

Ćwiczenie FM4

POMIAR NAPIĘCIA POWIERZCHNIOWEGO METODĄ PĘCHERZYKOWĄ

1. Cel ćwiczenia

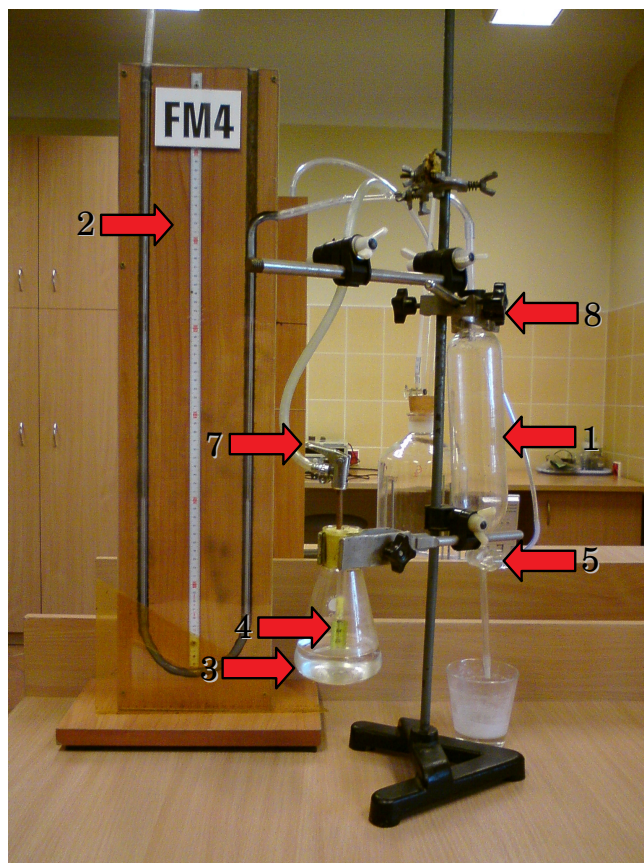
Celem ćwiczenia jest poznanie podstawowych pojęć związanych z oddziaływaniem sił międzycząsteczkowych w cieczech i gazach oraz poznanie metod wyznaczania napięcia powierzchniowego cieczy.

2. Zagadnienia do przygotowania

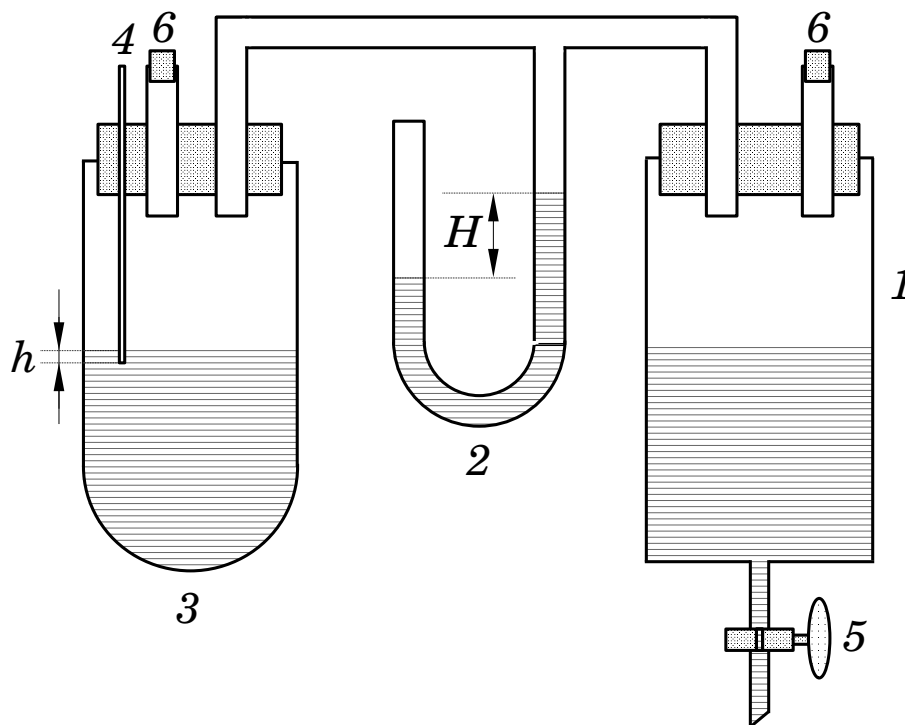
Zagadnienia do opracowania i nauczania się (**przed przystąpieniem** do wykonywania ćwiczenia):

- siły molekularne w cieczech, ruchy Browna,
- granica ośrodków: menisk, włoskowatość, kapilary,
- napięcie powierzchniowe cieczy – metody pomiarów,
- opis pomiaru napięcia powierzchniowego metodą pęcherzykową.

3. Przyrządy pomiarowe, opis i schemat aparatury, przyjęte oznaczenia



Rysunek 1: Aparatura pomiarowa: naczynie z wodą (1), manometr wodny (2), naczynie z badaną cieczą (3), rurka kapilarna (4), kranik (5). Rolę korków (6) (z Rys. 2) pełni łącznik (7) i korek (8)



Rysunek 2: Schemat aparatury do pomiaru napięcia powierzchniowego metodą pęcherzykową: naczynie z wodą (1), manometr wodny (2), naczynie z badaną cieczą (3), rurka kapilarna (4), kranik (5), korek (6)

Jeżeli z naczynia 1 przez kurek 5 będzie wypływać ciecz, to ciśnienie w zbiorniku 3 będzie się zmniejszać. W pewnej chwili u wylotu kapilary 4 znajdującego się pod powierzchnią badanej cieczy zaczną się tworzyć pęcherzyki.

H – różnica poziomów cieczy w manometrze,

h – głębokość zanurzenia kapilary,

σ – napięcie powierzchniowe badanej cieczy,

p_h , p_H – ciśnienie hydrostatyczne,

p_σ – ciśnienie kapilarne,

r – promień kapilary,

ρ_w – gęstość cieczy w manometrze (woda),

ρ – gęstość badanej cieczy,

g – przyspieszenie ziemskie.

Dla wypchnięcia przez kapilarę pęcherzyka powietrza trzeba pokonać ciśnienie hydrostatyczne p_h na głębokości h (wzór (1)) oraz przezwyciężyć ciśnienie kapilarne p_σ (wzór (2)):

$$p_h = \rho gh \quad (1)$$

$$p_\sigma = \frac{2\sigma}{r}. \quad (2)$$

Wielkość tego ciśnienia oznaczmy za pomocą manometru wodnego przez pomiar różnicy poziomów wody H w ramionach manometru w chwili tworzenia się pęcherzyka powietrza:

$$p_H = \rho_w g H. \quad (3)$$

Po podstawieniu do:

$$p_H = p_h + p_\sigma \quad (4)$$

otrzymujemy

$$\sigma = \frac{gr}{2}(\rho_w H - \rho h). \quad (5)$$

Jeśli $h \approx 0$ i $\rho_w \approx 0$, to możemy wzór (5) zredukować do postaci:

$$\sigma = \frac{1}{2} \rho_w g \Delta H r, \quad (6)$$

gdzie $\Delta H = H - h$.

4. Przebieg ćwiczenia (pomiarów)

- Odlączamy naczynie 1, zamykamy kranik 5 i uzupełniamy wodę w naczyniu 1.
- Badaną ciecz wlewamy do naczynia 3 tak, aby koniec kapilary był zanurzony tuż pod powierzchnią badanej cieczy.
- Łączymy naczynia 1 i 3 z manometrem (Rys. 1) .
- Zmniejszamy ciśnienie w zbiornikach 1 i 3 przez odkręcenie kraniku 5. Ustalamy wypływ wody tak, aby w ciągu około jednej sekundy tworzył się jeden pęcherzyk powietrza przy kapilarze 4.
- W momencie tworzenia pęcherzyka powietrza odczytujemy różnicę poziomów wody H w manometrze 2. Pomiary powtarzamy dziesięciokrotnie.
- Powtarzamy pomiary 4a–4e dla innych cieczy.
- Odczytujemy temperaturę otoczenia i wartość gęstości wody odpowiadającą tej temperaturze.
- Po zakończeniu ćwiczenia zapowietrzamy całe urządzenie odlączając naczynie 3 i wypuszczając wodę z naczynia 1.**

Korzystając ze wzoru (5) lub (6) obliczamy wielkość napięcia powierzchniowego badanej cieczy.

5. Tabele pomiarowe i opracowanie wyników

Zebrać wyniki pomiarów w postaci:

Lp.	H_P [mm]	H_L [mm]	$H = H_P - H_L$ [mm]	$H_{\text{śr.}}$ [mm]
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				

6. Ocena wyników pomiarów

Przeprowadzamy dyskusję niepewności pomiarowych metodą pochodnej logarytmicznej.

Zapis wyników z błędem wraz z jednostkami w układzie SI.

Porównanie otrzymanych wielkości fizycznych z tablicowymi.

Dyskusja popełnionych błędów systematycznych i przypadkowych.

Propozycje poprawy dokładności pomiarów.

7. Literatura

- *Podstawy fizyki*, Halliday D., Resnick R., Walker J., dowolne wydanie.
- *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki, część II*, Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej (1999).