

Ćwiczenie Nr 119

Temat: *Pomiar współczynnika napięcia powierzchniowego cieczy metodą rurek włoskowatych*

1. LITERATURA

- Sz.Szczeniowski, Fizyka dośw., cz. II. PWN, W-wa 1976.
- T.Dryński, Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki, PWN, W-wa 1978.
- <http://labor.zut.edu.pl/wfc9.html>

2. PROBLEMY TEORETYCZNE

- Oddziaływanie międzycząsteczkowe (siły spójności i przylegania, ciśnienie wewnętrzne cieczy), napięcie powierzchniowe (definicja współczynnika napięcia powierzchniowego).
- Przyleganie (kąt zetknięcia), włoskowatość. Jak powstaje menisk wklęsły i wypukły.

3. ZAGADNIENIA DOŚWIADCZALNE

- wyznaczyć średnice wewnętrzne rurek włoskowatych (mierząc wysokość wzniesienia wody w każdej rurce)

$$d = \frac{4\sigma}{\rho g \bar{h}}$$

- wyznaczyć współczynnik napięcia powierzchniowego cieczy badanej

$$\sigma_x = \frac{\rho_x \cdot g \cdot d \cdot \bar{h}_x}{4}$$

gdzie: σ - współczynnik napięcia powierzchniowego wody, ρ - gęstość wody, \bar{h} - średnia wartość wysokości wzniesienia wody w rurce włoskowatej; σ_x , ρ_x , \bar{h}_x - odpowiednie wielkości dla cieczy badanej.

4. ZESTAW POMIAROWY

Rurki włoskowate, linijka z podziałką milimetrową, pompka gumowa, woda destylowana (zabarwiona), ciecz badana.

5. WYKONANIE ĆWICZENIA

- Wlać do płaskiego, szklanego naczynka zabarwioną wodę destylowaną. Rurkę włoskowatą przepłukać wodą destylowaną. Oczyszczoną rurkę umieszczoną w statywie zanurzyć pionowo do wody, przy pomocy strzykawki usunąć (wydmuchać) pęcherzyki powietrza z rurki i odłączyć strzykawkę. Zmierzyć wysokość słupa wody h_w w rurce, mierząc od poziomu wody w naczynku do środka menisku.
- Powtórzyć pomiar dziesięciokrotnie dla każdej rurki.

c) Wyniki pomiarów i obliczeń zapisać w tabeli 1:

Tabela 1.

Nr rurki	$h[mm]$										$\bar{h}[mm]$	$u(\bar{h})[mm]$	$d[mm]$	$u(d)[mm]$	
1															
2															
3															
4															

$$\Delta h = \dots\dots\dots$$

d) Wylać zabarwioną wodę i do naczynka nalać badanej cieczy. Przemycić rurki. Czynności opisane w punktach a i b powtórzyć dla tej cieczy. Wyniki pomiarów zapisać w tabeli 2:

Tabela 2.

Nr rurki	$h_x[mm]$										$\bar{h}_x[mm]$	$u(\bar{h}_x)[mm]$	$\sigma_x \left[\frac{N}{m} \right]$	$u(\sigma_x) \left[\frac{N}{m} \right]$	
1															
2															
3															
4															

e) Wylać badaną ciecz i uporządkować stanowisko pomiarowe.

6. OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW

a) Dla każdej rurki i dla obu cieczy obliczyć wartość średnią wzniesienia włoskowatego \bar{h} (lub \bar{h}_x) oraz niepewność pomiarową $u_A(\bar{h})$. Niepewność tę obliczamy jako

$$u(\bar{h}) = \sqrt{u_A^2(\bar{h}) + u_B^2(\bar{h})}, \text{ gdzie } u_A(\bar{h}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (h_i - \bar{h})^2}{10 \cdot (10-1)}}; \quad u_B(\bar{h}) = \frac{\Delta h}{\sqrt{3}}$$

Δh - niepewność maksymalna pomiaru wysokości słupka cieczy.

b) Korzystając z danych z tabeli 1 obliczyć średnicę każdej rurki ze wzoru:

$$d = \frac{4\sigma}{\rho g \bar{h}}$$

$$\text{Dla wody: } \rho = (1000 \pm 5) \frac{kg}{m^3}; \quad \sigma = (72,6 \pm 0,2) \cdot 10^{-3} \frac{N}{m};$$

c) Obliczyć niepewność wyznaczenia średnicy rurek korzystając ze wzoru:

$$u(d) = \sqrt{\left(\frac{\partial d}{\partial \sigma}\right)^2 \cdot u^2(\sigma) + \left(\frac{\partial d}{\partial \rho}\right)^2 \cdot u^2(\rho) + \left(\frac{\partial d}{\partial \bar{h}}\right)^2 \cdot u^2(\bar{h})} =$$

$$= d \cdot \sqrt{\frac{u^2(\sigma)}{\sigma^2} + \frac{u^2(\rho)}{\rho^2} + \frac{u^2(\bar{h})}{\bar{h}^2}}$$

$$\text{i pamiętając, że } u(\rho) = \frac{\Delta \rho}{\sqrt{3}} \quad \text{i} \quad u(\sigma) = \frac{\Delta \sigma}{\sqrt{3}}$$

- d) Obliczyć współczynnik napięcia powierzchniowego cieczy badanej (dla każdej rurki osobno) według wzoru :

$$\sigma_x = \frac{\rho_x \cdot g \cdot d \cdot \bar{h}_x}{4}$$

Badaną cieczą jest 92% wodny roztwór alkoholu etylowego. Znajdź gęstość ρ_a tego alkoholu w tablicach i oblicz gęstość ρ_x badanego roztworu :

$$\rho_x = 0,92\rho_a + 0,08\rho \quad (\rho - \text{gęstość wody})$$

- e) Obliczyć niepewności wyznaczenia napięcia powierzchniowego dla każdej rurki korzystając ze wzoru:

$$u(\sigma_x) = \sqrt{\left(\frac{\partial \sigma_x}{\partial \rho_x}\right)^2 \cdot u^2(\rho_x) + \left(\frac{\partial \sigma_x}{\partial d}\right)^2 \cdot u^2(d) + \left(\frac{\partial \sigma_x}{\partial \bar{h}_x}\right)^2 \cdot u^2(\bar{h}_x)} =$$

$$= \sigma_x \cdot \sqrt{\frac{u^2(\rho_x)}{\rho_x^2} + \frac{u^2(d)}{d^2} + \frac{u^2(\bar{h}_x)}{\bar{h}_x^2}}$$

$$u(\rho_x) = \sqrt{\left(\frac{\partial \rho_x}{\partial \rho_a}\right)^2 \cdot u^2(\rho_a) + \left(\frac{\partial \rho_x}{\partial \rho}\right)^2 \cdot u^2(\rho)} =$$

$$= \sqrt{0,92 \cdot u^2(\rho_a) + 0,08 \cdot u^2(\rho)}$$

gdzie ρ_a - gęstość alkoholu; ρ - gęstość wody

- f) Obliczyć wartość średnią $\bar{\sigma}$ współczynnika napięcia powierzchniowego dla cieczy badanej z wartości wyliczonej dla 4 rurek oraz niepewność tej średniej:

$$\bar{\sigma} = \frac{\sum_{i=1}^4 \sigma_i}{4} \quad u(\bar{\sigma}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 (\sigma_i - \bar{\sigma})^2}{4 \cdot (4-1)}}$$

Wynik końcowy przedstawić w postaci

$$\sigma = \bar{\sigma}(u(\bar{\sigma}))$$

[Np. zapis $x=71(5)cm$ oznacza, że $\bar{x}=71cm$ a $u(\bar{x})=5cm$
a zapis $x=(71\pm 5)cm$ oznacza, że $\bar{x}=71cm$ a $\Delta x=5cm$]