

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

Fyzikální praktikum 1

Zpracoval: Teodor Duraković

Naměřeno: 24. dubna 2024

Obor: F

Skupina: St 8:00

Testováno:

Úloha č. 3: Měření viskozity, hustoty a povrchového

$T = 20.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ napětí kapalin

$p = 97\,814\text{ Pa}$

$\varphi = 33.5\text{ }^{\circ}$

1. Zadání

Určit

- teplotní závislost viskozity vody Ubbelohdeho viskozimetrem
- viskozitu vody metodou výtoku z Mariottovy láhve
- hustotu lihu metodou a) pyknometrickou a b) ponorného tělíska
- povrchové napětí destilované vody a lihu metodou du Noüyho metodou kroužku
- kontaktní úhly vody a methylen jodidu.

2. Postup, metody měření

2.1. Viskozita vody

2.1.1. Metoda Ubbelohdeho viskozimetru

Ubbelohdeho viskozimetr se používá ke stanovení kinematické viskozity kapalin. Platí vztah:

$$\nu = Kt \quad (1)$$

kde ν je kinematická viskozita, K časová konstanta viskozimetru a t čas změny hladiny kapaliny v trubici mezi dvěma vyznačenými úrovněmi. Měření provádíme třikrát, při teplotě kapaliny cca 20, 30 a 40°C.

2.1.2. Metoda Mariottovy láhve

Mariottova láhev zajišťuje konstantní tlakový spád mezi konci trubice. Proudění lze při výtoku považovat za laminární a proto platí vztah:

$$\eta = \frac{\pi R^4 p t}{8 V L} = \frac{\pi \rho R^4 \rho g h t}{8 m L} \quad (2)$$

kde R je poloměr trubice, p je rozdíl tlaků mezi konci trubice, t čas, za který vyteče z nádoby objem V , L je délka trubice a h výškový rozdíl mezi trubicí a kapilárou lahve.

2.2. Hustota lihu

2.2.1. Pyknetrická metoda

Metoda pyknetru je založena na tom, že nádoba u referenční i zkoumané kapaliny pojme identický objem. Platí:

$$\rho = (\rho_k - \rho_v) \frac{m - m_p}{m_k - m_p} + \rho_v \quad (3)$$

kde ρ_k je hustota kalibrační kapaliny (v našem případě destilované vody), ρ_v hustota vzduchu, m_p hmotnost pyknetru, m_k hmotnost kalibrační kapaliny a m hmotnost lihu.

2.2.2. Metoda ponorného tělíska

Na váhy zavěsíme závaží, váhy vytárujeme a kapalinu ve válci postavíme pod váhy. Při plně ponořeném závaží zaznameneáme měřenou hmotnost při obou kapalinách (měřené a kalibrační). Zde aplikujeme formuli

$$\rho = \frac{m}{m_k} \rho_i \quad (4)$$

2.3. Povrchové napětí

2.3.1. Metoda kroužku

V souladu s návodem měříme sílu při odtržení kroužku. Používáme vztah

$$\sigma = \frac{F_{max}}{4\pi R} \cdot f \quad (5)$$

kde F je maximální síla při odtržení kroužku, $2\pi R$ je obvod kroužku a f je Harkins-Jordanův koeficient, jehož hodnota činí přibližně $f = 0.77$.

2.3.2. metoda kontaktního úhlu

Měříme dispersní složku povrchové energie vody a kalibrační kapaliny. Používáme formuli

$$\frac{\sigma_{H_2O}^{lw}}{\sigma_{H_2O}} = \frac{\sigma_{kal}^{lw}}{\sigma_{kal}} \frac{\sigma_{H_2O}}{\sigma_{kal}} \left(\frac{1 + \cos \theta_{H_2O}}{1 + \cos \theta_{kal}} \right)^2 \quad (6)$$

kde σ_k jsou jmenovité hodnoty povrchové energie vody a kalibrační kapaliny, σ_k^{lw} jsou Lifshitz - van der Waalsovy složky povrchového napětí obsahující coulombickou, indukční a dispersní složku povrchové energie. Θ_k značí kontaktní úhly na kapkách přichycených na teflonovém povrchu[3].

3. Měření

3.1. Viskozita vody

3.1.1. Ubbelohdeho viskozimetr

Pro kalkulaci používáme vztah (1), časová konstanta pro použitý viskozimetr je rovna $K = 1.063 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^2 \text{ s}^{-2}$, $r(K) = 0.65\%$ ($p 95\%$)

Získáváme:

T [°C]	t [s]	$\eta [\text{mm}^2 \text{s}^{-1}]$
21.0	947.9	1.008 ± 0.007
28.8	776.4	0.825 ± 0.005
38.9	628.3	0.668 ± 0.004

3.1.2. Mariottova láhev

Měřením získáváme následující hodnoty:

R	$0.570 \pm 0.001 \text{ mm}$
m	$74.190 \pm 0.003 \text{ g}$
L	$165.0 \pm 0.5 \text{ mm}$
t	$319.86 \pm 0.3 \text{ s}$
h	$112.00 \pm 0.05 \text{ mm}$
$\rho^{[1]}$	0.9982 g.cm^{-3}

Po vložení hodnot do formule (2) získáváme hodnotu $\eta = 1.186 \pm 0.009 \text{ mPa.s.}$

3.2. Hustota lihu

3.2.1. Pyknometrická metoda

Měříme hodnoty:

m_p	$23.868 \pm 0.003 \text{ g}$
m_k	$74.042 \pm 0.003 \text{ g}$
m	$64.070 \pm 0.003 \text{ g}$
$\rho_v^{[2]}$	$0.00116 \text{ g.cm}^{-3}$
$\rho_k^{[1]}$	0.9982 g.cm^{-3}

Po aplikaci formule (3) získáváme: $\rho = 800.04 \pm 0.08 \text{ kg.m}^{-3}$.

