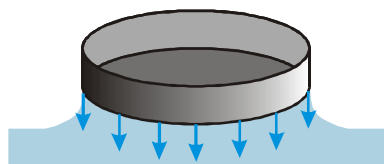
$$G = 2\sigma l = 2 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 7 \cdot 10^{-2} \text{ N} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

Příčku rámečku je nutné držet silou 0,0025 N.

Pedagogická poznámka: Z hlediska vnímání výuky je předchozí příklad zajímavý tím, že i když byli studenti deset, patnáct minut před jeho řešením upozorněni na skutečnost, že blanka má dva povrchy, jen velmi málo z nich tento fakt zohlední při řešení příkladu.

Př. 4: Víčko od spindle balení CD má tvar nízkého válce bez jedné z podstavy. Víčko o hmotnosti 8 g se dotýká vodní hladiny vrchní stranou (strana s plnou podstavou). Jakou silou musíme víčko od vodní hladiny odtrhnout, jestliže má průměr 12,6 cm. Změní se potřebná síla, když se víčko bude vody dotýkat spodní stranou (strana bez podstavy).

$$\sigma = 73 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}, d = 12,6 \text{ cm} = 0,126 \text{ m}, m = 8 \text{ g} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ kg}, F = ?$$

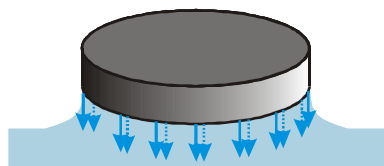


Voda přilne k vrchní straně víčka. Když se snažíme víčko z vody vytáhnout, musíme překonávat kromě gravitace i povrchovou sílu vodního sloupce, který táhneme za víčkem.

$$F = \sigma l = \sigma \pi d = 73 \cdot 10^{-3} \cdot \pi \cdot 0,126 \text{ N} = 2,9 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

$$F_g = mg = 8 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \text{ N} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

$$F_c = F + F_g = 2,9 \cdot 10^{-2} + 8 \cdot 10^{-2} \text{ N} = 10,9 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$



Jak je vidět z kolmého řezu, v tomto případě (podobně jako v případě rámečku) je voda přichycena k víčku pomocí dvou vrstviček \Rightarrow voda je přitahována dvěma povrchy a tedy i dvojnásobnou silou.



$$F = 2\sigma l = \sigma \pi d = 2 \cdot 73 \cdot 10^{-3} \cdot \pi \cdot 0,126 \text{ N} = 5,8 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

$$F_g = mg = 8 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \text{ N} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$

$$F_c = F + F_g = 5,8 \cdot 10^{-2} + 8 \cdot 10^{-2} \text{ N} = 13,8 \cdot 10^{-2} \text{ N}$$