

Урок № 36-37

Тема уроку: Поверхневий натяг рідини

Мета уроку:

навчальна – поглибити й розширити уявлення про властивості рідини; пояснити й охарактеризувати поняття поверхневого шару; розкрити природу сил поверхневого натягу;

розвивальна – розвивати уяву, творчі здібності учнів, вдосконалювати вміння застосовувати набуті знання на практиці;

виховна – виховувати почуття відповідальності, взаємодопомоги, вміння виступати перед аудиторією.

Матеріал до уроку

Рідина є агрегатним станом речовини, проміжним між газоподібним і твердим, тому вона має властивості як газоподібних, так і твердих речовин.

Повсякденний досвід свідчить про текучість рідини і, здавалося б, відсутність у неї пружності. Під дією навіть незначного прикладеного зусилля рідина починає текти. Однак у звичайних умовах пружність рідини просто не встигає проявитися, оскільки час впливу на рідину звичайно значно більший

за час осілого життя молекул. Але якщо час дії сили менший або того самого порядку, що й час осілого життя молекул, то рідина внаслідок своєї кристалоподібної будови виявляє пружність.

- А чи можете ви навести приклад пружних властивостей рідини. (Якщо людина стрибне з вишки і вдариться об поверхню води своїм корпусом, то вона дуже заб'ється, рідина веде себе подібно до твердого тіла.)

Так, ви маєте рацію. Наприклад, струмінь рідини, яка виривається під великим тиском із вузького отвору, може різати сталь, граніт та інші міцні матеріали. Цю властивість рідини використовують у сучасній техніці.

Під дією сили тяжіння і текучості можна пояснити той факт, що поверхня нерухомої рідини завжди горизонтальна. Збереження рідиною об'єму при змінах її форми пояснюється наявністю значних сил зчеплення між її молекулами.

З'ясуємо, які явища можна пояснити наявністю великих сил взаємодії між молекулами рідини.

Проведемо дослід.

Дослід 1. Перед кожним учнем стоїть невелика пуста склянка, посудина з водою і скріпки. Пропоную по вінця наповнити склянку водою.

Питання: Чи можна помістити в неї ще якийсь предмет (наприклад, скріпки), не проливши води?

У склянку одну за одною починають занурювати скріпки. Вода вигинається грибокком, але не проливається.

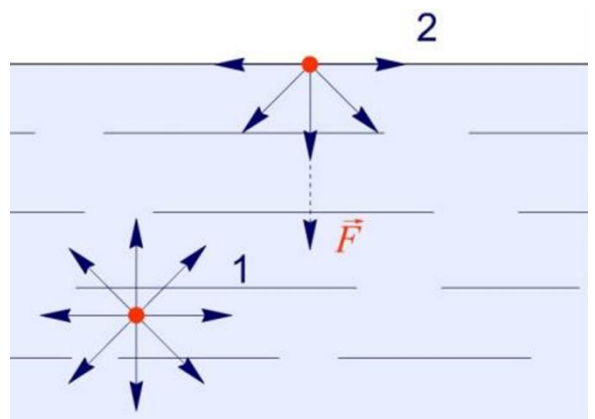
Дослід 2. А тепер на цю поверхню обережно покладіть скріпку, попередньо поклавши серветку.

Що спостерігаємо? Вона не тоне. Коли скріпка «плаває» на воді, то можна помітити невелике прогинання поверхні рідини. Якщо її занурити в глиб води, вона піде на дно.

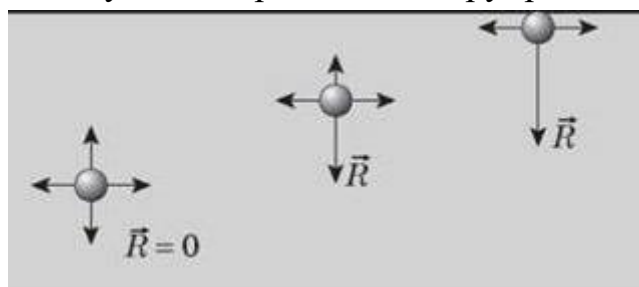
Учні висувають припущення. Це означає, що властивості поверхні рідини відрізняються від властивостей решти рідини.

Як це можна пояснити? Уся справа в тому, що молекули на поверхні рідини перебувають в інших умовах, ніж молекули всередині рідини. На кожен молекулу всередині рідини діють сили притягання з боку сусідніх молекул, які оточують її з усіх боків.

Результуюча цих сил дорівнює нулю. Над поверхнею рідини знаходиться пара, густина якої в багато разів менша за густину рідини. Оскільки з рідини на неї діє набагато більше молекул, ніж із газу, то рівнодійна F міжмолекулярних сил напрямлена вглиб рідини. Щоб молекула з глибини рідини потрапила в поверхневий шар, потрібно виконати



роботу проти некомпенсованих міжмолекулярних сил. Це означає, що молекули поверхневого шару рідини (порівняно з молекулами всередині



рідини) мають надлишкову потенціальну енергію. Ця надлишкова енергія є складником внутрішньої енергії рідини і називається поверхневою енергією ($W_{\text{пов}}$).

Очевидно, що чим більшою є площа S поверхні рідини, тим більша поверхнева енергія: $W_{\text{пов}} = \sigma S$, де σ (сигма) — коефіцієнт пропорційності, який називають поверхневим натягом рідини.

Поверхневий натяг рідини — фізична величина, яка характеризує дану рідину й дорівнює відношенню поверхневої енергії до площі поверхні рідини: $\sigma = W_{\text{пов}} / S$

Одиниця поверхневого натягу в СІ — ньютон на метр: $[\sigma] = 1 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$.

Дослід 3. Візьмемо дротяне кільце, до діаметрально протилежних точок якого вільно, без натягу, прив'яжемо нитку. Зануримо кільце в мильний розчин, по обидва боки від нитки виявиться мильна плівка.

Що буде, якщо прорвати плівку з одного боку?

Як цей дослід можна пояснити? (Мильна плівка, утворена на каркасі стягується, скорочуючи площу своєї поверхні).

Оскільки поверхневий шар рідини має надлишкову потенціальну енергію, а будь-яка система прагне до мінімуму потенціальної енергії, то вільна поверхня рідини прагне зменшити свою площу (скоротитися). Тобто вздовж поверхні рідини діють сили, що намагаються стягнути цю поверхню. Ці сили називають силами поверхневого натягу.

Сила поверхневого натягу — це сила, що діє вздовж поверхні рідини, перпендикулярно до лінії, що обмежує поверхню, та намагається скоротити площу поверхні до мінімуму.

Здатність рідини до скорочення своєї поверхні називають поверхневим натягом.

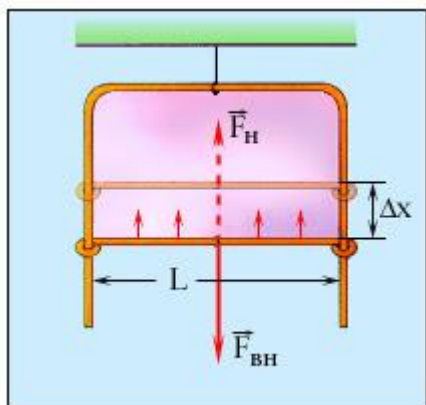
Ми зробили ще одне відкриття (запис у зошиті): *сили поверхневого натягу перпендикулярні до межі поверхневого шару рідини, і вона виникає як результат прагнення рідини зменшити свою поверхню і, отже, поверхневу енергію.*

Поверхневий натяг рідини — це відношення сили поверхневого натягу, яка діє на елемент контуру, що обмежує цю поверхню, до довжини контуру :

$$F_{\text{пов}} = \sigma l$$

σ — поверхневий натяг рідини; $F_{\text{пов}}$ — сила поверхневого натягу; l — довжина вільної поверхні.

Фізичний зміст поверхневого натягу: поверхневий натяг чисельно дорівнює силі поверхневого натягу, яка діє на кожну одиницю довжини контуру, що обмежує поверхню рідини.



Опустимо в мильний розчин дротяну рамку, одна зі сторін якої рухома. На рамці утвориться мильна плівка. Будемо розтягувати цю плівку, діючи на поперечину (рухома сторона рамки) з певною силою $F_{\text{зовн}}$. Якщо під дією цієї сили поперечина переміститься на Δx , то зовнішні сили виконають роботу: $A = F_{\text{зовн}} \cdot \Delta x = 2F_{\text{нат}} \cdot \Delta x$.

За рахунок виконання цієї роботи площі обох поверхонь плівки збільшаться, а отже, збільшиться

й поверхнева енергія: $A = \Delta W = \sigma \cdot \Delta S = \sigma \cdot 2l\Delta x$, де $S = 2l\Delta x$, — збільшення площі двох поверхонь мильної плівки. Прирівнявши праві частини одержаних рівностей, маємо: $2F_{\text{нат}} \cdot \Delta x = \sigma \cdot 2l\Delta x$. Отже $F_{\text{нат}} = \sigma l$.

Проведемо наступний досвід та з'ясуємо, якої форми набуде рідина під дією одних тільки сил поверхневого натягу.

Дослід 4. У колбу з розбавленим спиртом поміщаємо піпеткою краплю оливкової олії. *Що ми бачимо?*

Знов тема для роздумів. (Крапля олії в розчині набула форми кулі).

Ми з вами відтворили досвід бельгійського фізика і математика Жозефа Плато. Дослід показав, що в стані рівноваги вільна енергія системи має бути мінімальною. Зануренням краплі олії в рідину з такою самою густиною, як у олії, Плато зміг досягти усунення дії сили тяжіння на краплю олії. Єдиними силами, що діяли на краплю, були сили поверхневого натягу, під дією яких, вона набула форми кулі, бо з усіх тіл даного об'єму куля має найменшу поверхню, а отже, найменшу поверхневу вільну енергію, яка пропорційна поверхні рідини. При швидкому обертанні кулі оливкової олії від неї відокремлюється кільце, яке потім розривається на частини. Утворюються кульки, які продовжують обертатись навколо основної кулі.



Висновок (запис у зошиті): *Рідина за відсутності сили тяжіння, або коли вона урівноважена силою Архімеда, приймає сферичну форму, що має мінімальну поверхню при одному й тому ж об'ємі.*

Малий об'єм рідини сам по собі приймає форму, близьку до кулі, тому що завдяки малій масі рідини сила тяжіння, що діє на неї, також незначна. Поверхнева енергія й у цьому випадку перевищує потенційну енергію сили тяжіння, форма рідини визначається саме нею. Цим пояснюється куляста форма крапель рідини. Маленькі крапельки роси також близькі за формою до кулі.



У космічному кораблі, який перебуває у стані невагомості, кулястої форми набувають не тільки окремі краплі, а й великі об'єми рідини. Пропоную переглянути відеофрагмент «Вода у невагомості».

<http://mors.in.ua/main/746-voda-v-nevagomosti-video.html>

Поміркуймо, від чого залежить коефіцієнт поверхневого натягу?

Розгорніть, будь ласка, таблиці дані вам на аркушах паперу. У них наведено коефіцієнти поверхневого натягу деяких рідин. Скажіть, яка з наведених у таблиці рідин, має найбільш коефіцієнт поверхневого натягу?

Відповідь. (Ртуть)

У таблицях зазвичай наводять значення поверхневого натягу на межі рідини й повітря при температурі 20⁰С (табл. 1).

| Рідина | σ , Н/м |
|-----------------|----------------|
| Ртуть | 0,47 |
| Вода | 0,0725 |
| Спирт | 0,022 |
| Ефір | 0,017 |
| Молоко | 0,05 |
| Розчин мила | 0,04 |
| Жовч | 0,048 |
| Сироватка крові | 0,06 |

Коефіцієнт поверхневого натягу залежить **від природи рідин**.

Роздаю завдання для груп.