3.2.2. Metoda ponorného tělíska

Získáváme hodnoty:

m	$3.828 \pm 0.003 \text{ g}$
m_k	$4.814 \pm 0.003 \text{ g}$
$\rho_k^{[1]}$	0.9982 g.cm^{-3}

Po dosazení do formule (4) získáváme $\rho = 793.7 \pm 0.8 \text{ kg.m}^{-3}$.

3.3. Povrchové napětí

3.3.1. Metoda kroužku

Získáváme:

F_{max} - líh [mN]	F_{max} - voda [mN]
11.76	31.79
11.50	32.15
11.06	33.01
11.68	34.73
12.34	34.17
11.96	33.86
10.18	35.20
10.54	34.75
11.82	34.85
11.62	34.60
11.15	33.50

Po dosazení do formule (5) spolu s poloměrem kroužku $R = 29 \pm 0.05 \text{ mm}$ získáváme hodnoty: $\sigma_{lih} = 24.1 \pm 0.4 \text{ mN.m}^{-1}$ a $\sigma_{voda} = 71.6 \pm 0.7 \text{ mN.m}^{-1}$

3.3.2. Metoda kontaktního úhlu

Při použití glycerolu jakožto kalibrační kapaliny získáváme

$\Theta_{H_2O} [^\circ]$	$\Theta_{kal} [^\circ]$
77.7	61.3
72.6	54.3
75.4	57.7
70.8	56.8
71.6	69

Po dosazení průměrných hodnot do formule (6) získáváme: $\sigma_{H_2O}^{lw} = 32.02 \text{ mN.m}^{-1}$

4. Závěr

Pro viskozitu vody získáváme metodou Ubbelohdeho viskozimetru uspokojivé výsledky, u Mariottovy láhve se však výsledek výrazně odchyluje od očekávaného. Hustota lihu je při obou použitých metodách měření v očekávaných mezích při očekávané přesnosti. Povrchové napětí vody i lihu je při metodě měření kroužkem blízké tabulkovým hodnotám, u metody kontaktního úhlu se však měřená hodnota od hodnoty tabulkové odchyluje, což připisujeme zejména nepřesnosti při měření úhlu a kontaminaci vzorků.

5. Použitý kód

```
from uncertainties import *
import numpy as np

K = ufloat(1.063 * 10**(-3), 6.9095 * 10**(-6))

# eta = K t

# Define the array of ufloat values for t
t_array = np.array([ufloat(947.9, 0.1), ufloat(776.4, 0.1), ufloat(628.3, 0.1)])

# Calculate nu for every t
nu_array = K * t_array

# Print the nu values
for nu in nu_array:
    print(nu)

#Mariott

h1 = ufloat(16.17, 0.006)
h2 = ufloat(16.20, 0.006)
h3 = ufloat(16.20, 0.006)

d1 = ufloat(5.0, 0.006)
d2 = ufloat(4.98, 0.006)
d3 = ufloat(4.99, 0.006)
#vše v kg, m
R = ufloat(0.570e-3, 0.001e-3)
h = (h1+h2+h3 - d1 - d2 - d3)/300
m = ufloat(74.190e-3, 0.003e-3)
L = ufloat(16.5e-2, 0.05e-2)
t = ufloat(319.86, 0.3)
rho = ufloat(0.9982e3, 0)
g = ufloat(9.81, 0)

eta = ((np.pi * rho**2 * R**4 * g * h*t)/(8 * m * L))
print(eta*1000)

#hustota-pyknometr-metoda

mp = ufloat(23.868, 0.003)
mk = ufloat(74.042, 0.003)
m = ufloat(64.070, 0.003)

mk = mk - mp
m = m - mp
print(mk, m)
rhok = ufloat(0.9982, 0)
rhov = ufloat(0.001157, 0)

rho = (rhok - rhov) * ((m)/(mk)) + rhov
print(rho*1000)

#hustota-ponorna metoda
m = ufloat(3.828, 0.003)
mk = ufloat(4.814, 0.003)
rhok = ufloat(0.9982, 0)
```

```

rho = m/mk * rhok
print(rho*1000)

#Viskosita - krouzek

Flih = ufloat(11.42, 0.19)
Fvoda = ufloat(33.87, 0.34)
R = ufloat (58.0, 0.1)

sigmalih = (Flih/(2*np.pi*R)) * 0.77
print(sigmalih*1000)
sigmavoda = Fvoda/(2*np.pi*R) * 0.77
print(sigmavoda*1000)

```

6. Zdroje

[1] Water density calculator [on-line]

Dostupný z WWW: <https://www.omnicalculator.com/physics/water-viscosity>

[2] Air density calculator [on-line]

Dostupný z WWW: <https://www.omnicalculator.com/physics/air-density> [3] ŠTYKS, Martin, MĚŘENÍ KONTAKTNÍHO ÚHLU A POVRCHOVÉ ENERGIE NA POVRCHU POVLAKŮ BETA-FOSFOREČNANU VÁPENATÉHO dostupné on-line: [https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/103553/F2-BP-2022-Styks-Martin-BP_STYKS_MARTIN.pdf]