

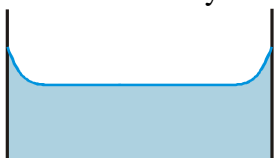
2.5.3 Kapilární jevy

Předpoklady: 2502

Postřeh: Hladina vody ve skleněné nádobě není u krajů vodorovná. Voda „šplhá“ po stěnách nahoru.

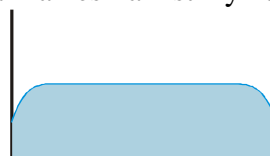
Dva základní druhy chování kapaliny v nádobě:

Kapalina smáčí stěny nádoby.



Například voda ve skle, líh ve skle, rtuť v mědi.

Kapalina nesmáčí stěny nádoby.

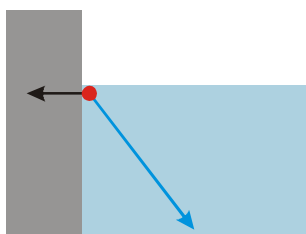


Například voda ve vosku, rtuť ve skle.

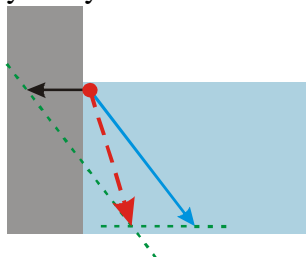
Je zřejmé, že o chování kapaliny u stěny nádoby rozhoduje:

- vzájemné přitahování částic kapaliny,
- přitahování částic kapaliny částicemi pevné látky.

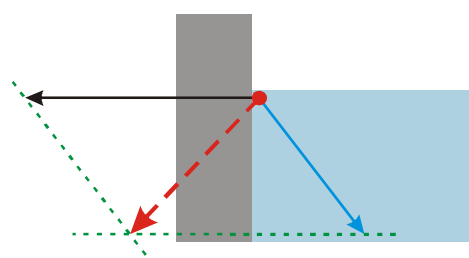
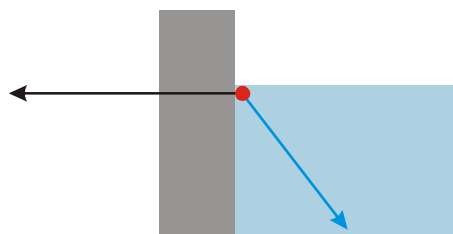
Př. 1: Na následujících obrázcích jsou nakresleny síly působící na jednu z krajních částic kapaliny. Modrá síla znázorňuje celkové působení ostatních částic kapaliny, černá síla znázorňuje celkové působení částic pevné látky. U každého obrázku najdi výslednou sílu a rozhodni, zda v tomto případě bude kapalina smáčet (nesmáčet) stěnu nádoby.



Sečteme síly na výslednici:



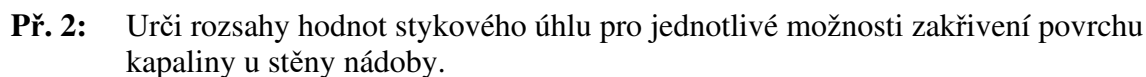
Částice kapaliny je vtahována dovnitř kapaliny, od stěny nádoby $\Rightarrow$ kapalina nesmáčí stěnu.



Částice kapaliny je vtahována ven z kapaliny, ke stěně nádoby $\Rightarrow$ kapalina smáčí stěnu.

V obou případech se hladina kapaliny zakříví tak, aby její povrch byl kolmý k výsledné síle a nenastal tak pohyb v povrchové vrstvě.

Kvantitativně je smáčivost povrchu kapalinou určena stykovým úhlem θ .



- $\theta = 0$ - kapalina dokonale smáčí stěnu nádoby.
- $\frac{\pi}{2} > \theta > 0$ - kapalina smáčí stěnu nádoby.
- $\theta = \frac{\pi}{2}$ - povrch kapaliny je nezakřivený.
- $\pi > \theta > \frac{\pi}{2}$ - kapalina nesmáčí stěnu nádoby.
- $\theta = \pi$ - kapalina dokonale nesmáčí stěnu nádoby.

Zakřivený povrch kapaliny způsobuje také změny tlaku v kapalině (kapilární tlak z minulé hodiny):

Předchozí efekt se nejvíce projevív, pokud do vody ponoříme tenkou dutou trubicí (kapiláru). Kapalina uvnitř trubice vytvoří povrch se stejným typem zakřivení jako u stěny nádoby $\Rightarrow$ mění výše naznačeným způsobem tlak v kapalině (jehož vyrovnávání je příčinou vodorovné hladiny kapalin) $\Rightarrow$ mění výšku kapaliny v kapiláře.

Př. 3: Odhadni, jak se změní výška hladiny v kapiláře, pokud kapalina materiál kapiláry:
a) smáčí b) nesmáčí.