Перша група: Порівняти об'єми крапель води та спирту. В одну склянку накапайте 50 крапель води, а в другу 50 крапель спирту. Порівняйте об'єми у склянках. Які краплі були більші води чи спирту?

Висновок. Коефіцієнт поверхневого натягу води більший, ніж у спирту, тому краплі більшого об'єму має вода.

Як ви гадаєте, чи залежить коефіцієнт поверхневого натягу від температури?

Друга група: Покладіть скріпку на поверхню нагрітої рідини. Що спостерігаємо? Зробіть висновок, як залежить поверхневий натяг **від температури**.

Висновок: поверхневий натяг зменшується зі збільшенням температури.

Із підвищенням температури збільшується середня відстань між її частинками, а отже, сили молекулярного притягання зменшуються. Тому з підвищенням температури рідини поверхневий натяг зменшується.

Дуже важливою є залежність коефіцієнта поверхневого натягу від температури, котру вперше дослідив Д. Менделєєв ще в 1860 р. При зростанні температури рідини поверхневий натяг послаблюється, при наближенні до критичної температури (коли густини рідини і пари однакові) - прямує до нуля.

Третя група: Насипте на поверхню рідини роздроблену пробку. Тепер капніть у центр посудини трохи миючого засобу. Що спостерігаємо? **Який висновок ми можемо зробити?** Частинки пробки перемістилися до країв посудини. Цим прийомом ми зробили помітним переміщення поверхневого шару води. Коефіцієнт поверхневого натягу **залежить від домішок.**

Поверхневий натяг істотно залежить від домішок до рідин. Речовини, які послаблюють поверхневий натяг рідини, називають *поверхнево-активними* (ПАР). Належать до них різні компоненти нафти, мило, деякі жирні кислоти, ефіри, спирти, миючі засоби, амінокислоти. Найвідомішими поверхнево-активними речовинами для води є мило й пральні порошки. Вони сильно знижують її поверхневий натяг (приблизно з $7,5 \cdot 10^{-2}$ до $4,5 \cdot 10^{-2}$ Н/м). Це полегшує миття й прання білизни, оскільки високий поверхневий натяг чистої води не дає їй проникати між волокнами тканини й в дрібні пори. З молекулярної точки зору вплив поверхнево-активних речовин пояснюється тим, що сили притягання між молекулами самої рідини більші за сили притягання між молекулами рідини й домішок. Тому молекули рідини, розміщені в поверхневому шарі, з більшою силою втягуються всередину рідини, ніж молекули домішок. Унаслідок цього молекули рідини переходять з поверхневого шару вглиб її, а молекули поверхнево-активної речовини витісняються на поверхню.

Узагальнення та систематизація матеріалу

Запитання:

1. Наведіть приклади дії сил поверхневого натягу.
2. Як зміниться сила поверхневого натягу води у разі розчинення в ній мила?
3. Якої форми набувають краплі рідини в умовах невагомості? Чому?
4. Чому жирові плями на одязі не вдається змити водою?
5. Які ж поради ви дасте всім тим, хто полюбляє працювати з крейдою? (*Крейду обгорнути папером, а краще тонкою плівкою (просочити молоком).*)

1. Чому шматочок цукру, покладений на мокрий стіл, незабаром весь просочується водою? (*За рахунок великої кількості капілярів*).

2. Чому розтікається чорнило на папері поганої якості? (*У такому папері багато капілярів*).
3. Відомий вислів «як мокра курка». Чому немає вислову «як мокра гуска»?

Поясніть, як ви розумієте наступні прислів'я?

1. Розквасився, як чорнило на папері. (Унаслідок капілярних явищ на поганому папері розпливається чорнило. Якісні сорти паперу просочені спеціальним розчином, який закриває капіляри).

2. Стіни й на камені мокріють. (Цегла й камені мають макроскопічні щілини, по яких, як по капілярах, може просочуватись вода і зволожувати стіни. А щоб вода по стінах не піднімалася і не зволожувала будинку, на фундамент кладуть просмолений папір і шар асфальту, які не змочуються водою і по капілярах яких вода підніматися не може).

