

Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет  
Шосткинський інститут Сумського державного університету  
Фармацевтична компанія «Фармак»  
Управління освіти Шосткинської міської ради  
Виконавчий комітет Шосткинської міської ради

# **ОСВІТА, НАУКА ТА ВИРОБНИЦТВО: РОЗВИТОК І ПЕРСПЕКТИВИ**

## **МАТЕРІАЛИ**

### **II Всеукраїнської науково-методичної конференції,**

**(Шостка, 20 квітня 2017 року)**



Суми  
Сумський державний університет  
2017

УДК 541.1

## ПОВЕРХНЕВИЙ НАТЯГ. ЗАДАЧІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТ

Д.О. Савіна, О.В. Резник

Шосткинська загальноосвітня школа І-ІІІ ступенів №7

вул. Матросова, 1, м. Шостка, 41100

shostka\_7@ukr.net

Рідина – один з основних агрегатних станів речовини на рівні з газом та твердим тілом. Під поняттям «рідина» розуміють усі тіла, для яких властива текучість і які легко змінюють свою форму під дією сил самої незначної величини.

Найхарактернішою особливістю рідини є те, що на межі з газом чи парою вона утворює вільну поверхню.

Особливості поверхневого шару рідини:

- наявність чіткої межі, яка розділяє рідину та її пару;  
- рівнодійна сил притягання, які діють на молекули поверхневого шару не дорівнює нулю;

- площа поверхні рідини мінімальна для даного об'єму.

Вздовж поверхні рідини діє сила поверхневого натягу.

Поверхневий натяг рідини є характеристикою стану поверхні рідини, зумовленого міжмолекулярними силами.

Поверхневий натяг має подвійний фізичний зміст – енергетичний (термодинамічний) і силовий (механічний).

Енергетичне (термодинамічне) визначення: поверхневий натяг – це питома робота збільшення поверхні при її розтягуванні за умови сталості температури.

Вільну поверхневу енергію, що припадає на одиницю площі поверхні рідини називають коефіцієнтом поверхневого натягу

$$\sigma = \frac{\Delta A}{\Delta S}$$

де  $\Delta A$  – робота яку потрібно здійснити для того щоб збільшити площу поверхні на  $\Delta S$ .

Силowe (механічне) визначення: поверхневий натяг - це сила, що діє на одиницю довжини лінії, яка обмежує поверхню рідини. Тоді коефіцієнт поверхневого натягу це фізична величина, яка дорівнює відношенню сили  $F$  поверхневого натягу, прикладеної до межі поверхневого шару рідини і напрямленої по дотичній до поверхні і перпендикулярно, до довжини  $l$  цієї межі:

$$\sigma = \frac{F}{l}$$

Коефіцієнт поверхневого натягу рідин залежить від:

- температури: при збільшенні температури коефіцієнт поверхневого натягу рідини зменшується;

- роду речовини;

- наявності домішок у рідині: домішки створюють на поверхні рідини додатковий поверхневий шар, змінюючи поверхневу енергію рідини.

Коефіцієнт поверхневого натягу рідин не залежить від площі поверхні рідини.

Способи визначення поверхневого натягу діляться на статичні і динамічні. У статичних методах поверхневий натяг визначається за допомогою поверхні, що знаходиться в рівновазі. Динамічні методи пов'язані з руйнуванням поверхневого шару.

Метод підрахунку крапель

Якщо вода повільно витікає з вертикально закріпленої трубки, то з її нижнього кінця відривається крапля за краплею. Розміри кожної з крапель збільшуються

поступово. В міру збільшення краплі, шийка її тоншає, і нарешті крапля відривається. Коли крапля ще висить на шийці, сила тяжіння  $mg$ , яка діє на краплю, урівноважується силами поверхневого натягу.

Випускаєм рідину краплями дуже повільно, щоб маса краплі, яка висить, дорівнювала масі краплини, яка відривається.

Щоб точніше визначити масу краплі  $m$ , у посудину набирають велику кількість крапель -  $n$  і ділять загальну їх масу  $M$  на їх кількість  $n$ .

В момент відриву вважатимемо, що діаметр шийки краплі дорівнює внутрішньому діаметру трубки, з якої вона витікає. Внутрішній діаметр трубки визначаємо за допомогою штангенциркуля.

Для визначення коефіцієнта поверхневого натягу скористуємось рівнянням:

$$\sigma = \frac{(M_2 - M_1)g}{\pi dn}$$

де  $\sigma$  - коефіцієнт поверхневого натягу рідини;

$d$  – зовнішній діаметр тонкої трубки, з якої витікають краплі;

$n$  – кількість крапель;

$M_1$  – маса порожньої склянки, у яку витікає вода з трубки;

$M_2$  – маса склянки з  $n$  краплями рідини у ній.

Таблиця 1 Результат визначення  $\sigma$  води методом відриву крапель

d, м	n	M <sub>1</sub> , кг	M <sub>2</sub> , кг	$\sigma$ , Н/м	$\sigma_{\text{сєр.}}$ Н/м
0,0014	120	0,01	0,014	0,075	0,0737
0,0014	200	0,01	0,011	0,072	
0,0014	250	0,01	0,017	0,074	

Дослід зі скляними пластинами

Візьмемо дві скляні пластинки на невеличкій відстані одна від іншої та поставимо їх у широку посудину з рідиною. Під дією сил поверхневого натягу рідина буде підніматися вгору. Умова рівноваги для рідини:

$$F_{\text{тяж}} = F_{\text{пов.н.}}$$

де сила поверхневого натягу  $F_{\text{пов.н.}} = 2\sigma l$ , сила тяжіння  $F_{\text{тяж}} = mg$ ,  $m = \rho V$ ,  $V = dlh$ ;

Виміряти висоту підйому рідини між пластинами -  $h$

$d$  – відстань між пластинами. Для її вимірювання пропонуємо поставити в верхній частині між пластинами тонку слюдяну пластинку. Її товщина буде дорівнювати нашій відстані  $d$ . Вимірюємо мікрометром.

Таким чином  $\sigma = \rho gdh/2$ .

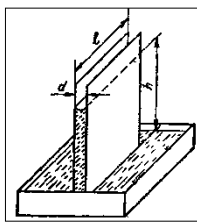
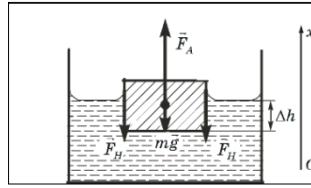


Рис.1. Підняття рідини між пластинами

Таблиця 2 Значення  $\sigma$

Назва речовини	Висота підняття	Відстань між пластинами	Коефіцієнт поверхневого натягу
вода	1,6 см	0,87мм	0,068 Н/м
молоко	1,5 см	0,87мм	0,046Н/м

Визначення коефіцієнта поверхневого натягу з використанням гідростатичного зважування тіла



Під час розв'язування задач пов'язаних з частковим зануренням тіл в рідині використовують такі сили як сила тяжіння, вага тіла, сила Архімеда і не враховують, що на межі розподілу «тверде тіло – рідина» діє сила поверхневого натягу .

Розв'язування такої задачі з урахуванням всіх сил, що діють на тіло дає можливість визначити силу поверхневого натягу та коефіцієнт поверхневого натягу.

Пропонуємо наступний спосіб експериментального визначення коефіцієнта поверхневого натягу.

Взяти тіло правильної форми та визначити його вагу в повітрі -  $P_0$  .

Повністю занурити тіло в рідину з відомою густиною. Визначити його вагу в рідині –  $P$ . Вага тіла змінилась. На тіло діє сила Архімеда  $P = P_0 - F_A$

Занурити тіло в рідину наполовину свого об'єму. Тепер на тіло діють сила тяжіння, сила Архімеда, що зменшилась у два рази, та сила поверхневого натягу. Будемо вважати, що наша рідина змочує поверхню твердого тіла.

Виміряємо вагу тіла наполовину зануреного в рідину:

$$P_1 = P_0 - 0,5F_A + F_{п.н.}$$

де  $F_{п.н.}$  сила поверхневого натягу

$$F_A = P_0 - P$$

Як результат маємо рівняння

$$F_{п.н.} = P_1 - 0,5P_0 - 0,5P = P_1 - 1/2(P_0 + P)$$

$$F_{п.н.} = \sigma \ell$$

$$\sigma = F_{п.н.} / \ell$$

$\ell$  - довжина границі, що обмежує тіло.

Таблиця 3 Визначення коефіцієнта поверхневого натягу рідини з використанням зважування тіл правильної форми

Назва рідини	Вага тіла в повітрі	Вага тіла зануреного в рідину	Вага тіла наполовину зануреного у рідину	Довжина границі «рідина-тіло»	Коефіцієнт поверхневого натягу
вода	0,52Н	0,2Н	0,35Н	77,87см	0,053Н/м

Вивчення поверхневого натягу плазми крові, спинномозкової рідини, сечі та інших має важливе значення для діагностики деяких захворювань. Мембрани клітин, стінки судин, поверхні багатьох структур і органів межують (змочуються) з певними рідинами, стан поверхонь яких може зазнавати деяких змін і впливати на функціонування окремих систем і організму в цілому. Ось чому сучасна фізика та медицина приділяють велику увагу вивченню поверхневих явищ в рослинах і тваринах. Ці знання дуже потрібні для теоретичної і практичної підготовки сучасного лікаря.

Список використаних джерел:

1. Фізичний практикум. / Під общ. ред. Дущенко В.П. - 4.1. - К: Вища школа, 1981.
2. Кікоїн І.К., Кікоїн А.К Молекулярна фізика. - М. 1976.