A diagram of a U-tube manometer. It consists of a horizontal tube with three vertical sections. The central section is narrower than the two outer sections. The tube is partially filled with a blue liquid. In the central section, the liquid surface is concave, dipping down in the middle. In the two outer sections, the liquid surface is flat. The liquid level in the outer sections is higher than the lowest point of the concave meniscus in the center.

Kapalina vytvoří v kapiláře vypuklý povrch, který zvyšuje tlak v kapalině $\Rightarrow$ kapalina musí vystoupat níže, aby byl tlak stejný jako

vystoupat výše, aby byl tlak stejný jako ve zbytku kapaliny $\Rightarrow$ **kapilární deprese**.
zbytku kapaliny $\Rightarrow$ **kapilární elevace**.

Pokud budeme předpokládat, že kapalina dokonale smáčí (nesmáčí) stěny kapiláry, můžeme změnu hladiny spočítat.

Změna hydrostatického tlaku musí vyrovnat kapilární tlak způsobený zakřivením povrchu kapaliny: $p = p_k$

$$h\rho g = \frac{2\sigma}{R} \text{ (pouze jeden povrch)}$$

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g R}$$

Dodatek: Vzorec $h = \frac{2\sigma}{\rho g R}$ platí pouze pro kapaliny, které dokonale smáčí stěnu nádoby.

V ostatních případech platí vztah $h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g R}$ (pro vodu $\theta = 8^\circ$ tak získáváme

dobrou shodu se vzorcem $h = \frac{2\sigma}{\rho g R}$, protože $\cos 8^\circ = 0,99$).

Př. 4: Urči vnitřní průměr kapiláry z pokusu, pokud voda vystoupala přibližně do výšky 1 cm?

$$\sigma = 0,073 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}, h = 1 \text{ cm} = 0,01 \text{ m}, \rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}, g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}, R = ?$$

$$h = \frac{2\sigma}{R\rho g}$$

$$R = \frac{2\sigma}{h\rho g}$$

$$R = \frac{2\sigma}{h\rho g} = \frac{2 \cdot 73 \cdot 10^{-3}}{0,01 \cdot 1000 \cdot 10} \text{ m} = 0,0015 \text{ m} = 1,5 \text{ mm} \Rightarrow d = 3 \text{ mm}$$

Kapilára má vnitřní průměr 3 mm.

Př. 5: Do vařící vody strčíme kapiláru. Jak se bude během chladnutí vody měnit výška vody v kapiláře?

S rostoucí teplotou povrchové napětí vody klesá $\Rightarrow$ při chladnutí vody bude její povrchové napětí růst a podle vzorce $h = \frac{2\sigma}{\rho g R}$ bude růst i výška vody v kapiláře.

Značný význam kapilárních jevů:

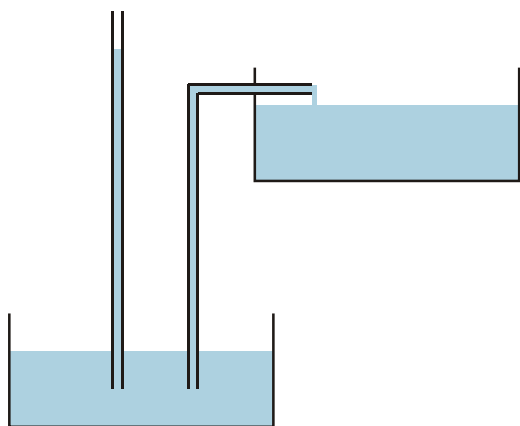
- vztlínání vody z hloubek tenkými kapilárami k povrchu,
- transport vody v cévách rostlin,
- nasávání kapalin do knotů.

Př. 6: Po zasetí osiva se pole často válcují. Zkus vysvětlit.

Semena potřebují na vzklíčení dostatek vláhy. Válcováním se v půdě vytváří tenké kapiláry, kterými může z hloubek vzlínat voda k povrchu.

K opačnému účelu pak slouží okopávání a orba, kdy se kapiláry naopak narušují, aby voda nevzlínala vzhůru a zbytečně se nevypařovala z půdy. Navíc během okopávání odstraníme vzrostlý plevel, nový pak klíčí jenom obtížně, protože vrchní vrstva půdy obsahuje málo vody (kvůli přerušení kapilár).

Př. 7: Jedním z návrhů na perpetuum mobile je zařízení, které využívá kapilární elevace. Voda vzlíná kapilárou, která je ukončena ještě před maximální možnou výškou. Voda vytékající z této kapiláry pak pohání svou potenciální energii například vodní turbínu.



Perpetuum nemůže fungovat uvedeným způsobem. Kapalina stoupá v kapiláře pouze díky přilnavosti ke stěně kapiláry $\Rightarrow$ vystoupá ke konci, ale na konci kapiláry nebude vytékat ven, protože ji bude v kapiláře držet přilnavost ke stěně.

Shrnutí: