

Laboratorní práce: Povrchová vrstva kapaliny, povrchové napětí, kapilární jevy

Úkoly

1. Změřte výšku vodního sloupce v úzké skleněné trubičce – kapiláře.
2. Stanovte absolutní a relativní chybu měření.
3. Vyhledejte ve studijních materiálech teoretického úvodu vzorec, podle kterého je možné z výšky hladiny v kapiláře vypočítat povrchové napětí vody.
4. Podle nalezeného vztahu vypočítejte povrchové napětí a určete nejprve relativní a poté absolutní chybu měření.
5. Vyrobte si ze špejlí a špendlíků pomůcku k měření povrchového napětí odtrhovací metodou.
6. Změřte povrchové napětí odtrhovací metodou. Stanovte chyby měření.
7. Vyhledejte v MFCHT povrchové napětí vody ve styku se vzduchem
8. Porovnejte, zda se hodnoty, které jste naměřili oběma metodami, shodují v rámci chyby měření s tabulkovou hodnotou. V případě, že se hodnoty neshodují, posuďte, kde mohla během měření nastat chyba. Posuďte, která metoda je pro měření povrchového napětí vhodnější.

Pracovní postup

Měření kapilární metodou

Pomůcky:

Skleněná trubička o malém vnitřním průměru, širší nádoba s vodou, milimetrové měřítko

Postup měření:

Zapište si průměr kapiláry včetně chyby měření. Ponořte kapiláru do nádoby s vodou tak, že se dotkne dna. Tím se namočí vnitřek kapiláry. Pak kapiláru pomalu zdvihněte, tak aby zůstal ponořený přibližně 1 cm trubičky. Sledujte proti světlu hladinu vody v trubičce. Hladina bude postupně klesat. Ustálí se však v určité výšce nad hladinou vody v okolní nádobě. Změřte milimetrovým měřítkem vzdálenost hladiny vody v kapiláře od hladiny vody v okolní nádobě. Za chybu měření výšky vodního sloupce považujte polovinu nejmenšího dílku na milimetrovém měřítku. Vyhledejte vzorec pomocí, kterého je možné z výšky hladiny vody v kapiláře vypočítat povrchové napětí vody ve styku se vzduchem. Ze vzorce vyjádřete povrchové napětí. Dosadte naměřené hodnoty a povrchové napětí vypočítejte. Relativní a absolutní chybu měření stanovte jako chybu nepřímých měření.

Měření odtrhovací metodou

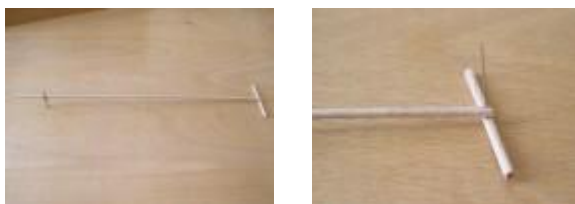
Pomůcky:

