

$$\sigma = \sigma_0 + ke^{\frac{c_r}{a}}$$

, kde jednotlivé konstanty mají po exponenciální regresi hodnoty:

$$\sigma_0 = (0.0295 \pm 0.0009) \text{ N/m}$$

$$k = (0.037 \pm 0.001) \text{ N/m}$$

$$a = (-24 \pm 2)$$

Diskuse

Zdroje chyb

- Největším zdrojem chyb v použité metodě měření je stanovování okamžiku odtržení drátáku od hladiny kapaliny, zde může být chyba (díky například prostorové konfiguraci) řádově v jednotkách miligramů.
- Problémem je stanovení objemové koncentrace. Měření objemů obou kapalin podléhá značné chybě. Obecně také neplatí, že objem směsi je roven součtu objemů jednotlivých složek (nicméně tento jev neuvažujeme).
- Použitý líh byl lihem lékárnickým, tudíž ani čistý líh nemá stoprocentní koncentraci.
- Metoda je též citlivá na změny teploty a vnější otřesy (které mohou způsobit například předčasné odtržení drátáku od hladiny).
- Teplota obou kapalin na začátku měření byla nižší, než na konci měření díky tomu, že přes noc klesá v laboratoři teplota a kapaliny mají jistou relaxační dobu při ohřívání.

Hraniční hodnota pro destilovanou vodu (objemová koncentrace 0%) v rámci chyby odpovídá tabulkovým hodnotám ([L4] udává hodnotu 73 mN/m bez uvedení chyby), zatímco druhá hraniční hodnota je mírně vyšší (i v rámci chyby, [L4] udává hodnotu 22 mN/m bez uvedení chyby), ale to je způsobeno jednak nečistotou lihu, jednak přibližným výpočtem (výpočet podle Lenardova vzorce by jistě hodnotu naměřenou hodnotě tabulkové přiblížil).

Závěr

Povrchové napětí kapalin lze měřit metodou odtrhávací. Měření potvrdilo předpoklad, že povrchově aktivní látky (jako například líh) snižují hodnotu povrchového napětí a tato závislost je exponenciální.

Použitá literatura

- [L1] Slavínková D., Stulíková I., Vostrý P. - Fyzikální praktikum I.
- [L2] Brož J. a kol. - Základy fyzikálních měření I.
- [L3] Havránek A. - Mechanika I.
- [L4] Mikulčák J. a kol. - Matematické, fyzikální a chemické tabulky pro SŠ

Přesnější vztah s korekcí na tloušťku drátku vystihuje *Lenardův vzorec*:

$$\sigma = \frac{F_1 - F_0}{2l} - r \left(\sqrt{\frac{(F_1 - F_0)\rho}{l}} - \frac{F_1 - F_0}{l^2} \right)$$

, kde r je poloměr drátku a ρ je hustota kapaliny.

Detaily ohledně postupu měření povrchového napětí a vážení na torzních vahách najdeme v [L1] a [L2].

Výsledky měření

K měření povrchového napětí jsem použil jeden drátek v rámečku, jehož vnitřní délku l jsem měřil posuvným měřítkem s noniem. Chybu jsem stanovil odhadem na hladině 3σ , nicméně chyba měření je ve skutečnosti větší již díky geometrii rámečku (průhyby, sváry). Avšak i kdybych chybu používanou ve výpočtech stanovil na hodnotu 1 mm (což je horní odhad maximální chyby), je chyba měření délky vzhledem k řádu zanedbatelná vůči chybě měření síly potřebné k odtržení rámečku. Stejně tak neuvažuji při výpočtu síly z hodnoty hmotnosti získané torzními vahami chybu tíhového zrychlení.

K výpočtu používám vztah [R1] a pro výpočet chyby vztah [R2]. Lenardův vzorec vzhledem k použité metodě a nepřesnostem nepoužívám.

Podrobnosti o metodě měření můžeme najít v [L1].

