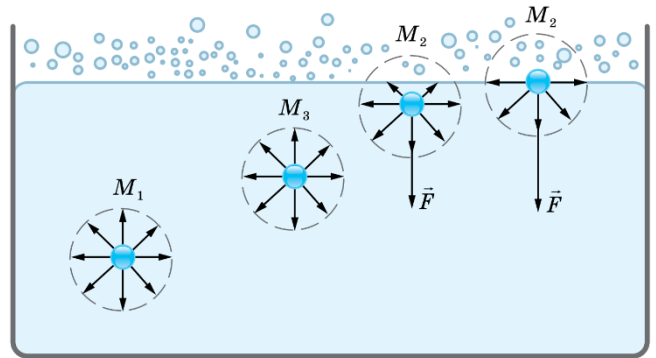


Поверхневий натяг рідини. Змочування. Капілярні явища

1. Поверхневий шар рідини

На кожну молекулу рідини діють сили притягання сусідніх молекул. Ці сили для молекули M_1 що містяться всередині рідини, взаємно скомпенсовані, тобто середнє значення рівнодійної сил притягання близьке до нуля.



Рівнодійна сил притягання F , що діє на молекули, які містяться на поверхні рідини, відмінна від нуля, адже з рідини на неї діє набагато більше молекул, ніж із газу.

Це означає, що молекули поверхневого шару рідини (порівняно з молекулами всередині рідини) мають надлишкову потенціальну енергію.

Поверхнева енергія $W_{\text{пов}}$ – надлишкова енергія, що є складником внутрішньої енергії рідини.

$$W_{\text{пов}} = \sigma S$$

S – площа поверхні рідини

σ (сигма) – коефіцієнт пропорційності (поверхневий натяг рідини)

Поверхневий натяг рідини – фізична величина, яка характеризує дану рідину і дорівнює відношенню поверхневої енергії до площі поверхні рідини.

$$\sigma = \frac{W_{\text{пов}}}{S}$$

Одиниця поверхневого натягу в СІ – **ньютон на метр**:

$$[\sigma] = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2} = 1 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{м}^2} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Поверхневий натяг рідини залежить:

1) від природи рідини: у летких рідин (ефір, спирт, бензин) поверхневий натяг менший, ніж у нелетких (ртуть, рідкі метали);

2) від температури рідини: чим вища температура рідини, тим меншим є поверхневий натяг рідини;

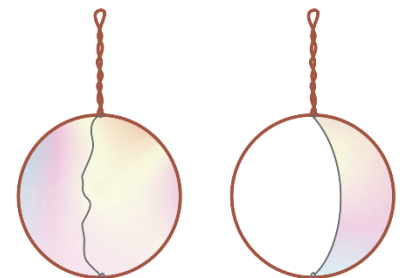
3) від наявності в складі рідини поверхнево активних речовин; їх наявність значно зменшує поверхневий натяг рідини;

4) від властивостей газу, з яким рідина межує. У таблицях зазвичай наводять значення поверхневого натягу на межі рідини і повітря за певної температури.

Рідина	$t, ^\circ\text{C}$	$\sigma, \frac{\text{Н}}{\text{м}}$
Вода (чиста)	20	0,0728
Розчин мила	20	0,040
Спирт	20	0,0228
Ефір	20	0,0169
Ртуть	20	0,4650
Золото	1130	1,102
Водень	-253	0,0021
Гелій	-269	0,00012

2. Сила поверхневого натягу

Проведемо дослід



Якщо дротяний каркас із прив'язаною до нього ниткою занурити в мильний розчин, каркас зтягнеться мильною плівкою, а нитка набере довільної форми. Якщо ж обережно проткнути голкою мильну плівку з одного боку від нитки, сила поверхневого натягу мильного розчину, яка діє з іншого боку нитки, натягне нитку.

Сила поверхневого натягу – це сила, яка діє вздовж поверхні рідини перпендикулярно до лінії, що обмежує цю поверхню, і прагне скоротити площу вільної поверхні до мінімуму.

Проведемо дослід

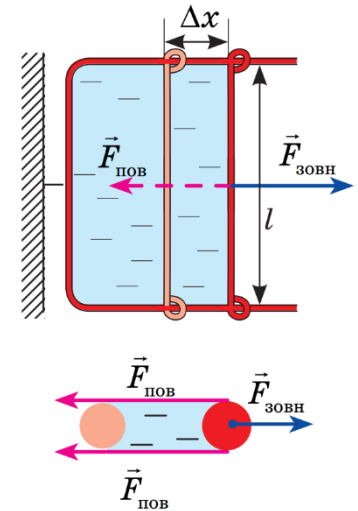
Опустимо в мильний розчин дротяну рамку, одна зі сторін якої рухома. На рамці утвориться мильна плівка. Будемо розтягувати цю плівку.

На поперечину діють три сили: зовнішня сила $\vec{F}_{\text{зовн}}$ і дві сили поверхневого натягу $\vec{F}_{\text{пов}}$, що діють уздовж кожної з двох поверхонь плівки.

$$A = F_{\text{зовн}} \Delta x = 2F_{\text{пов}} \Delta x$$

$$A = \Delta W_{\text{пов}} = \sigma \Delta S = \sigma \cdot 2l \Delta x$$

$$2F_{\text{пов}} \Delta x = \sigma \cdot 2l \Delta x \quad \Rightarrow \quad F_{\text{пов}} = \sigma l$$



$$\sigma = \frac{F_{\text{пов}}}{l}$$

Проблемне питання

- Де виявляється поверхневий натяг?

Завдяки йому на поверхні води утримуються легкі предмети і деякі комахи.

Коли ви купаєтесь і пірнаєте у воду з головою, ваше волосся розходиться в усі боки, але щойно виринете з води, як волосся злипається, бо в цьому випадку площа вільної поверхні води набагато менша, ніж у разі окремого розташування кожного пасма. З цієї ж причини можна побудувати різні фігури з вологого піску: вода, обволікаючи піщинки, притискає їх одну до одної.

В умовах невагомості вода набуває форми кулі, – за даного об'єму кулястій формі відповідає найменша площа поверхні. Форми кулі набувають і тонкі мильні плівки (мильні бульбашки).

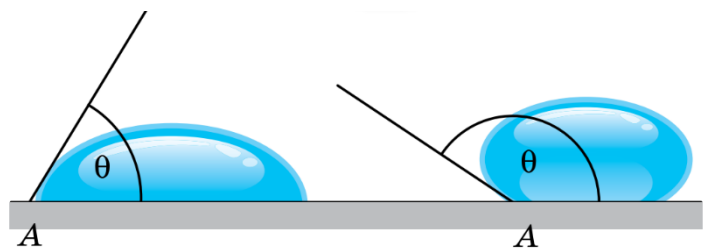
Поверхневим натягом пояснюється утворення піни.

Завдяки поверхневому натягу рідина не виливається з маленького отвору тонесеньким струменем, а капає, дощ не проливається через тканину парасолі або намету тощо.

3. Змочування. Незмочування

Проблемне питання

• Прокоментуйте прислів'я «як з гусака вода», «вийти сухим з води». Чи можна де зробити реально – вийти з води сухим? Що для цього потрібно?



Якщо сили взаємодії між молекулами рідини менші від сил взаємодії між молекулами рідини і твердого тіла, рідина **змочує** поверхню твердого тіла

($0 \leq \theta < 90^\circ$). Якщо крапельку ртуті помістити на цинкову пластинку, то крапелька прагнуче розтектися по поверхні пластинки; так само поводить ся й крапелька води на склі.

Якщо сили взаємодії між молекулами рідини більші, ніж сили взаємодії між молекулами рідини та твердого тіла, рідина **не змочує** поверхню твердого тіла ($90^\circ < \theta \leq 180^\circ$). Наприклад, ртуть не змочує скло, а вода не змочує вкриту сажею поверхню.

4. Капілярні явища

Проблемне питання

- Чому рідина піднімається в капілярах?

Капіляри – це вузькі трубки, діаметр яких набагато менший за їх довжину.

У циліндричних капілярах скривлена поверхня рідини являє собою частину сфери, яку називають *меніском*. У змочувальній рідині утворюється увігнутий меніск (а), а в незмочувальній – опуклий (б).

Поверхня рідини прагне до мінімуму потенціальної енергії, а викривлена поверхня має більшу площу порівняно з площею перерізу капіляра, тому поверхня рідини прагне вирівнятись і під нею виникає надлишковий (від’ємний або додатний) тиск – тиск Лапласа $p_{\text{надл}} = \pm \frac{2\sigma}{R}$, R – радіус кривизни меніска.

Під увігнутою поверхнею (рідина змочує капіляр) загальний тиск менший від тиску на поверхню рідини й рідина втягується в капіляр, піднімаючись на досить велику висоту. Під опуклою поверхнею (рідина не змочує капіляр) тиск більший за зовнішній тиск і рідина в капілярі опускається.



Проблемне питання

- На яку висоту піднімається рідина в капілярі?

$$\begin{aligned}
 mg &= F_{\text{пов}} \\
 m = \rho V & \quad V = \pi r^2 h & \Rightarrow & \quad m = \rho \cdot \pi r^2 h \\
 F_{\text{пов}} = \sigma l & \quad l = 2\pi r & \Rightarrow & \quad F_{\text{пов}} = \sigma \cdot 2\pi r
 \end{aligned}$$

$$\rho \pi r^2 h g = 2\sigma \pi r \quad \Rightarrow \quad h = \frac{2\sigma}{\rho g r}$$

Проблемне питання

- Де капілярні явища зустрічаються в природі та техніці?

Капілярні явища надзвичайно поширені в природі, техніці та побуті:

- проникнення поживних речовин із ґрунту в рослини;

- підйом вологи з глибших шарів ґрунту;
- будівельна практика;
- застосування рушників, серветок, марлі і т. п.

Живлення рослин зумовлене всмоктуванням з ґрунту вологи й поживних речовин, яке можливе, завдяки наявності капілярів у кореневій системі й стеблі рослини.

Облік капілярності необхідний під час обробки ґрунту. Так, для того, щоб відбувалося більш інтенсивне випаровування вологи з ґрунту, необхідно її утрамбовувати. У цьому випадку в ґрунті утворюються капіляри, якими волога піднімається вгору, а потім випаровується. Щоб зменшити випаровування, ґрунт розпушують, руйнуючи при цьому капіляри, і волога довше залишається в ґрунті.

Тіла, які мають велику кількість капілярів, добре вбирають вологу. Саме тому під час витирання рук рушник убирає в себе воду, гас або розплавлений стеарин підіймаються по гніту лампи або свічки.

Приклади розв'язування задач з теми

1. Чому розплавлений жир плаває на поверхні води у вигляді сплюснутих кульок? (Під дією сили поверхневого натягу жир збирається у кульки, а сила тяжіння сплющує їх у диски.)

2. Перш ніж розпочати паяння, поверхню деталі або предмета ретельно знежирюють. Для чого це роблять? (Для якісного паяння необхідно забезпечити якомога повніше змочування, для цього жир з поверхні ретельно стирають.)

3. Чому чорнилами не можна писати на замащеному папері? (Чорнила не змочують такий папір.)

4. Визначте поверхневий натяг рідини, якщо в капілярі радіусом 3 мм на неї діє сила в 10^{-3} Н.

Дано:

$$r = 3 \text{ мм} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$F_{\text{пов}} = 10^{-3} \text{ Н}$$

$$\sigma - ?$$

Розв'язання

$$F_{\text{пов}} = \sigma l = \sigma \cdot 2\pi r \quad \Rightarrow \quad \sigma = \frac{F_{\text{пов}}}{2\pi r}$$

$$[\sigma] = \frac{\text{Н}}{\text{м}} \quad \sigma = \frac{10^{-3}}{2 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 10^{-3}} \approx 0,053 \left(\frac{\text{Н}}{\text{м}} \right)$$

Відповідь: $\sigma \approx 53 \frac{\text{мН}}{\text{м}}$.

5. За допомогою капілярної трубки, діаметр каналу якої 0,15 мм, вимірюють поверхневий натяг спирту. У ході експерименту спирт піднявся на 7,6 см. Який поверхневий натяг спирту було отримано за результатами експерименту? Густина спирту 800 кг/м^3 .

Дано:

$$d = 0,15 \text{ мм}$$

$$= 0,15 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$h = 7,6 \text{ см}$$

$$= 7,6 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$\rho = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

 $\sigma = ?$ **Розв'язання**

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g r} \quad r = \frac{d}{2} \quad \Rightarrow \quad \sigma = \frac{1}{4} \rho g h d$$

$$[\sigma] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м} \cdot \text{м} = \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$$\sigma = \frac{1}{4} \cdot 800 \cdot 10 \cdot 7,6 \cdot 10^{-2} \cdot 0,15 \cdot 10^{-3}$$

$$= 22,8 \cdot 10^{-3} \left(\frac{\text{Н}}{\text{м}} \right)$$

Відповідь: $\sigma = 22,8 \frac{\text{мН}}{\text{м}}$.**Розв'яжи самостійно:**

1. Тонке алюмінієве кільце радіусом 7,8 см лежить на поверхні мильного розчину. З яким зусиллям можна відірвати кільце від розчину? Температуру розчину вважати кімнатною. Маса кільця 7 г.

2. Дротяна рамка зтягнута мильною плівкою. Яку роботу необхідно виконати, щоб розтягти цю плівку так, щоб площа її поверхні збільшилася на 6 см² з кожного боку?

3. Знайдіть масу води, яка піднялась по капілярній трубці діаметром 0,5 мм. Змочування повне.

Корисні посилання:

1. [Фізика: 10-й клас. підручник \(рівень стандарту\) В.Г. Бар'яхтар, С.О. Довгий, Ф.Я. Божинова, О.О. Кірюхіна](#)
2. [Всеукраїнська школа онлайн. Відеоурок](#)
3. [Всеукраїнська школа онлайн. Відеоурок 2.](#)
4. [Поверхневий натяг \(інтерактивна вправа\)](#)

Додаткові відео з теми:

1. [Поверхневий натяг\(відео\)](#)
2. [Експерименти \(поверхневий натяг\)](#)
3. [Поверхневий натяг води](#)