

V12 - Wyznaczanie współczynnika napięcia powierzchniowego cieczy

I Pracownia Fizyczna, WFAIS UJ

1. Cel ćwiczenia

Wyznaczanie współczynnika napięcia powierzchniowego wody oraz alkoholu etylowego metodą stalagmometryczną, za pomocą samodzielnie skonstruowanego układu pomiarowego

2. Podstawowe wiadomości

Współczynnik napięcia powierzchniowego można wyznaczyć w oparciu o pomiar masy kropli spadającej (wypuszczanej) z biurety lub kapilary. Prawo Tate'a mówi, że kropla cieczy zawieszona na końcu kapilary zacznie spadać, tuż po tym gdy siła grawitacji pionowa siła wytworzona przez napięcie powierzchniowe zostanie zrównoważona przez siłę grawitacji.

$$m \cdot g = \gamma \cdot 2 \cdot \pi r$$

gdzie:

m – masa kropli

g – przyspieszenie ziemskie

γ – współczynnik napięcia powierzchniowego

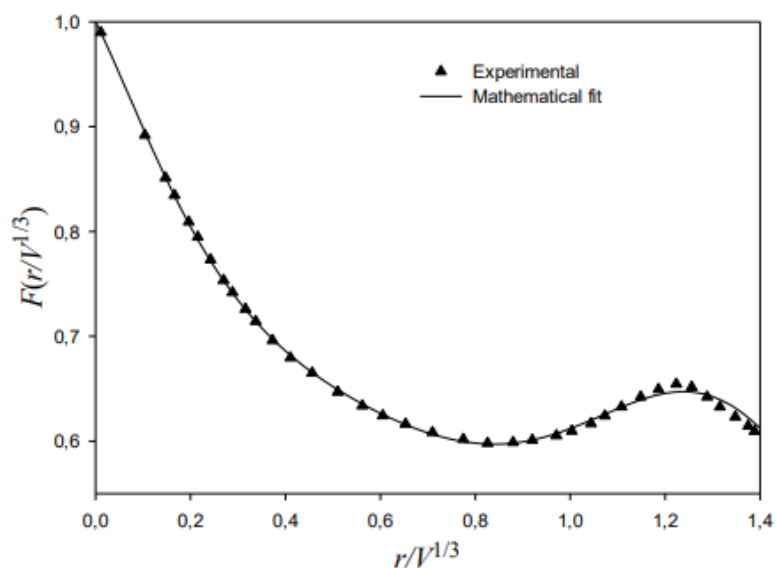
r – wewnętrzny lub zewnętrzny promień kapilary w zależności od właściwości zwilżających

Prawo Tate'a zakłada że po osiągnięciu maksymalnego rozmiaru cała kropla opuszcza kapilarę. Jednak, w zależności od geometrii kapilary nawet 40% masy kropli może zostać „wciągnięte” z powrotem do kapilary po tym jak kropla spadnie. Dlatego konieczne jest wprowadzenie tzw. współczynnika korekcyjnego, tu F .

$$m \cdot g = F \cdot \gamma \cdot 2 \cdot \pi r$$

Współczynnik F zależy od promienia kapilary (r) oraz od objętości kropli (V). Poniższa zależność, przedstawiona na Rys. 1, została wyznaczona eksperymentalnie.

$$F(r/V^{1/3}) = 1 - 0.921 \cdot (r/V^{1/3}) - 2.109 \cdot (r/V^{1/3})^2 + 13.38 \cdot (r/V^{1/3})^3 - 27.29 \cdot (r/V^{1/3})^4 + 27.53 \cdot (r/V^{1/3})^5 - 13.58 \cdot (r/V^{1/3})^6 + 2.593 \cdot (r/V^{1/3})^7$$