Měření síly odtrhací metodou jsem provedl pro 14 různých objemových koncentrací, stanovovaných jako poměr objemu alkoholu vůči objemu celého roztoku. K odměřování objemů obou kapalin jsem použil odměrný válec a byretu.

Na počátku měření odtrhací síly torzními vahami jsem provedl kalibraci torzních vah za pomoci závažíček známé hmotnosti (stanovené na čtyři desetitisícinu gramu na přesných vahách) a provedl měření pro čistou vodu (ověření a vyloučení systematických chyb). Na konci jsem měření pro čistou vodu opakoval (toto jsem však již nezahrnul do zpracování), abych se přesvědčil, že se nezměnily podmínky experimentu. Kontrolní měření na konci experimentu stanovilo povrchové napětí destilované vody na přibližně stejnou hodnotu, jako měření první.

Výsledky a mezivýsledky měření shrnuje tabulka [T1].

Získal jsem tímto sadu objemových koncentrací a k nim příslušných povrchových napětí. Závislost vystihuje graf [G1]. Předpokládám, že závislost je exponenciální. Provedl jsem tedy fitaci exponenciální křivky v programu Origin. Výsledek shrnuje graf [G1].

Závislost povrchového napětí směsi lihu a vody na objemové koncentraci lihu má tvar:

Pracovní úkol

1. Určete závislost povrchového napětí σ na objemové koncentraci c roztoku etylalkoholu ve vodě odtrhávací metodou.
2. Sestrojte graf této závislosti

Teoretický úvod

Povrchové napětí σ je definováno jako síla působící kolmo na jednotkovou délku každého myšleného řezu povrchem látky. Je charakteristickým znakem především kapalin. Jeho hodnota závisí na tom, s jakým plynem je povrch kapaliny ve styku, závisí na teplotě a čistotě kapaliny. Látky, které snižují povrchové napětí, se nazývají *povrchově aktivní*.

Přímou metodou měření povrchového napětí je metoda odtrhávací. Ta je založena na měření síly, potřebné k vytažení tenkého drátku délky l z kapaliny. Dostatečně tenký drátek je při vytahování držen povrchovou blankou silou:

$$2F = 2\sigma l$$

K měření se používají torzní váhy, ty umožňují plynulé zatěžování drátku a jsou dostatečně citlivé k určení síly F_0 v okamžiku odtržení drátku od povrchu. Síla F_0 je rovna dvojnásobku síly F v definičním vztahu. Povrchové napětí poté můžeme vypočítat podle vztahu:

$$\sigma = \frac{F_0}{2l}$$

Při měření v praxi měříme dvě síly - sílu F_0 , která je zapotřebí k vyvážení rámečku držícího drátek tak, aby se nacházel těsně pod hladinou kapaliny, a sílu F_1 , která charakterizuje okamžik, kdy došlo k odtržení drátku od kapaliny. Sílu potřebnou k překonání povrchového napětí pak určíme jejich rozdílem. Vztah po výpočet povrchového napětí tedy můžeme upravit na tvar:

$$\sigma = \frac{F_1 - F_0}{2l} \quad [\text{R1}]$$

Chybu měření povrchového napětí lze stanovit podle principu přenosu chyb ([L2]), jehož důsledkem je vztah:

$$\sigma_\sigma = \sqrt{\sigma_l^2 + (2\sigma_F)^2} \quad [\text{R2}]$$

, kde σ_σ je absolutní chyba povrchového napětí σ , σ_l absolutní chyba délky l a σ_F absolutní chyba měření síly F .

Oddělení fyzikálních praktik při Kabinetu výuky obecné fyziky MFF UK

PRAKTIKUM ...

Úloha č.:

Název:.....

Vypracoval:..... stud. sk. dne

Odevzdal dne: vráceno:

Odevzdal dne: vráceno:

Odevzdal dne:

Posuzoval: dne výsledek klasifikace

Připomínky: