Laboratorní práce č. 2:
Určení povrchového napětí kapaliny

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Test k laboratorní práci č. 2: Určení povrchového napětí kapaliny

Varianta A

1. Pro povrchové napětí mýdlové bubliny o poloměru r platí vztah:

A) $\sigma = \frac{2p_k}{r}$ B) $\sigma = 2p_k r$ C) $\sigma = \frac{r.p_k}{4}$ D) $\sigma = \frac{r.p_k}{2}$

2. V kapiláře o vnitřním poloměru r vystoupila kapalina o hustotě ρ a povrchovém napětí σ do výšky 8 mm nad úroveň volné hladiny. Do jaké výšky vystoupí tatáž kapalina v kapiláře o poloměru 2r?

A) 4mm B) 8mm C) 16mm D) 32mm

3. Hodnota povrchové energie bubliny z mýdlového roztoku ($\sigma = 40\ mNm^{-1}$) o průměru 8 cm je:

A) 20 mJ B) 8.10^{-4} J C) 3,2 mJ D) 6,4 mJ

4. Na drátěném rámečku s pohyblivou příčkou je napnuta mydlinová blána. Povrchové napětí mýdlového roztoku je 0,04 Nm^{-1}, délka příčky je 0,05 m. Jak velká síla udrží pohyblivou příčku v rovnováze?

A) 0,8 N B) 0,4 N C) 0,004 N D) 0,002 N

Test k laboratorní práci č. 2: Určení povrchového napětí kapaliny

Varianta B

1.

Pro povrchové napětí vzduchové bubliny (o poloměru r) ve vodě platí vztah:

A) $\sigma = \frac{2p_k}{r}$ B) $\sigma = 2p_k r$ C) $\sigma = \frac{r.p_k}{4}$ D) $\sigma = \frac{r.p_k}{2}$

2.

Kapilára je zasunuta do nádoby s kapalinou o hustotě 800 $kg.m^{-3}$, jejíž povrchové napětí je 0,06 $N.m^{-1}$. V kapiláře se vytvoří dutý kulový povrch kapaliny o poloměru 5.10^{-4} m. Do jaké výšky nad volný povrch kapaliny vystoupí kapalina v kapiláře (g = 10 ms^{-2})?

A) 30 mm B) 24 mm C) 15 mm D) 7,5 mm

3.

Drátěné očko z tenkého drátu má tvar kružnice o poloměru 2 cm a leží na povrchu vody. Jak velkou silou je můžeme odtrhnout od vodní hladiny?

A) 9 mN B) 0,09 mN C) 18 mN D) 0,18 mN

4.

Jednotkou kapilárního tlaku je:

A) kgm^2s^{-2} B) kgm^2s^{-3} C) $kgm^{-1}s^{-2}$ D) $kgm^{-2}s^{-2}$

Test k laboratorní práci č. 2: Určení povrchového napětí kapaliny

Varianta C

1.

Kapilární tlak má jednotku:

A) $J.m^{-2}$ B) $N.m^{-2}$ C) $J.m^{-1}$ D) $N.m^{-1}$

2.

V kapiláře o vnitřním poloměru r vystoupila kapalina o hustotě ρ a povrchovém napětí σ do výšky 8 mm nad úroveň volné hladiny. Do jaké výšky vystoupí kapalina stejné hustoty v kapiláře o poloměru r, je-li její povrchové napětí 2σ ?

A) 4mm B) 8mm C) 16mm D) 32mm

3.

Na drátěném rámečku s pohyblivou příčkou je napnuta mydlinová blána. Povrchové napětí mýdlového roztoku je 0,04 Nm^{-1}, délka příčky je 0,05 m. Jaký je přírůstek povrchové energie obou stran blány, posuneme-li příčku o 0,06 m?

A) $0{,}4.10^{-2}$ J B) $4{,}8.10^{-4}$ J C) $2{,}4.10^{-4}$ J D) $1{,}2.10^{-4}$ J

4.

