

## Kapilární deprese ve výuce fyziky

LEONTÝNA BŘÍZOVÁ

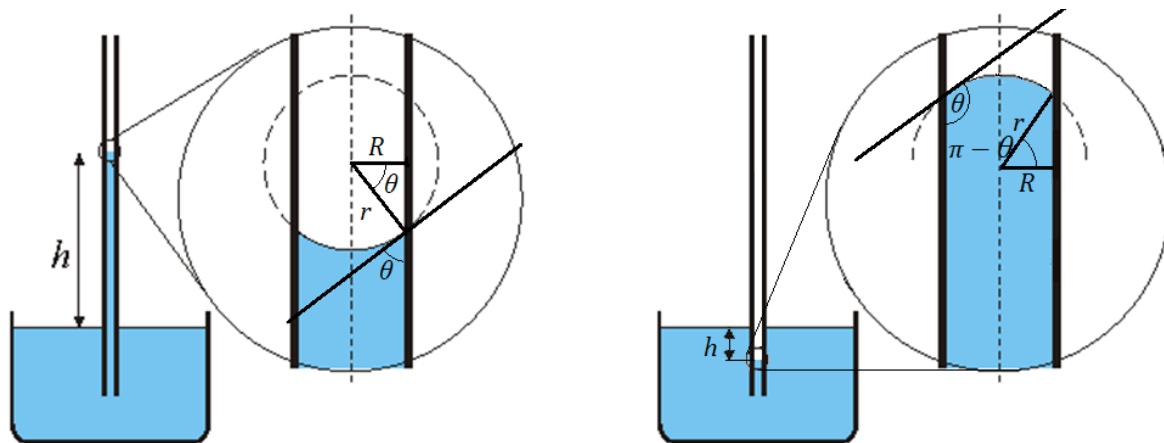
Přírodovědecká fakulta Univerzity Hradec Králové

Pokusy v oblasti kapilárních jevů jsou pro žáky základních i středních škol velmi poutavé. Zatímco na kapilární elevaci je známo množství rozličných experimentů, na kapilární depresi je velmi obtížné v literatuře nějaký experiment najít (např. pokusy se rtutí jsou ve školách zakázány a není tedy možné je provádět). V příspěvku bude představen jednoduchý způsob provedení experimentu s využitím impregnace na textil.

### Kapilarita

Pokud úzkou trubičku a malém vnitřním průměru, tzv. kapiláru vnoříme do kapaliny v širší nádobě, mohou nastat dva jevy v závislosti na druhu kapaliny a materiálu kapiláry.

Prvním jevem je **kapilární elevace**, u které můžeme pozorovat, že kapalina oproti okolní hladině v kapiláře vystoupí výše a vytvoří dutý vrchlík (viz obr. 1). Je to důsledek existence kapilárního tlaku, kdy těsně pod dutým povrchem je vnitřní tlak menší než pod rovným povrchem v okolí kapiláry. Nastává v případě, že se jedná o kapalinu, která látku, ze které je kapilára smáčí. Druhý jev, který může nastat se nazývá **kapilární deprese**, kdy pozorujeme, že kapalina v kapiláře je níže než okolní hladina a tvoří vypuklý vrchlík (viz obr. 1). Jev nastává v případě, že kapalina stěny nádoby nesmáčí.



Obrázek 1 - Kapilární elevace a kapilární deprese.

### Kapilární elevace

Jak již bylo řečeno v úvodu na jev kapilární elevace existuje množství experimentů. Jako příklad je možno uvést vznik hyperbolické křivky při ponoření dvojice skleněných destiček do petriho misky s vodou. Když k sobě destičky přiblížíme tak, že v půdorysu vytvoří písmeno „v“, budeme pozorovat, že voda po destičce „šplhá“ a tvoří křivku.

Protože ke kapilární elevaci dochází při styku např. vody a skla, lihu a skla, či rtuti a mědi, můžeme tento jev pozorovat i tehdy, když úzkou kapiláru např. ze skla ponoříme např. do vody. Následného vztlínání kapaliny využívají rostliny, které jsou tak schopny dostat vodu z půdy až do stonku a listů.

### Kapilární deprese

Objevit v literatuře nebo na internetu experimenty na kapilární depresi je složitější. Uvádí se, že jev by měl být pozorován při styku rtuti a skla. Rtuť ovšem není možné ve výuce používat, protože jsou její výpary jedovaté a mohli by tak negativně ovlivnit zdraví žáků. Je samozřejmě možné experiment se rtutí provádět frontálně a záznam promítat na plátno, nebo si nádobku se rtutí utěsnit tak, aby výpary neunikaly. Tento experiment se rtutí je popsán např. v [1], kde jako kapiláru používají úzkou pipetu.

Další možností, jak experiment provést, je pozměnit nějakým způsobem vlastnosti skla tak, aby ho voda nesmáčela. To je možné například použitím hydrofobního spreje, který se běžně používá pro impregnaci bot, či oblečení, či použitím hydrofobního nástřiku, viz [2]. V popisovaném případě byl použit superhydrofobní voduodpuzdující sprej NonWater [3], který je možné použít jako impregnaci na obuv, či textil. Impregnace byla nanášena na průhledné plastové brčko. Je lepší brčko impregnovat z obou stran, aby byla kapilární deprese více patrná. Po vnoření brčka do nádoby s vodou můžeme pozorovat kapilární depresi, viz obr. 2.



Obrázek 2 - Kapilární deprese vody na naimpregnovaném povrchu.

Z obrázku můžeme odečíst hodnotu stykového úhlu, která je pro daný případ rovna  $121,25^\circ$ , vzdálenost hladiny v brčku a v nádobce, která je 4,6 mm a průměr brčka, ten je 3,85 mm. Z naměřených hodnot můžeme vypočítat povrchové napětí vody při styku s plastovým brčkem, které je pokryté impregnací.

Uvažujeme, že hladina v brčku se ustálí v takové výšce, kdy je hydrostatický tlak v rovnováze s tlakem kapilárním. Pro reálnou kapalinu tedy platí:

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

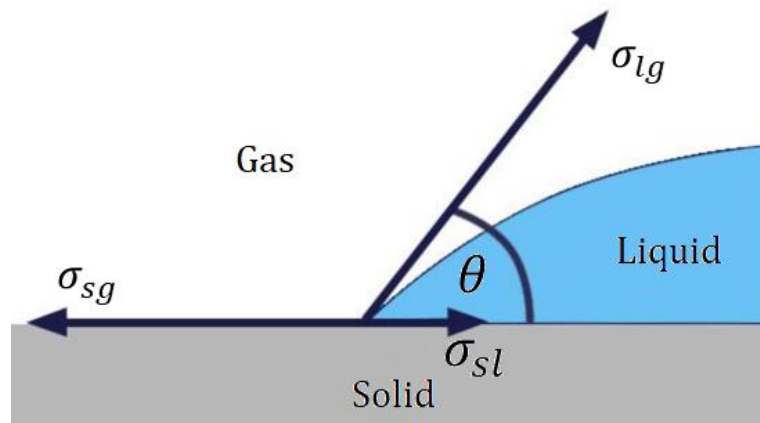
kde  $\sigma$  je povrchové napětí kapaliny při dané teplotě,  $R$  je poloměr brčka,  $\theta$  je stykový úhel,  $\rho$  je hustota kapaliny a  $g$  je tíhové zrychlení.

Po vyjádření  $\sigma$  získáme:

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

Po číselném dosazení vychází pro povrchové napětí vody přibližná hodnota  $83 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$ .

Problematika povrchových napětí je však daleko obsáhlejší. Je nutné uvažovat nejen povrchové napětí samotné kapaliny na vzduchu, ale i povrchová napětí na rozhraní pevné látky a vzduchu a pevné látky a kapaliny, viz obr. 3. O tom, zda kapalina smáčí, či nesmáčí daný povrch rozhoduje poloha vektoru povrchového napětí mezi kapalinou a vzduchem. V případě, že kapalina daný povrch smáčí, můžeme sestavit rovnici  $\sigma_{sg} = \sigma_{sl} + \sigma_{lg} \cos \theta$ , viz obr. 3. Jestliže kapalina povrch nesmáčí, můžeme napsat, že  $\sigma_{sl} = \sigma_{sg} + \sigma_{lg} \cos \theta$ . Povrchové napětí  $\sigma_{lg}$  je pro vodu v obou případech stejné, hodnota je stále tabulkových  $73 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$ . O velikosti  $\sigma_{sg}$ ,  $\sigma_{sl}$  však nelze rozhodnout jednoznačně, proto se ukazuje jako zdaleka nejlepším ukazatelem smáčení či nesmáčení velikost stykového úhlu.



Obrázek 3 - Povrchové napětí kapaliny, která pevnou látku smáčí.

## Literatura

- [1] Kapilární deprese se rtuťí  
<http://fyzikalnipokusy.cz/2154/kapilarni-elevace-a-deprese>
- [2] Koudelková V.: *Když máte dost peněz....* In: Sborník konference Veletrh nápadů učitelů fyziky 22. Ed.: Holubová E. Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého, Olomouc 2017. s. 189-193.
- [3] Superhydrofobní sprej NonWater  
<https://nonwater-cz.com/>