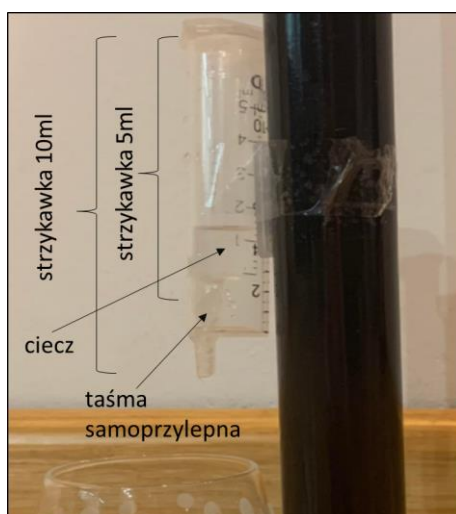


Rys. 1 Zależność Współczynnika korekcyjnego od $r/V^{1/3}$ [2]

3. Przebieg doświadczenia

Materiały: biureta lub materiały do jej zaimplementowania np.: 2 szklane kapilary, lub 2 strzykawki, lub 2 kroplomierze, plastelina, taśma samoprzylepna, pilnik lub papier ścierny, suwmiarka, woda, alkohol etylowy, pojemnik zbierający ciecz np. szklanka, spinacz biurowy, surfaktant (np. płyn do mycia naczyń)...

Najważniejsza jest właściwa implementacja biurety jeśli osoba wykonująca ćwiczenie ją nie dysponuje. Kluczowe jest bardzo powolne doprowadzanie cieczy do końcówki kapilary (strzykawki), tak aby jedna kropla tworzyła się i spadała swobodnie w ciągu około 30 sekund patrz Rys. 2. Można użyć plasteliny i taśmy samoprzylepnej aby ograniczyć średnice jednej ze strzykawk i „wprowadzić” ciecz do drugiej strzykawki. Pionowo ustawioną biuretę należy stabilnie przytwierdzić. Końcówka biurety/kapilary nie powinna mieć nieregularnych ostrych krawędzi, jeśli istnieje taka potrzeba należy ją spiłować



Rys.2 Przykładowy układ pomiarowy

Wykonanie pomiarów:

- 1) precyzyjnie odmierzoną objętość wody (kilka mililitrów) należy wlać do biurety,
- 2) należy policzyć ilość spadających kropeł,
- 3) pomiar należy powtórzyć 10-krotnie,
- 4) czynności 1-3 powtórzyć dla 2 wybranych stężeń alkoholu etylowego,
- 5) przygotować wodny roztwór surfaktantu o minimalnym stężeniu, które nie pozwala utrzymać spinacz biurowy na powierzchni cieczy i powtórzyć czynności 1-3,
- 6) za pomocą suwmiarki należy zmierzyć wewnętrzną średnicę kocówki biurety.

4. Opracowanie danych pomiarowych

Dla każdej badanej substancji należy wyznaczyć średnią objętość pojedynczej kropli cieczy oraz jej masę w oparciu o gęstość. Następnie należy wyznaczyć współczynnik korekcji F i współczynnik napięcia powierzchniowego. Niepewności należy wyznaczyć metodą różniczki zupełnej, a otrzymane wyniki porównać z tablicowymi i przedyskutować. Sprawozdanie należy przygotować tylko w formie elektronicznej i wysłać do asystenta. Preferowany format to PDF. W sprawozdaniu należy zamieścić:

1. zredukowane do absolutnego minimum podstawy teoretyczne, które zawierają tylko wiadomości niezbędne do analizy ćwiczenia, np. równania, które bezpośrednio wykorzystywane w analizie danych i rachunku niepewności,
2. zdjęcia układu eksperymentalnego (obowiązek!),
3. opracowanie wyników i ich dyskusję,
4. dodatkowo, należy przysłać asystentowi arkusz kalkulacyjny.

5. Literatura

1. Instrukcja do ćwiczenia C8 – I Pracownia Fizyczna
2. Jordi-Roger Riba, Bernat Esteban, A simple laboratory experiment to measure the surface tension of a liquid in contact with air, *European Journal of Physics*, 35, 2014