**Фізика 10**

**Урок 68 Поверхневий натяг рідини. Змочування. Капілярні явища**

**Мета уроку:**

**Навчальна.** Формувати уявлення учнів про особливості будови та властивості рідин, про прояв дії сил поверхневого натягу; формувати вміння учнів пояснювати явища поверхневого натягу та змочування на основі МКТ; формувати вміння пояснювати фізичні явища і процеси, планувати та проводити експерименти.

**Розвивальна.** З метою розвитку мислення розвивати вміння встановлювати головне, суттєве у матеріалі, що вивчається; самостійно знаходити причинно-наслідкові зв'язки (робити висновки); систематизувати, встановлювати зв'язки нового з раніше вивченим.

**Виховна.** Виховувати уважність, зібраність, спостережливість.

**Тип уроку:** урок засвоєння нових знань.

**Наочність і обладнання:** навчальна презентація, комп'ютер, підручник.

## Хід уроку

## I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

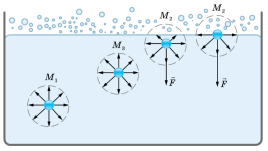
## II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

Що таке рідина? Чому важливо вивчати рідини?

Чому важливо вміти описувати процеси, які в них відбуваються в поверхневому шарі?

## III. ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 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 $W_{пов}$ – надлишкова енергія, що є складником внутрішньої енергії рідини.**

$$W_{пов} = \sigma S$$

$S$ – 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.**

$$\sigma = \frac{W_{пов}}{S}$$

Одиниця поверхневого натягу в СІ – **ньютон на метр**: $[\sigma] = 1\frac{Дж}{м^2} = 1\frac{Н \cdot м}{м^2} = 1\frac{Н}{м}$

***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;

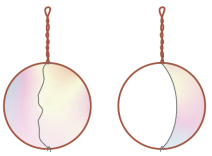
3) *від наявності в складі рідини поверхнево активних речовин*; їх наявність значно зменшує поверхневий натяг рідини;

| Рідина | $t$, °C | σ, $\frac{Н}{м}$ |
|---|---|---|
| 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 |

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

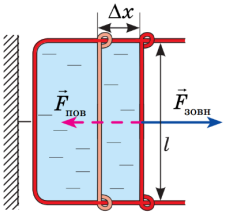
**2. Сила поверхневого натягу**

***Проведемо дослід***



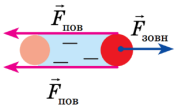
Якщо дротяний каркас із прив'язаною до нього ниткою занурити в мильний розчин, каркас затягнеться мильною плівкою, а нитка набере довільної форми. Якщо ж обережно проткнути голкою мильну плівку з одного боку від нитки, сила поверхневого натягу мильного розчину, яка діє з іншого боку нитки, натягне нитку.

**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 $\vec{F}_{зовн}$ і дві сили поверхневого натягу $\vec{F}_{пов}$, що діють уздовж кожної з двох поверхонь плівки.

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

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

$$2F_{пов}\Delta x = \sigma\cdot 2l\Delta x \quad => \quad F_{пов} = \sigma l \quad \sigma = \frac{F_{пов}}{l}$$

***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.

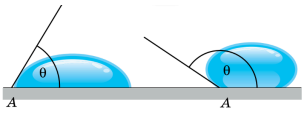
В умовах невагомості вода набуває форми кулі, – за даного об'єму кулястій формі відповідає найменша площа поверхні. Форми кулі набувають і тонкі мильні плівки (мильні бульбашки).

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* ($0 \le \theta < 90°$). Якщо крапельку ртуті помістити на цинкову пластинку, то крапелька прагнутиме розтектися по поверхні пластинки; так само поводиться 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* ($90° < \theta \le 180°$). Наприклад, ртуть не змочує скло, а вода не змочує вкриту сажею поверхню.

**4. Капілярні явища**

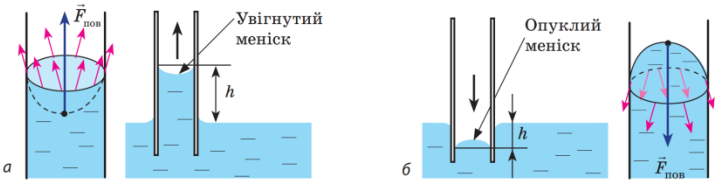
***Проблемне питання*** • Чому рідина піднімається в капілярах?

**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 ввігнутий 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?

$$mg = F_{\text{пов}}$$

$$m = \rho V \qquad V = \pi r^2 h \qquad => \qquad m = \rho\cdot\pi r^2 h$$

$$F_{\text{пов}} = \sigma l \qquad l = 2\pi r \qquad => \qquad F_{\text{пов}} = \sigma\cdot 2\pi r$$

$$\rho\pi r^2 hg = 2\sigma\pi r \qquad => \qquad h = \frac{2\sigma}{\rho g r}$$

***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.

**IV. ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАНЬ І ВМІНЬ**

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 де 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:*** | ***Розв'язання*** |
|---|---|
| $r = 3\text{ мм} = 3 \bullet 10^{-3}\text{м}$ | $F_{\text{пов}} = \sigma l = \sigma\cdot 2\pi r \qquad => \qquad \sigma = \frac{F_{\text{пов}}}{2\pi r}$ |

$F_{пов} = 10^{-3}$ Н

σ − ?

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

***Відповідь:*** σ≈53 $\frac{мН}{м}$.

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:***

$d = 0{,}15$ мм $= 0{,}15 \bullet 10^{-3}$ м

$h = 7{,}6$ см $= 7{,}6 \bullet 10^{-2}$ м

$\rho = 800 \frac{кг}{м^3}$

$g = 10 \frac{м}{с^2}$

σ − ?

***Розв'язання***

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

$\sigma = \frac{1}{4} \cdot 800 \cdot 10 \cdot 7{,}6 \bullet 10^{-2} \cdot 0{,}15 \bullet 10^{-3} = 22{,}8 \bullet 10^{-3} \left(\frac{Н}{м}\right)$

***Відповідь:*** $\sigma = 22{,}8 \frac{мН}{м}$.

6. 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.

***Дано:***

$r = 7{,}8$ см

$= 7{,}8 \bullet 10^{-2}$м

$m = 7$ г $= 7 \cdot 10^{-3}$кг

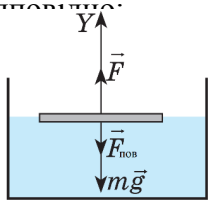
$\sigma = 4 \bullet 10^{-2} \frac{Н}{м}$

$g = 10 \frac{м}{с^2}$

$F$ − ?

***Розв'язання***

Оскільки кільце дотикається до мильного розчину і зовнішньою і внутрішньою поверхнями, то сила поверхневого натягу відповідно:




$F_{пов} = 2\sigma l = 4\sigma\pi r$

$F_{тяж} = mg$

$F = F_{тяж} + F_{пов}$ $F = mg + 4\sigma\pi r$

$F = 7 \cdot 10^{-3} \cdot 10 + 4 \cdot 4 \bullet 10^{-2} \cdot 3{,}14 \cdot 7{,}8 \bullet 10^{-2} =$

$= 7 \cdot 10^{-2} + 3{,}92 \cdot 10^{-2} \approx 0{,}11$ (Н)

***Відповідь:*** $F \approx 0{,}11$ Н.

7. Дротяна рамка затягнута мильною плівкою. Яку роботу необхідно виконати, щоб розтягти цю плівку так, щоб площа її поверхні збільшилася на 6 см$^2$ з кожного боку?

***Дано:***

$\Delta S = 6$ см$^2$ $= 6 \cdot 10^{-4}$ м$^2$

$\sigma = 4 \bullet 10^{-2} \frac{Н}{м}$

$A$ − ?

***Розв'язання***

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

$A = 4 \bullet 10^{-2} \cdot 2 \cdot 6 \cdot 10^{-4} = 48 \cdot 10^{-6}$ (Дж)

***Відповідь:*** $A = 48$ мкДж.

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

***Дано:***

$d = 0{,}5$ мм $= 5 \bullet 10^{-4}$м

$\sigma = 7{,}28 \cdot 10^{-2} \frac{Н}{м}$

***Розв'язання***

Вода припиняє підійматися по капіляру, коли рівнодійна сил поверхневого натягу зрівноважується з силою тяжіння, що діє на стовп води.

| | |
|---|---|
| $g = 10\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ | $F_{\text{пов}} = F_{\text{тяж}}$ |
| $m - ?$ | $F_{\text{пов}} = \sigma l = \sigma \cdot 2\pi r = \sigma\pi d \qquad F_{\text{тяж}} = mg$ |
| | $\sigma\pi d = mg \quad => \quad m = \frac{\sigma\pi d}{g}$ |
| | $m = \frac{7{,}28\cdot 10^{-2}\cdot 3{,}14\cdot 5\bullet 10^{-4}}{10} \approx 11,4 \bullet 10^{-6}$ (кг) |

***Відповідь:*** $m \approx 11,4$ мг.

**V. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ**

***Бесіда за питаннями***

*1. У чому особливості стану молекули поверхневого шару рідини?*

*2. Що називають поверхневою енергією?*

*3. Чому рідина прагне набути форми кулі?*

*4. Дайте два означення поверхневого натягу рідини.*

*5. Від яких чинників і чому залежить поверхневий натяг рідини? від яких чинників не залежить?*

*6. За яких умов рідина змочує поверхню твердого тіла? не змочує?*

*7. У чому причина тиску Лапласа? Чому він дорівнює?*

*8. Від яких чинників залежить висота підняття рідини в капілярі?*

*9. Наведіть приклади капілярних явищ.*

**VI. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ**

Опрацювати § 33, Вправа № 33 (1, 2)