Poměr objemů kapek vody, které odkapávají ze dvou různých kapilár o průměrech d_1 a d_2

A) $\frac{V_1}{V_2} = \frac{d_1}{d_2}$ B) $\frac{V_1}{V_2} = \frac{d_2}{d_1}$ C) $\frac{V_1}{V_2} = \frac{d_1^2}{d_2^2}$ D) $\frac{V_1}{V_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Test k laboratorní práci č. 2: Určení povrchového napětí kapaliny

Varianta D

1.

Jak velký je přetlak uvnitř mýdlové bubliny o poloměru 1 mm, je-li povrchové napětí mýdlového roztoku 0,04 Nm^{-1} ?

A) 20 Pa B) 40 Pa C) 80 Pa D) 160 Pa

2.

Pro povrchové napětí σ určené z kapilární elevace platí vztah:

A) $\sigma = \frac{rh\rho g}{4}$ B) $\sigma = \frac{F}{2\pi r}$ C) $\sigma = \frac{rh\rho g}{2}$ D) $\sigma = \frac{mg}{d}$

3.

Jaký tlak má vzduch v kulové bublině o průměru 1.10^{-6}m v hloubce 5m pod hladinou vody, je-li atmosférický tlak 10^5Pa? Povrchové napětí vody ve styku se vzduchem je 73mNm^{-1}.

A) 0,88 MPa B) 0,44 MPa C) 0,22 MPa D) 0,11 MPa

4.

Kapilára je zasunuta do nádoby s kapalinou o hustotě 800 $kg.m^{-3}$, jejíž povrchové napětí je 0,06 $N.m^{-1}$. V kapiláře se vytvoří dutý kulový povrch kapaliny o poloměru 5.10^{-4} m.
Jaký kapilární tlak vyvolá dutý povrch kapalin v kapiláře?

A) 60 Pa B) 120 Pa C) 240 Pa D) 480 Pa

Laboratorní práce č. 2: Určení povrchového napětí kapaliny

1. Kapkovou metodou:

Pomůcky:

Byreta, skleněná nálevka, kádinka, stojan s držákem, laboratorní váhy se sadou závaží, kapaliny, jejíž povrchové napětí chceme měřit (líh, mýdlová voda, ocet)

Teorie:

Při pomalém vytékání kapaliny ze svislé byrety se na jejím okraji vytvoří kapka. Kapka pozvolna zvětšuje svůj objem a odtrhne se v okamžiku, když se tíhová síla vyrovná síle povrchové.

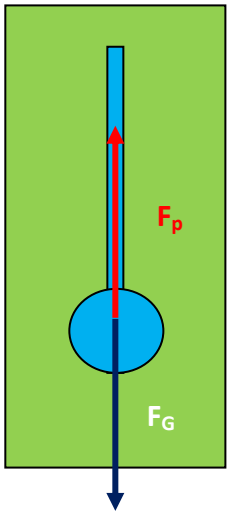
Povrchová síla:

$F_p = \sigma.l = \sigma.\pi.d$;

σ je povrchové napětí kapaliny

l je délka okraje povrchové blány,

d průměr kapiláry



Tíhová síla:

$F_G = m.g$;

m je hmotnost kapky ⟹ $\sigma.\pi.d = m.g$ ❶

Průměr **d** se velmi těžko měří, proto se použije při vyřešení problému tato jednoduchá úvaha: Vztah ❶ platí pro kapky všech kapalin. Povrchové napětí libovolné kapaliny lze jednoduše určit pomocí kapaliny se známou hodnotou σ .

kapalina se známou hodnotou σ : $\sigma.\pi.d = m.g$

kapalina s neznámou hodnotou σ_x : $\sigma_x.\pi.d = m_x.g$

Vydělením obou rovnic dostaneme: $\frac{\sigma_x}{\sigma} = \frac{m_x}{m}$

Prostou úvahou zjistíme, že nemusíme znát nutně hmotnost jedné kapky, ale můžeme zvážit hmotnost stejného počtu kapek u obou kapalin (např. 30). Označíme-li tuto hmotnost jako M, pak pro neznámé povrchové napětí platí: $\frac{\sigma_x}{\sigma} = \frac{M_x}{M} \quad \Longrightarrow \quad \sigma_x = \sigma . \frac{M_x}{M}$ ❷

Jako kapalinu se známou hodnotou σ použijeme vodu. Z tabulek zjistíme, že $\sigma = 73 mN.m^{-1}$

Provedení:

1. Sestavte zařízení pro odkapávání kapaliny (do stojanu upevněte byretu).

2. Zjistěte hmotnost m_o prázdné kádinky, do které budou odkapávat kapaliny.

m_o = 10^{-3} kg

3. Byretu naplňte vodou a nechejte do zvážené kádinky odkapat 30 kapek. Určete hmotnost m_c kádinky s kapalinou a určete hmotnost 30 kapek vody podle vztahu:
   $M = m_c - m_o$

M = 10^{-3} kg

4. Činnost z bodu 3 zopakujte pro všechny kapaliny, jejichž povrchové napětí chcete určit. Mezi jednotlivými měřeními vždy byretu pečlivě propláchněte.

5. Podle vztahu ❷ určete hodnoty σ_x zvolených kapalin.

6. Jednotlivá měření zapište do přehledné tabulky:

Tabulka:

$$\sigma_x = \sigma . \frac{M_x}{M}$$

	σ	M	M_x	σx
	$mN.m^{-1}$	10^{-3}kg	10^{-3}kg	$mN.m^{-1}$
líh	73			
ocet	73			
mýdlová voda	73			

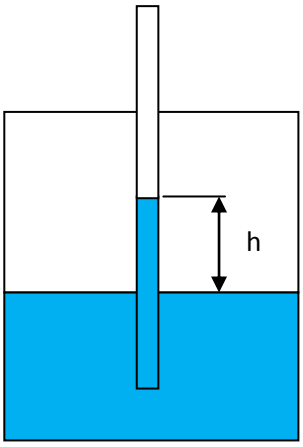
2. Z kapilární elevace:

Pomůcky:

Kapilární trubice různého vnitřního průřezu, nádoba s čistou vodou, měřidlo na zrcátku, teploměr, jehla, mikrometr, stojan s držáky, mýdlová voda (lih a ocet nebudeme měřit)

Teorie:

Ponoříme-li tenkou kapiláru do kapaliny v široké nádobě, pozorujeme zakřivení povrchu kapaliny v kapiláře a její vzestup nad hladinu kapaliny v širší nádobě. Změny výšky hladiny v kapiláře jsou spojeny s existencí kapilárního tlaku. Vlivem povrchových sil vystupuje kapalina v kapiláře do takové výšky h, až se kapilární tlak vyrovná hydrostatickému tlaku sloupce kapaliny o výšce h.



Kapilární tlak:

$p_k = \frac{2\sigma}{r}$; r – poloměr kapiláry

Hydrostatický tlak:

$p_h = h\rho g$; ρ – hustota kapaliny

$p_k = p_h \Rightarrow \frac{2\sigma}{r} = h\rho g \Longrightarrow \sigma = \frac{h\rho g r}{2}$ ❶

Provedení:

1. Změřte vnitřní průměr kapiláry. Kapilára je úzká, použijte tento postup. Do otvoru kapiláry zasuňte jehlu a označte na jehle místo, kam až ji bylo možné zasunout. Na tomto místě změřte průměr jehly mikrometrickým měřítkem. Měření opakujte pětkrát a ze získaných hodnot určete aritmetický průměr.

2. Ponořte kapiláru do nádoby s mýdlovou vodou. Změřte výšku h kapaliny v kapilární trubici. Tento postup opakujte pětkrát. Z naměřených hodnot vypočítejte aritmetický průměr.

