

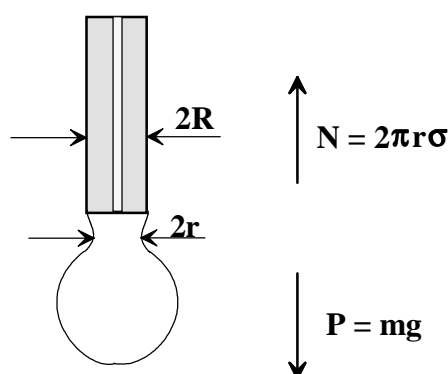
POMIAR NAPIĘCIA POWIERZCHNIOWEGO METODĄ WYPŁYWU KROPLI Z RURKI WŁOSKOWATEJ (TZW. METODĄ STALAGMOMETRYCZNA)

- I. Cel ćwiczenia:** zapoznanie z jedną z licznych metod laboratoryjnego wyznaczania wartości napięcia powierzchniowego σ oraz zapoznanie z wagą analityczną.
- II. Przyrządy:** waga analityczna, naczynia szklane, naczynia szklane z rurką włoskowatą.
- III. Literatura** T. Dryński, Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki, PWN, W-wa

IV. Wprowadzenie.

Napięcie powierzchniowe jest wynikiem istnienia sił międzycząsteczkowych działających w warstwie powierzchniowej cieczy. Dlatego ciecz traktowana jako układ odosobniony przyjmuje kształt kulisty, tj. kropli.

Zrozumiałym staje się więc fakt, że powolny wypływ cieczy z kapilary powoduje tworzenie się kropli, które przed oderwaniem się od rurki włoskowatej przybierają kształt jak pokazuje to rysunek 1.



Rys. 1

Kropla znajduje się pod działaniem siły ciężkości P oraz siły napięcia powierzchniowego N . Oderwie się ona wtedy od kapilary, gdy jej ciężar P zrównoważy siłę napięcia powierzchniowego N działającą wzdłuż okręgu przewężonej części kropli.

W chwili równowagi możemy napisać

$$mg = 2\pi r\sigma, \quad (1)$$

gdzie $2r$ - średnica przewężonej części kropli

σ - napięcie powierzchniowe

m - masa kropli

Napięcie powierzchniowe wynosi więc

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

Z zależności (2) wynika, że do obliczenia napięcia powierzchniowego trzeba wyznaczyć eksperymentalnie masę kropli i średnicę przewężonej jej części tj. $2r$. Z uwagi na to, że wzór (2) nie uwzględnia kształtu kropli, to tę ostatnią wielkość możemy przyjąć jako równą zewnętrznej średnicy kapilary $2R$. Wówczas

$$\sigma = \frac{mg}{2\pi R}. \quad (2a)$$

W pomiarach dokładniejszych należy brać pod uwagę, że odrywa się nie całkowita ilość cieczy tworząca kroplę i że oderwana kropla nie ma kształtu zupełnie kulistego. Aby to uwzględnić należy pomnożyć prawą stronę wzoru (2a) przez poprawkę k ($k = \frac{R}{r}$). Po uwzględnieniu poprawki napięcie powierzchniowe wyrazi się wzorem

$$\sigma = \frac{mg}{2\pi R} k. \quad (3)$$

Wartość poprawki k zależy od stosunku objętości kropli V do sześcianu zewnętrznego promienia R rurki włoskowej V/R^3 . Jeżeli oznaczymy $\frac{k}{2\pi} = K$, to ostatecznie otrzymamy

$$\sigma = \frac{mg}{R} K. \quad (4)$$

Wartości współczynnika K dla różnych wartości V/R^3 podane są w odpowiednich tablicach (załączonych do instrukcji).

Przedstawiona metoda, w oparciu o relację (2) lub (4) pozwala wyliczyć bezwzględną wartość σ dla dowolnej cieczy. Błąd powstający w ostatecznym wyniku mimo stosowania poprawki może być jednak znaczny z uwagi na to, że wielkości m i R są małe.

Zmniejszenie błędu otrzymuje się obliczając masę nie pojedynczej kropli, lecz masę n kropli ($m = \frac{M}{n}$). Wówczas

$$\sigma = \frac{Mg}{nR} K. \quad (5)$$

Częściowe uproszczenie samej metody polegające na nie uwzględnianiu poprawki K otrzymuje się, jeżeli mierzymy liczbę n kropli wpływających ze znanej objętości V_0 . Wzór (1) przyjmie teraz postać

$$2\pi R \sigma = \frac{V_0 \rho g}{n}. \quad (6)$$

Stąd

$$\sigma = \frac{V_0 \rho g}{2\pi n R}, \quad (7)$$

gdzie V_0 - objętość cieczy,

n - liczba kropli

ρ - gęstość cieczy.

