

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Одеська політехніка»  
Кафедра фізики

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ до лабораторних робіт  
з розділу «Молекулярна фізика»  
для здобувачів усіх спеціальностей  
«Визначення коефіцієнту поверхневого натягу рідини методом відриву краплі»**

Одеса 2023

**Методичні вказівки до лабораторних робіт з розділу «Молекулярна фізика»  
для здобувачів усіх спеціальностей «Визначення коефіцієнту поверхневого натягу  
рідини методом відриву краплі» /Склали: Корнева Н.М., Богданова О.Н. – Одеса: 2023. –  
На укр. мові.**

## Визначення коефіцієнту поверхневого натягу рідини методом відриву краплі

Метою даної лабораторної роботи є вивчення явища поверхневого натягу рідини і визначення коефіцієнту поверхневого натягу води методом відриву краплі.

Між молекулами рідин, як і газів, діють сили міжмолекулярного притягання. Величина цих сил зменшується в міру збільшення відстані між молекулами і за  $r=10^{-10}$  м дорівнює майже нулю. Відстань  $r$  прийнято називати радіусом молекулярної дії, а сферу радіусом  $r$  - сферою молекулярної дії. Якщо уявно виділити всередині рідини якусь молекулу і описати навколо неї сферу радіусом  $r$ , то усі молекули, що знаходяться в середині цієї сфери, притягуватимуться до виділеної молекули, а молекули, які є розміщеними поза сферою, не взаємодіють з означеною молекулою. Результируюча молекулярних сил, прикладених до молекули, в середньому дорівнює нулю. Саме тому сили притягання не заважають молекулі переміщуватися всередині рідини.

В іншому стані перебувають молекули, розміщені на поверхні рідини. Прикладена до молекули рівнодійна сила, створена дією молекул нижньої півсфери, значно перевищує рівнодійну, створену притяганням молекул верхньої півсфери. Внаслідок цього молекули, які знаходяться у поверхневому шарі рідини радіусу  $r$ , створюють додатковий тиск на рідину. Причому сили тиску напрямлені всередину рідини і перпендикулярно до її поверхні. Цим пояснюють практично малу стисливість рідин, оскільки зовнішній тиск навіть порядку сотень атмосфер незначний порівняно з внутрішнім тиском, спричиненим взаємодією молекул.

Кінетичні енергії молекул поверхневого шару і тих, що знаходяться всередині об'єму рідини, однакові. Щодо потенціальної енергії цих молекул, то вона істотно відрізняється. Молекули поверхневого шару рідини мають більший запас потенціальної енергії, ніж інші, що знаходяться всередині рідини.

Будь-який процес у природі самочинно відбувається в тому напрямку, в якому потенціальна енергія системи зменшується. Цим пояснюють відоме намагання рідини зменшити до мінімуму свою поверхню і набути сферичної форми, бо з різних тіл однакового об'єму найменшу площу поверхні має куля.

Таким чином, поверхневий натяг рідини характеризується силою поверхневого натягу. Прикладена вона до контуру, що обмежує поверхню рідини. Напрявлена ця сила перпендикулярно до будь-якого елемента лінії, проведеної по поверхні плівки вздовж дотичної до поверхні рідини.

Для кількісної оцінки сили поверхневого натягу вводять поняття коефіцієнту поверхневого натягу. Коефіцієнт поверхневого натягу рідини чисельно дорівнює модулю сили поверхневого натягу  $F$ , що діє на одиницю довжини межі поверхневого шару  $l$ :

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

Коефіцієнт поверхневого натягу залежить від хімічного складу рідини та її температури. Так, для води за температури  $20^{\circ}\text{C}$   $\sigma = 0,0728$  Н/м, а для мильного розчину  $0,025$  Н/м. [1]

Визначимо коефіцієнт поверхневого натягу для води методом відриву краплі (мал.1).

На краплю, яка висить на краю одноразового шприца, діють дві сили, які є спрямованими протилежно одна одній.

Перша- сила поверхневого натягу

$$F_n = \sigma \pi d$$

де  $d$  - діаметр голки шприца.

Друга- сила тяжіння

$$F_T = mg = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho g$$

де  $R$  - радіус краплі,  $\rho$  - густина рідини,  $g$  - прискорення вільного падіння. В момент відриву краплі ці сили дорівнюють одна одній по модулю..

$$\sigma \pi d = mg = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho g$$

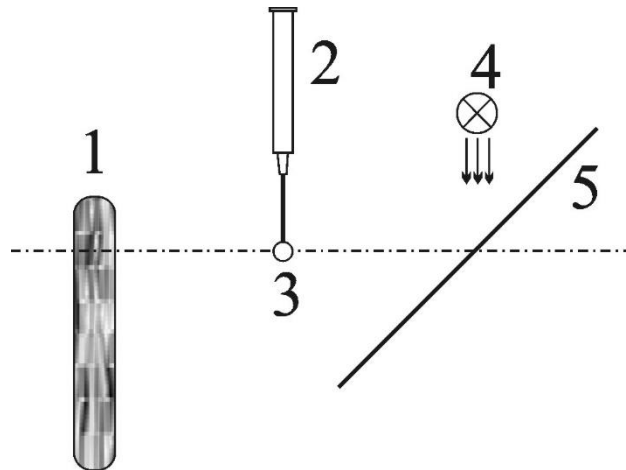
Тоді, коефіцієнт поверхневого натягу дорівнює:

$$\sigma = \frac{4R^3 \rho g}{3d} \quad (2)$$

## 2. Обладнання

В домашніх умовах треба взяти одноразовий шприц на 2 см<sup>3</sup>, підточити кінець голки таким чином, щоб площа перерізу була б перпендикулярною до осі голки. Далі треба закріпити шприц, за ним поставити білий лист папера чи картону ( мал.1) і на лист спрямувати світ ліхтарика. Шприц треба наповнити водою ( краще дистильованою). З максимальним збільшенням смартфоном треба зняти відео процесу відриву краплі.

Робота була проведена авторами повністю в домашніх умовах.



Мал.1 Схема установки.

1-смартфон, 2-шприц, 3-крапля рідини, 4- ліхтар, 5 – екран.



Мал.2. Фото краплі рідини на голці.

### 3. Експериментальна частина

#### Вправа 1. Визначення коефіцієнту поверхневого натягу дистильованої води методом відриву краплі

1. За допомогою штангенциркуля виміряти діаметр голки шприца  $d$ . Потім виміряти діаметр цієї голки на екрані відео. Таким чином, отримаємо коефіцієнт переведу істинних значень діаметру з тими, що бачимо на екрані смартфона. Виміряти на відео діаметр краплі води і розрахувати радіус краплі  $R$  в момент відриву. Перевести його в істинне значення. В момент відриву краплі діаметр перешийку дорівнював діаметру голки. Результат ввести в таблицю 1.
2. Записати температуру, при якій проводиться дослід.
3. Повторити цю операцію 5 разів. . Результати ввести в таблицю 1.
4. Розрахувати коефіцієнт поверхневого натягу по формулі (2) для всіх дослідів. Результати ввести в таблицю 1.
5. Знайти середнє значення коефіцієнта поверхневого натягу  $\sigma$  . Для  $n = 5$  вимірювань і надійності  $P=0,9$  ( $t_s = 2,13$ ) знайти абсолютні і відносні похибки, використовуючи теорію Стьюдента [2]

Таблиця 1.

n	R	d	$\rho$	$\sigma$	$\Delta\sigma$	$(\Delta\sigma)^2$
1						
2						
3						
4						
5						

#### Вправа 2. Визначення коефіцієнту поверхневого натягу дистильованої води з добавкою поверхнево активної речовини методом відриву краплі

1. В склянці з 200 мл дистильованої води ретельно розмішати 1 краплю поверхнево активної речовини ( наприклад, рідини для миття посуду).
2. Виконати пункти 1,2,3 і 4 першої вправи для нового розчину. Густина рідини можна вважати як і в першій вправі,  $\rho = 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. Результат ввести в таблицю 2.
3. Порівняти значення коефіцієнту поверхневого натягу , яке отримане в першій і в другій вправах. Зробити висновки.

Таблиця 2.

n	R	d	$\rho$	$\sigma$	$\Delta\sigma$	$(\Delta\sigma)^2$
1						
2						
3						
4						
5						

## Контрольні питання

1. Що зветься коефіцієнтом поверхневого натягу ?
2. Як він залежить від температури?
3. Як впливають на коефіцієнт поверхневого натягу поверхнево активні речовини?
4. Яка природа явища поверхневого натягу?
5. Чому при вільному падінні крапля рідини має форму сфери?

## Література

1. Воловик П.М. Фізика для університетів. – Київ: ІРПІНЬ: Перун, 2005. – 860 с.
2. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи « Вимірювання геометричних розмірів тіл і визначення їх об'єму і площі поверхні» Рекомендовано до видання Вченою радою ОНПУ, протокол № 4 від 26.12.2017 р.24 стор.