ρ =	kg.m^{-3}

3. Určete hustotu mýdlového roztoku pomocí hustoměru.

5. Vypočítejte hodnotu povrchového napětí mýdlového roztoku podle vztahu ❶

6. Porovnejte získanou hodnotu povrchového napětí s hodnotou získanou pomocí kapkové metody.

Tabulka:

	h	Δh	r	Δr
	10^{-3}m	10^{-3}m	10^{-3}m	10^{-3}m
1				
2				
3				
4				
5				
	0		0	

Dosaďte hodnoty z tabulky:

Hodnota h:

$h = (\bar{h} \pm \Delta h)\ 10^{-3}$m

$\Delta h = \frac{\Delta h}{\bar{h}} = \ldots\ldots = \ldots\%$

Hodnota r:

$r = (\bar{r} \pm \Delta r).10^{-3}$m

$\Delta r = \frac{\Delta r}{\bar{r}} = \ldots\ldots = \ldots\%$

Hodnota povrchového napětí mýdlového roztoku:

$\sigma = \frac{\bar{h}\rho g\bar{r}}{2}$ mN.m^{-1}

Výpočet chyby měření:

Relativní chyba:

$\delta\sigma = \delta h + \delta r$

Absolutní chyba:

$\Delta\sigma = \sigma\ .\ \delta\sigma$

Hodnota povrchového napětí mýdlového roztoku:

$\sigma = (\sigma \pm \delta\sigma)$ mN.m^{-1} ; $\delta\sigma =$ = %

<u>Doplňující úkol:</u>

1. Ponořte do kapaliny postupně kapilární trubice o různém vnitřním poloměru. V které kapiláře vstoupí kapalina nejvýše a proč?

2. Experimentálně zjistěte pomocí kapilární elevace, jak závisí kvalitativně povrchové napětí kapaliny na její teplotě.

3. Odpovězte na otázky:

a) proč se při praní prádla přidává do vody prací prostředek a používá se voda teplá?

b) Mám-li vyčistit benzínem mastnou skvrnu, navlhčím nejdříve benzinem okolí skvrny a pak teprve nakapu benzin na skvrnu a vysuším ji? Nápověda – benzin s rozpuštěným tukem má větší σ než čistý benzin.

Závěr:

Protokol č. 2:

Pracoval:	
Spolupracoval:	
Třída:	
Hodnocení:	

Pracováno dne:	
Vlhkost vzduchu:	
Tlak vzduchu:	
Teplota vzduchu:	

Název úlohy: Určení povrchového napětí kapaliny

Pomůcky:

1.Byreta, skleněná nálevka, kádinka, stojan s držákem, laboratorní váhy se sadou závaží, kapaliny, jejichž povrchové napětí chceme měřit (líh, mýdlová voda, ocet)

2. Kapilární trubice různého vnitřního průřezu, nádoba s mýdlovou vodou, jehla, mikrometr, stojan s držáky, mýdlová voda (lih a ocet nebudeme měřit)

Teoretická příprava:

1. Kapkovou metodou:

Při pomalém vytékání kapaliny ze svislé byrety se na jejím okraji vytvoří kapka. Kapka pozvolna zvětšuje svůj objem a odtrhne se v okamžiku, kdy se tíhová síla vyrovná síle povrchové. Platí tedy vztah:

Vystupují v něm tyto veličiny:

Vydělením rovnic pro známou a neznámou kapalinu dostaneme pro neznámé povrchové napětí vztah:

Známou kapalinou je voda s povrchovým napětím:

Vypracování:

1. Sestavili jsme zařízení pro odkapávání kapalin.

2. Zjistili jsme hmotnost m_o prázdné kádinky, do které budou odkapávat kapaliny.

m_o = 10^{-3} kg

3. Byretu jsme naplnili vodou a nechali do zvážené kádinky odkapat 30 kapek. Určili jsme hmotnost m_c kádinky s kapalinou a určili hmotnost 30 kapek vody podle vztahu:

$M = m_c - m_o$

M = 10^{-3} kg

4. Činnost z bodu 3 jsme zopakovali pro všechny kapaliny, jejichž povrchové napětí chceme určit. Mezi jednotlivými měřeními jsme vždy byretu pečlivě propláchli.

Líh: Mx = 10^{-3} kg

Ocet: Mx = 10^{-3} kg

Mýdlová voda: Mx = 10^{-3} kg

5. Jednotlivá měření jsme zapsali do přehledné tabulky a vypočítali jsme povrchová napětí neznámých kapalin:

Tabulka:

$$\sigma_x = \sigma . \frac{M_x}{M}$$

	σ	M	M_x	σx
	$mN.m^{-1}$	10^{-3}kg	10^{-3}kg	$mN.m^{-1}$
líh	73			#DIV/0!
ocet	73			#DIV/0!
mýdlová voda	73			#DIV/0!