Задача 1. Коефіцієнт поверхневого натягу бензолу визначили методом відриву крапель. Об'єм $V = 6\text{см}^3$ мають $N = 570$ крапель. В момент відриву діаметр вузької частини шийки краплі дорівнював $d = 1\text{мм}$. Визначте коефіцієнт поверхневого натягу бензолу. Густина бензолу $\rho = 880\text{кг/м}^3$.

| | | |
|---|--|---|
| <p><i>Дано:</i> $V = 6\text{см}^3 = 6 \cdot 10^{-6}\text{м}^3$ $N = 570$ $d = 1\text{мм} = 10^{-3}\text{м}$ $\rho = 880\text{кг/м}^3$</p> | <p><i>Розв'язання:</i> $\sigma = \frac{F}{l}$ $F = \frac{mg}{N}$ $m = \rho \cdot V$ $F = \frac{\rho V g}{N}$ $l = 2\pi r = \pi d$ $\sigma = \frac{\rho V g}{N\pi d}$</p> | <p>$[\sigma] = \frac{\text{кг/м}^3 \cdot \text{м}^3 \cdot \text{м/с}^2}{\text{м}} = \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ $\sigma = \frac{880 \cdot 6 \cdot 10^{-6} \cdot 10}{570 \cdot 3,14 \cdot 10^{-3}} = 29 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Н}}{\text{м}}$</p> |
| <p>$\sigma - ?$</p> | | |

Відповідь: $\sigma = 29 \cdot 10^{-3} \text{Н/м}$

Задача 2. Визначте (у міліметрах) діаметр капіляру, якщо відомо, що в ньому підіймається $6,28 \cdot 10^{-6} \text{кг}$ рідини. Коефіцієнт поверхневого натягу рідини дорівнює $2 \cdot 10^{-2} \text{Н/м}$, $g = 10 \text{м/с}^2$, $\pi = 3,14$.

| | | |
|--|---|---|
| <p><i>Дано:</i> $m = 6,28 \cdot 10^{-6} \text{кг}$ $\sigma = 0,02 \text{Н/м}$ $g = 10 \text{м/с}^2$ $\pi = 3,14$</p> | <p><i>Розв'язання:</i> $F = mg$ $\sigma l = mg$ $\sigma \pi d = mg$ $l = \pi d$ $d = \frac{mg}{\pi \sigma}$</p> | <p>$d = \frac{6,28 \cdot 10^{-6} \text{кг} \cdot 10 \text{м/с}^2}{3,14 \cdot 0,02 \text{Н/м}} = 10^{-3} \text{м} = 1\text{мм}$</p> |
| <p>$d - ?$</p> | | |

Відповідь: $d = 1\text{мм}$

Задача 3. В жарких країнах напої (а у нас молоко, здебільшого влітку) зберігають у глиняному посуді. Чому? Розв'язання: Глиняний посуд має пористі стінки. Рідина, проникаючи у пори, збільшує свою поверхню, а тому

інтенсивніше випаровується, на що затрачається внутрішня енергія напою і він охолоджується.

Задача 4. Чому маленькі краплі роси на листках деяких рослин мають форму кульок, а листки інших рослин покриває шаром? Розв'язання: На листках деяких рослин мають форму кульок краплі роси тому, що вода не змочує поверхню листка цієї рослини, в деяких рослин вкриті густо ворсинами, що забезпечує покриття їх тонким шаром роси (змочування).

Підведення підсумків уроку.

Отже, на сьогоднішньому уроці ми з вами розглянули тему, яку?
«Поверхневий натяг рідини»

Оголошення домашнього завдання.

Запишіть домашнє завдання: опрацювати §29, впр.1,2, задачі:

Задача 1. Капіляр радіусом 5 мм помістили у воду. Знайдіть силу поверхневого натягу води, що виникла всередині капіляра. Коефіцієнт поверхневого натягу води 73 мН/м.

Зворотній зв'язок

- **Viber** 0662728430
- **E-mail** partitskiy.dmitro@kmrf.kiev.ua

!!!! у повідомленні з д/з не забуваєм вказувати прізвище, групу і дату уроку