Špejle, špendlíky, milimetrové měřítko, kancelářské svorky

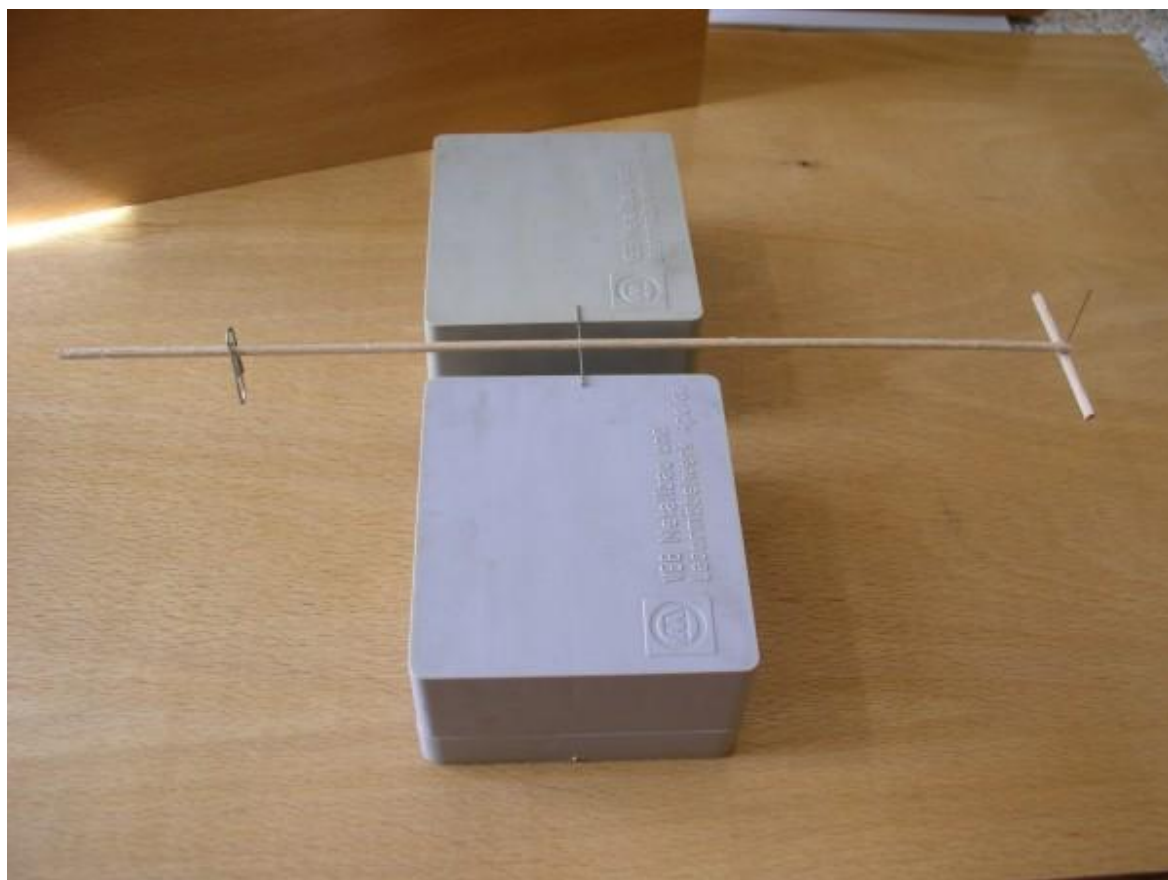
Postup měření

Jednou z metod, jak přímo zjistit povrchové napětí například vody, je měřit sílu potřebnou k odtržení předmětu od povrchové vrstvy.

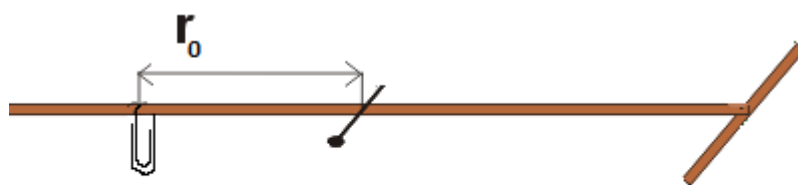
Z několika špejlí, špendlíků a kancelářských svorek si vyrobte jednoduché zařízení pro měření povrchové síly. Jednu celou špejli propíchněte uprostřed kolmo špendlíkem. Z jiné špejle odřízněte 5 cm dlouhý kousek a také ho přesně uprostřed kolmo propíchněte druhým špendlíkem. Krátký kus špejle pak připíchněte k jednomu konci dlouhé špejle tak, aby špejle byly k sobě kolmé a krátký kus byl rovnoběžný se špendlíkem zapíchnutým v dlouhé špejli (viz foto).



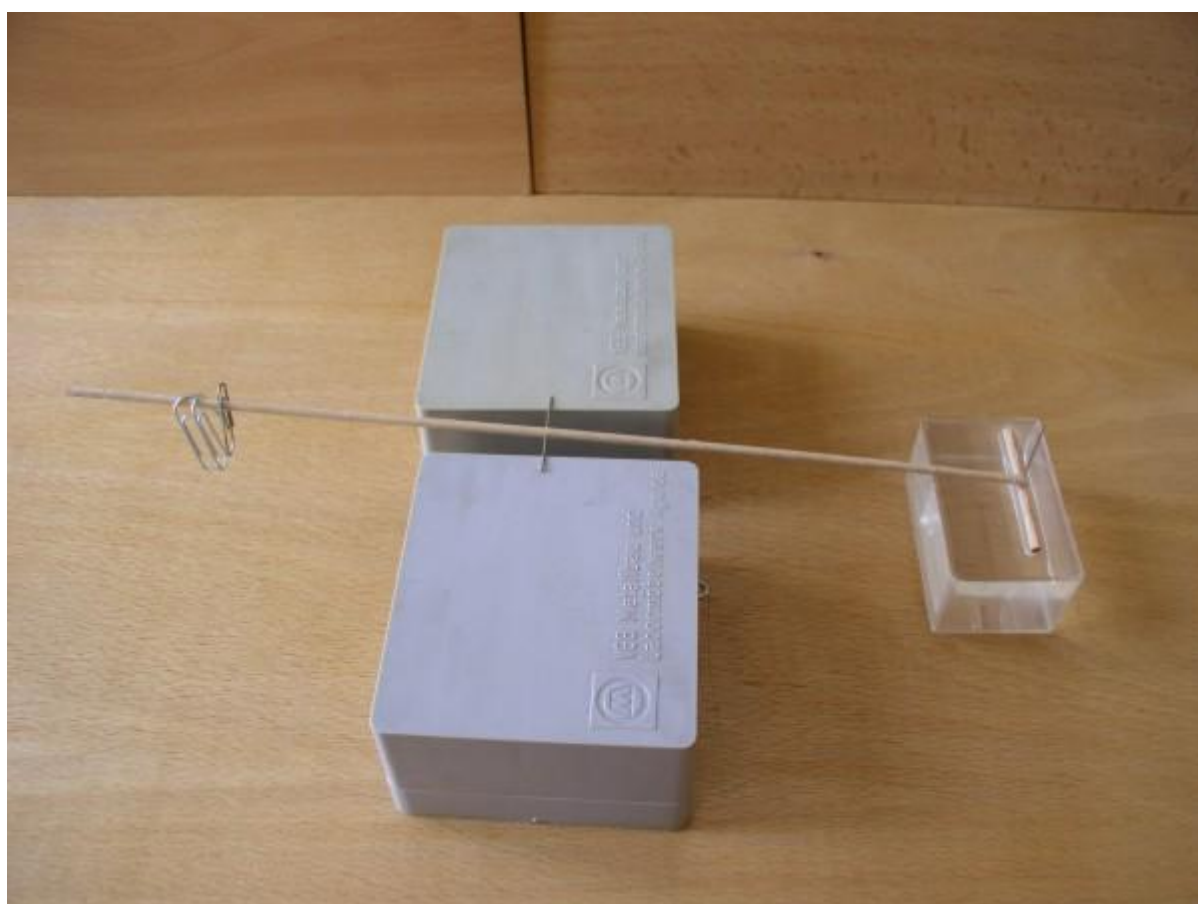
Vyrobili jste tak jednoduché vážky, které položíte špendlíkem tvořícím osu dlouhé špejle na dva nízké hrnky, krabičky, knihy apod. Špejle se bude překlápět na stranu s připíchnutým kouskem, proto ji na druhé straně vyvažte v potřebné vzdálenosti kancelářskou sponkou.



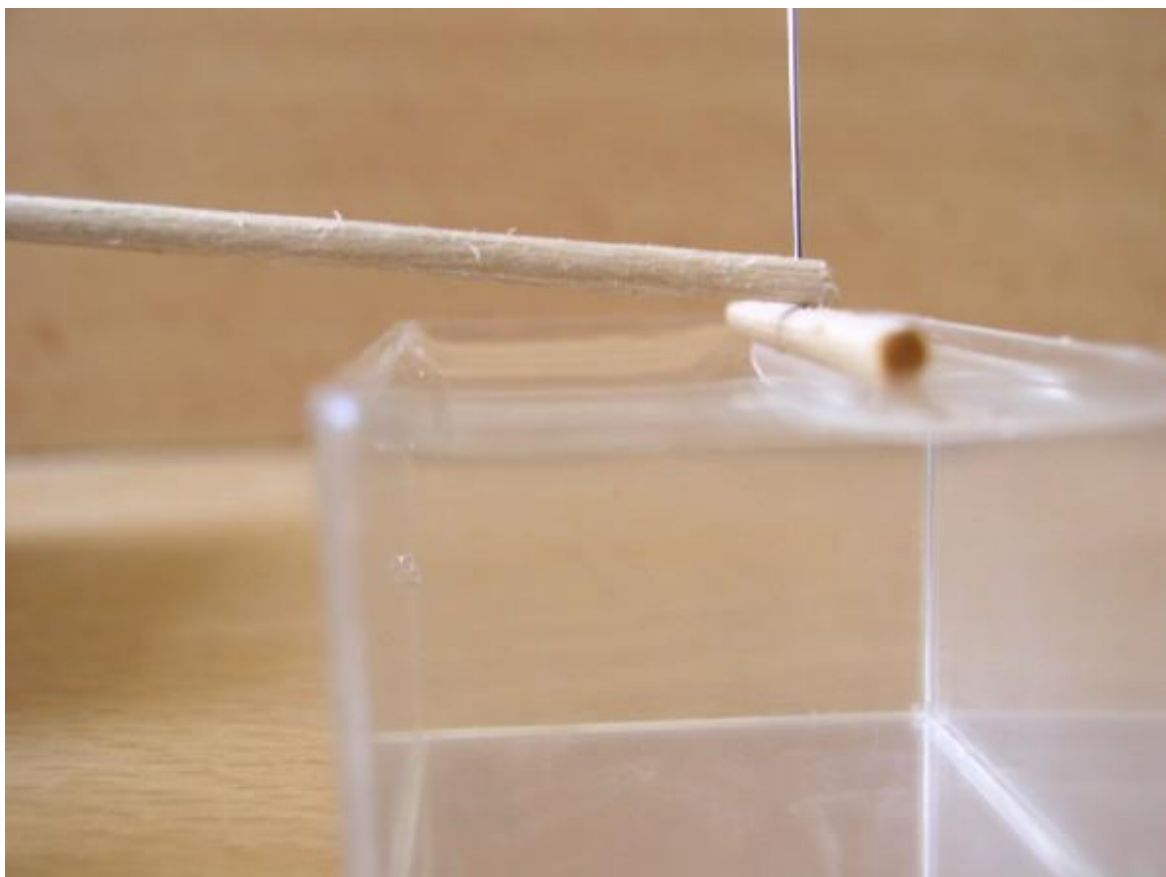
Změřte vzdálenost r_0 kancelářské sponky, kterou jsme zařízení vyvážíli, od špendlíku tvořícího osu otáčení.



Pod konec s připíchnutým kouskem špejle postavte misku s vodou. Dotknete-li se nyní krátkým kouskem špejle povrchu vody, zůstane k ní přichycen povrchovou silou a k jeho odtržení musíme na druhý konec špejle zavěsit do určité vzdálenosti několik (2 - 4) kancelářských sponek.



Sponky opatrně posunujte směrem k okraji špejle, abyste našli sílu, při které dojde k odtržení špejle od povrchu vody. Vzdálenost sponek od středu pak ještě překontrolujte opětovným smočením kousku špejle ve vodě a opakováním celého postupu. Proved'te celkem 5 měření. Pokaždé si zapište vzdálenost r_1 sponek od špendlíku. Z pěti naměřených vzdáleností vypočítejte aritmetický průměr. Určete odchylky naměřených hodnot od průměru a určete absolutní i relativní chybu měření délky r_1 . Průměrnou hodnotu r_1 použijte v dalších výpočtech.

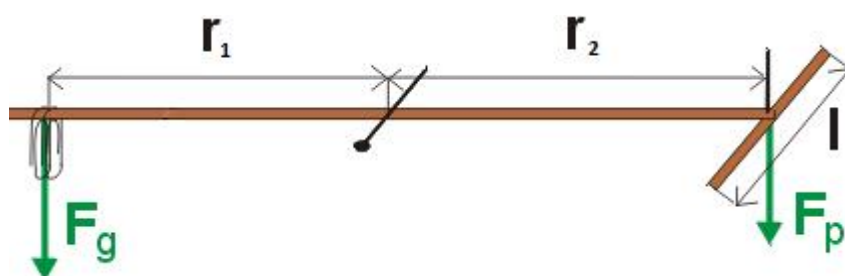


Jestliže má krátký kousek špejle délku l , délka okraje povrchové vrstvy, která je vytahována nahoru, má délku $2l$ (podél obou stran špejle) a velikost povrchové síly můžeme vyjádřit jako:

$$F_p = \sigma \cdot 2l$$

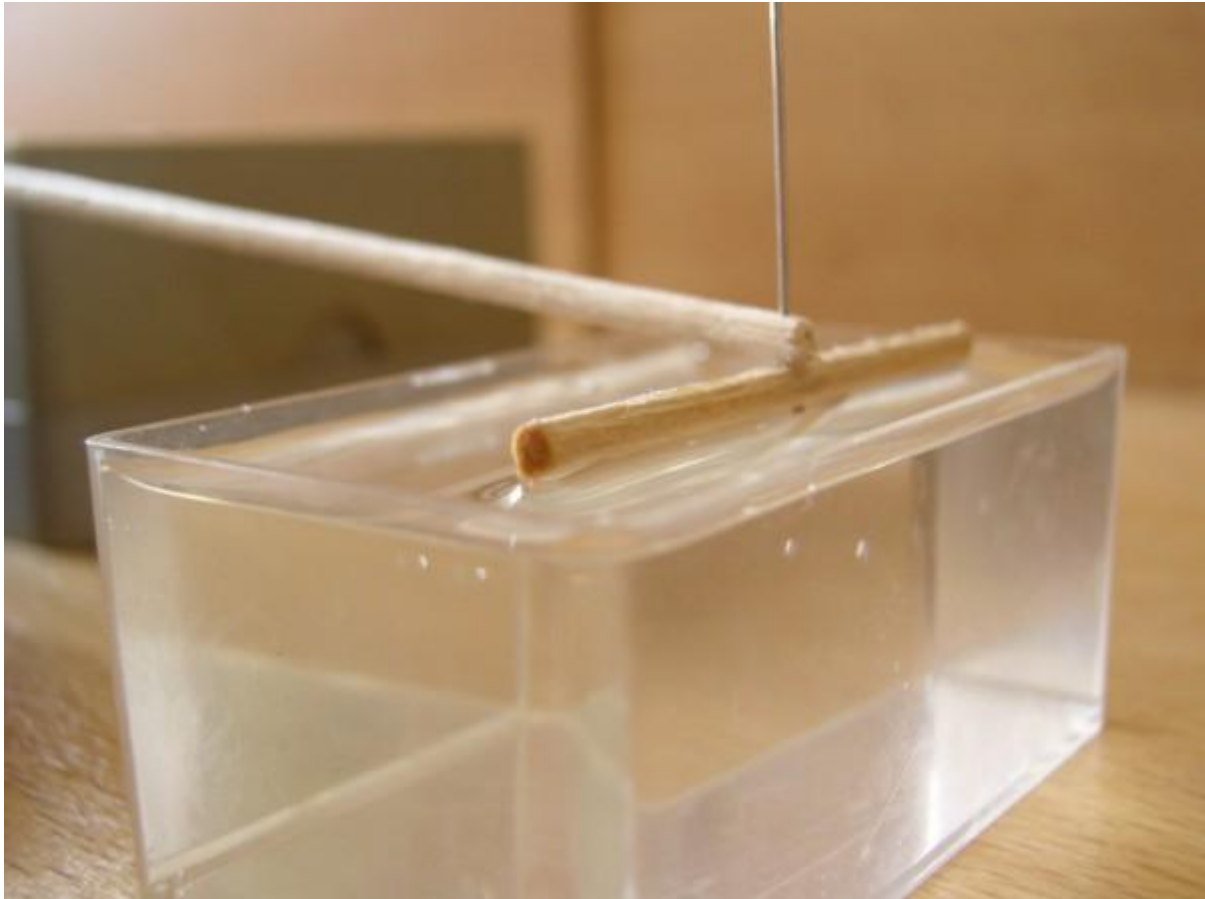
kde σ je povrchové napětí. Tato síla je v okamžiku odtržení vyrovnávána tíhou posouvaných sponek na druhém konci vážek. Odvoďte v této situaci vztah pro rovnováhu momentů sil na páce.

Vzdálenost krátkého kousku špejle od osy otáčení je r_2 . Vzdálenost sponek od osy otáčení je r_1 . Jejich hmotnost je m a g je velikost tíhového zrychlení. Hmotnost sponek určete zvážením například padesáti kusů stejných sponek. Uvědomte si, že od momentu síly F_g musíte při sestavování rovnice rovnováhy vždy odečíst moment $M_0 = r_0 \cdot m \cdot g$. To je moment síly, kterou na páku působí jedna sponka vyvažující vážky ve vzduchu na počátku pokusu.



Ze sestavené rovnice rovnováhy na páce vyjádřete a vypočítejte velikost povrchového napětí vody:

Poznámky



Je potřeba dbát na to, aby krátký konec špejle dosedal k hladině celou svojí délkou najednou. V opačném případě by se jeden konec špejle odtrhával dříve a výsledek by byl zkreslený. Rovnoběžnosti odtrhávané špejle s hladinou dosáhneme mírným podložením špendlíku tvořícího osu vážek na jedné nebo druhé straně.

Při vyvažování vážek je vhodné nejdříve smočit krátký kousek špejle ve vodě, abychom eliminovali vliv hmotnosti vody nasáklé do špejle.

Poznámka: Odtrhovací metoda a popis jejího provedení byl převzat z internetových stránek „FyzWeb: „Fyzikální stránky pro každého“ provozovaných Matematicko fyzikální fakultou Univerzity Karlovy.

<http://fyzweb.cuni.cz/dilna/krouzky/povrch/podr2.htm>