

Piotr Durniat
I rok, Fizyka
Wtorek, 8:00-10:15

Data wykonania pomiarów:
27.05.2025

Prowadząca:
dr Iwona Mróz

Ćwiczenie nr 38

Pomiar napięcia powierzchniowego

Spis treści

1	Wstęp teoretyczny	2
1.1	Napięcie powierzchniowe	2
1.2	Zjawiska związane z napięciem powierzchniowym	2
1.3	Metody pomiaru napięcia powierzchniowego	2
2	Opis doświadczenia	3
2.1	Metoda odrywania	3
2.2	Metoda stalagmometru	3
3	Opracowanie wyników pomiarów	4
3.1	Tabele pomiarowe	4
3.2	Obliczenia	4
4	Ocena niepewności pomiaru	4
5	Wnioski	4
6	Wykresy	4

1 Wstęp teoretyczny

1.1 Napięcie powierzchniowe

Napięcie powierzchniowe jest zjawiskiem fizycznym występującym na granicy faz, najczęściej ciec-z-gaz, i wynika z oddziaływań międzycząsteczkowych w cieczy. Częsteczki znajdujące się wewnątrz cieczy oddziałują z sąsiednimi cząsteczkami we wszystkich kierunkach, natomiast cząsteczki na powierzchni oddziałują głównie z cząsteczkami znajdującymi się pod nimi. Ta nierównowaga sił powoduje, że powierzchnia cieczy zachowuje się jak napięta błona, dążąc do przyjęcia kształtu o minimalnej powierzchni.

Napięcie powierzchniowe (σ) definiuje się jako stosunek siły (F) działającej stycznie do powierzchni cieczy wzdłuż linii o długości (l):

$$\sigma = \frac{F}{l} \quad (1)$$

Jednostką napięcia powierzchniowego w układzie SI jest N/m (newton na metr).

1.2 Zjawiska związane z napięciem powierzchniowym

Na granicy ośrodków ciec-z-ciało stałe-gaz obserwuje się zjawisko menisku (wklęsłego lub wypukłego), zależnie od oddziaływań między cieczą a ciałem stałym. Jeśli siły przyciągania między cząsteczkami cieczy a ciałem stałym są silniejsze niż między samymi cząsteczkami cieczy, powstaje menisk wklęsły (np. woda w szklanej rurce). W przeciwnym przypadku tworzy się menisk wypukły (np. rtęć w szklanej rurce).

Zjawisko włoskowatości (kapilarności) jest bezpośrednim skutkiem napięcia powierzchniowego i zwilżalności powierzchni. Polega ono na samorzutnym podnoszeniu się lub obniżaniu cieczy w wąskich kapilarach. Wysokość słupa cieczy w kapilarze zależy od napięcia powierzchniowego, gęstości cieczy oraz promienia kapilary.

1.3 Metody pomiaru napięcia powierzchniowego

W niniejszym ćwiczeniu wykorzystano dwie metody pomiaru napięcia powierzchniowego:

- **Metoda odrywania** - polega na pomiarze siły F potrzebnej do oderwania płytki od powierzchni cieczy. Napięcie powierzchniowe σ jest zdefiniowane jako siła działająca na jednostkę długości krawędzi. Całkowita długość krawędzi styku płytki (o długości l i grubości d) z cieczą wynosi $2(l + d)$. Zatem siła napięcia powierzchniowego F (równa sile odrywania, po uwzględnieniu ciężaru płytki oraz przy założeniu kąta zwilżania $\gamma \approx 0$, czyli $\cos \gamma \approx 1$) wyraża się jako $F = \sigma \cdot 2(l + d)$. Przekształcając ten wzór, otrzymujemy:

$$\sigma = \frac{F}{2(l + d)} \quad (2)$$

gdzie F to mierzona siła odrywania (po skompensowaniu ciężaru płytki), l to długość płytki, a d to jej grubość.

- **Metoda stalagmometru** - opiera się na pomiarze masy kropeł cieczy, które odrywają się od kapilary o znanym promieniu. Napięcie powierzchniowe wyznacza się, porównując masy kropeł badanej cieczy i cieczy wzorcowej o znanym napięciu powierzchniowym.

Napięcie powierzchniowe zależy od temperatury (na ogół maleje liniowo wraz z jej wzrostem) oraz od obecności zanieczyszczeń i substancji powierzchniowo czynnych, które mogą znacząco obniżyć jego wartość.

Wstęp teoretyczny został opracowany na podstawie podręcznika [2] oraz materiałów dydaktycznych Politechniki Wrocławskiej [1].

2 Opis doświadczenia

Celem doświadczenia było wyznaczenie napięcia powierzchniowego dla wody destylowanej, alkoholu i acetonu przy użyciu dwóch metod: metody odrywania oraz metody stalagmometru.

2.1 Metoda odrywania

Pomiary wykonano przy użyciu wagi torsyjnej (Rys. 1 w instrukcji).

1. Zmierzone 3-krotnie grubość d płytki pomiarowej za pomocą śruby mikrometrycznej oraz długość jej podstawy l za pomocą suwmiarki. Płytkę następnie osuszono i zawieszono na haczyku wagi.
2. Odaretowano wagę i zważono płytkę, notując jej masę spoczynkową (wskazanie wagi bez dodatkowego obciążenia).
3. Pod płytkę podstawiono naczynko z badaną cieczą (wodą destylowaną) tak, aby dolna krawędź płytki niemal dotykała powierzchni cieczy. Waga była zaaretowana.
4. Odaretowano wagę, doprowadzając do zanurzenia dolnej części płytki w cieczy. Następnie powoli obracano pokrętle wagi, zwiększając siłę, aż do momentu oderwania płytki od powierzchni cieczy. Odczytano maksymalną siłę F (wskazanie wagi w jednostkach masy [mg]) działającą w momencie odrywania.
5. Pomiar siły odrywającej F wykonano 10-krotnie dla wody destylowanej.
6. Kroki 3-5 powtórzono dla alkoholu i acetonu.

2.2 Metoda stalagmometru

1. Zważono czyste i osuszone naczynko pomiarowe.
2. Sprawdzone drożność kapilary stalagmometru i zmierzono jej zewnętrzny promień R .
3. Napełniono naczynko 30 kroplami wody destylowanej, które odrywały się od kapilary, a następnie zważono naczynko z cieczą.
4. Pomiar masy 30 kropel (krok 3) powtórzono 3-krotnie dla wody destylowanej.
5. Zanotowano temperaturę otoczenia.
6. Kroki 1, 3 i 4 powtórzono dla alkoholu i acetonu.

Wymiary płytki pomiarowej	
Wielkość	Wartość [mm]
Długość (l)	9,5
Grubość (d)	0,92

Tabela 1: Zmierzone wymiary płytki pomiarowej.

Siła odrywająca [mg]			
Pomiar	Woda	Alkohol	Aceton
1	398	308	312
2	394	310	312
3	392	310	310
4	392	310	314
5	396	312	312
6	396	308	312
7	398	308	314
8	398	310	314
9	398	312	314
10	398	310	312

Tabela 2: Siła odrywająca płytkę dla różnych cieczy.

3 Opracowanie wyników pomiarów

3.1 Tabele pomiarowe

3.2 Obliczenia

4 Ocena niepewności pomiaru

5 Wnioski

6 Wykresy

Literatura

- [1] Zbigniew Gumienny. Napięcie powierzchniowe. <https://lpf.wppt.pwr.edu.pl/opisy/cw033.pdf>, 2023.
- [2] William Moebs, Samuel J. Ling, and Jeff Sanny. *Fizyka dla szkół wyższych, Tom 2*. OpenStax, 2018. Dostęp: 14.04.2024.