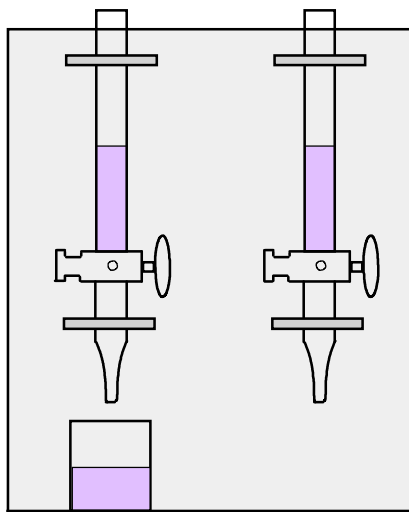
Gdy powyższe czynności wykonamy dla dwóch cieczy o gęstościach ρ_1 i ρ_2 , to otrzymamy

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{n_2 \rho_1}{n_1 \rho_2}. \quad (8)$$

Powyższy sposób jest zapewne prostszy, lecz przydatny wtedy, gdy znane są gęstości cieczy i wartość napięcia powierzchniowego jednej z cieczy. Nie można stosować go w przypadku cieczy różniących się znacznie wartościami napięcia powierzchniowego.

V. Pomiary i opracowanie wyników.

Układ pomiarowy składa się z dwu biuret z kranikami i naczyń szklanych do zbierania i ważenia wpływających cieczy (rys. 2). Ważenia dokonujemy przy pomocy wagi analitycznej.



Rys.2

Przygotować zestaw do wykonania pomiarów przemywając kapilary spirytusem lub denaturatem i napełnić biurety badanymi cieczami. Wyznaczyć pięciokrotnie masę 50 kropli każdej cieczy.

Obliczenia.

1. Obliczyć średnią masę pojedynczej kropli m .
2. Obliczyć średnią objętość pojedynczej kropli V (znając ρ) a następnie V/R^3 .
3. Wyliczyć wartość napięcia powierzchniowego σ ze wzoru (5).
4. Przeprowadzić rachunek błędów i analizę otrzymanych wyników.

Wartości współczynnika K dla różnych wartości V/R^3

V/R^3	K	V/R^3	K	V/R^3	K	V/R^3	K
	0,159	6	0,24984	3	0,26068	1,2	0,26396
5000	0,172	5,9	0,25015	2,9	0,2611	1,18	0,26372
250	0,198	5,8	0,25047	2,8	0,26154	1,16	0,2635
58,1	0,215	5,7	0,25078	2,7	0,26198	1,14	0,26324
24,6	0,2256	5,6	0,2511	2,6	0,26241	1,12	0,26296
17,7	0,2305	5,5	0,25142	2,5	0,26286	1,1	0,26264
13	0,23546	5,4	0,25174	2,4	0,26327	1,08	0,2623
12	0,23702	5,3	0,25208	2,3	0,2637	1,06	0,2619
11,5	0,2378	5,2	0,2524	2,2	0,2641	1,04	0,26154
11	0,23857	5,1	0,25273	2,1	0,2645	1,02	0,26115
10,5	0,2394	5	0,25306	2	0,26488	1	0,2607
10	0,24025	4,9	0,2534	1,9	0,26518	0,95	0,2596
9,5	0,24117	4,8	0,25373	1,8	0,26543	0,9	0,25815
9	0,24195	4,7	0,25407	1,75	0,26553	0,85	0,25645
8,5	0,24324	4,6	0,25448	1,7	0,26563	0,8	0,2546
8	0,2444	4,5	0,25472	1,65	0,26567	0,75	0,25255
7,8	0,2449	4,4	0,25509	1,6	0,26568	0,7	0,2505
7,6	0,24538	4,3	0,25545	1,55	0,26566	0,65	0,2477
7,4	0,2459	4,2	0,25583	1,5	0,2656	0,626	0,2464
7,2	0,2464	4,1	0,2562	1,45	0,2656	0,597	0,2445
7	0,25693	4	0,25659	1,4	0,26536	0,57	0,243
6,9	0,2472	3,9	0,25697	1,38	0,26528	0,541	0,243
6,8	0,2475	3,8	0,25734	1,36	0,2652	0,512	0,2441
6,7	0,24777	3,7	0,25772	1,34	0,2651	0,483	0,246
6,6	0,24804	3,6	0,2581	1,32	0,265	0,455	0,2491
6,5	0,24836	3,5	0,25848	1,3	0,2649	0,428	0,2526
6,4	0,24867	3,4	0,25892	1,28	0,26474	0,403	0,2559
6,3	0,24897	3,3	0,25937	1,26	0,26438		
6,2	0,24925	3,2	0,2598	1,24	0,26438		
6,1	0,24952	3,1	0,26024	1,22	0,26418		