2. Z kapilární elevace:

Pomůcky:

Kapilární trubice různého vnitřního průřezu, nádoba s mýdlovou vodou, jehla, mikrometr, stojan s držáky, mýdlová voda (líh a ocet nebudeme měřit)

Teoretická příprava:

Ponoříme-li tenkou kapiláru do kapaliny v široké nádobě, pozorujeme, že vlivem povrchových sil vystupuje kapalina v kapiláře do takové výšky h, až se kapilární tlak vyrovná tlaku hydrostatickému sloupce kapaliny o výšce h.

Podmínku rovnováhy pro tento případ vyjadřuje vztah:

Vystupují v něm tyto veličiny:

Pro povrchové napětí mýdlového roztoku podle tohoto vztahu platí:

Vypracování:

1. Změřili jsme vnitřní průměr kapiláry. Kapilára je úzká ⟹ použili jsme tento postup: Do otvoru kapiláry jsme zasunuli jehlu a označili si místo na jehle, kam až ji bylo možné zasunout. Na tomto místě jsme změřili vnější průměr jehly mikrometrickým měřítkem. Ten je shodný s vnitřním průměrem kapiláry. Měření jsme opakovali pětkrát a ze získaných hodnot určili aritmetický průměr a chyby měření.

2. Ponořili jsme kapiláru do nádoby s mýdlovou vodou a změřili výšku h kapaliny v kapilární trubici. Měření jsme opakovali pětkrát a ze získaných hodnot určili aritmetický průměr a chyby měření.

3. Určili jsme hustotu mýdlového roztoku pomocí hustoměru. $\rho =$ $kg.m^{-3}$

4. Všechny výsledky měření jsme zapsali do tabulky a vypočítali jsme průměrnou hodnotu povrchového napětí mýdlového roztoku; stanovili jsme chyby měření.

Tabulka:

	h	Δh	r	Δr
	10^{-3}m	10^{-3}m	10^{-3}m	10^{-3}m
1				
2				
3				
4				
5				
	0		0	

Hodnota h:

$h = (\bar{h} \pm \Delta h)\ 10^{-3}$m

$\Delta h = \frac{\Delta h}{\bar{h}} = \ldots..=\ldots\%$

Hodnota r:

$r = (\bar{r} \pm \Delta r).10^{-3}$m

$\Delta r = \frac{\Delta r}{\bar{r}} = \ldots..=\ldots\%$

Hodnota povrchového napětí mýdlového roztoku:

$\sigma = \frac{\bar{h}\rho g\bar{r}}{2}$ $mN.m^{-1}$

Výpočet chyby měření:

Relativní chyba:

$\delta\sigma = \delta h + \delta r$

Absolutní chyba:

$\Delta\sigma = \sigma\ .\ \delta\sigma$

Hodnota povrchového napětí mýdlového roztoku:

$\sigma = (\sigma \pm \delta\sigma)$ $mN.m^{-1}$; $\delta\sigma =$ = %

Porovnali jsme získanou hodnotu povrchového napětí s hodnotou získanou pomocí kapkové metody.

Doplňující úkol:

1. Do kapaliny jsme postupně ponořili kapilární trubice o různém vnitřním poloměru. Pozorovali jsme:

2. Mýdlovou vodu jsme zahřáli na vyšší teplotu (asi 50°C). Pozorovali jsme:

3. Odpověď na otázky:

a) proč se při praní prádla přidává do vody prací prostředek a používá se voda teplá?

b) Mám-li vyčistit benzinem mastnou skvrnu, navlhčím nejdříve benzinem okolí skvrny a pak teprve nakapu benzin na skvrnu a vysuším ji? Nápověda – benzin s rozpuštěným tukem má větší σ než čistý benzin.

Závěr:

Použitá literatura:

Bartuška, Karel a Emanuel Svoboda. *Fyzika pro gymnázia. Molekulová fyzika a termika.* Praha: Prometheus, 2000. ISBN 80-7196-200-7.

Obrázky: vlastní tvorba