

Змочування. Капілярні явища. (Урок ІКТ – супровід)

Тема: Змочування. Капілярні явища. (10 клас).....	1
Мета:.....	1
Зміст екологічних знань, пов'язаних з фізичним матеріалом:.....	1
Обладнання:.....	1
Міжпредметні зв'язки:.....	1
Тип:.....	1
План.	1
Хід уроку.	2
I. Актуалізація опорних знань, навичок та вмінь.	2
II. Мотивація навчання і повідомлення теми, мети і задач уроку.	5
III. Спийняття і усвідомлення учнями нового матеріалу.	6
IV. Узагальнення і систематизація знань.	13
V. Підведення підсумків і повідомлення домашнього завдання.	13
Домашнє завдання:.....	13
Література:.....	13

Тема: Змочування. Капілярні явища. (10 клас)

Мета:

- закріпити поняття поверхневого натягу рідини, коефіцієнта поверхневого натягу, закріпити навички і вміння розв'язувати задачі на визначення поверхневого натягу рідини; розширити уявлення учнів про явище змочування і незмочування, капілярність; про значення капілярності в сільському господарстві;
- розвивати логічне мислення учнів; виховувати в учнів інтерес до фізики як науки;
- виховувати дбайливе відношення до навколишнього середовища. Розвивати вміння оцінювати поведінку людини в природі. Підвести до розуміння ролі знань в оптимізації відносин між людиною і природою

Зміст екологічних знань, пов'язаних з фізичним матеріалом:

Хімічне і теплове забруднення водоймищ. Їх вплив на життя мешканців водної стихії. Причини загибелі водоплавних птахів від нафтових забруднень. Засіб очищення повітря. Лікування рослин. Гасіння пожеж. Збереження вологості в ґрунті.

Обладнання: комп'ютер, мультимедійний проектор, CD «Змочування. Капілярні явища», посудина з водою, пластинка зі скла, пружина; пластинка з парафіну; лист паперу; олія; капілярні трубки; шматок мила; молотий перець; шовкова нитка.

Оформлення кабінету:

1. У грёз беспроволочны провода,

Здесь интуиция доступна лире.

И это так, как дважды два – четыре,

Как всех стихий прекраснее – вода.

Игорь Северянин.

Міжпредметні зв'язки:

біологія (10 клас), екологія, математика, хімія, фізика (7 клас).

Тип: Комбінований урок.

План.

- I. Актуалізація знань, умінь та навичок.
 1. Перевірка домашнього завдання практичного характеру.
 2. Перевірка знань шляхом:
 - а) фронтального опитування;
 - б) короткочасна письмова робота, робота біля дошки.
- II. Мотивація навчання і повідомлення теми, мети і задач уроку.

- III. Спийняття і усвідомлення учнями нового матеріалу.
- IV. Узагальнення і систематизація знань.
- V. Підведення підсумків і повідомлення домашнього завдання.

Хід уроку.

I. Актуалізація опорних знань, навичок та вмінь.

1.Перевірка виконання домашнього експериментального завдання шляхом опитування одного учня і перегляду декількох зошитів.

Завдання: Чи буде кипіти вода в каструлі, яка плаває в іншій каструлі з киплячою водою?

Відповідь: Вода в каструлі, що плаває нагрівається до температури кипіння. Але це ще не означає, що вона закипить: для того, щоб рідина, яка досягла температури кипіння, закипіла, необхідно дальший приплив теплоти до даної рідини. Вода в великій каструлі отримує необхідну кількість теплоти від нагрівника. Вода в каструлі, що плаває може отримати теплоту тільки від води в великій каструлі. А при досягненні температури кипіння теплообмін між рідинами припиняється, так як їх температури стають однаковими. Значить вода в плаваючій каструлі не закипить.

2. Після цього п'ять учнів виконують роботу рза завданнями на картках.

В цей час один учень працює біля дошки, з іншими проводжу фронтальне опитування.

Згадаємо основні поняття, закони, означення, які ми з вами вивчили на попередньому уроці (слайд 2):

Актуалізація опорних знань:

- Яка структура рідини?
- Які сили створюють поверхневий натяг?
- В чому схожість і в чому відмінність сил поверхневого натягу і сил пружності?
- Що називають коефіцієнтом поверхневого натягу?
- Від чого залежить коефіцієнт поверхневого натягу?
- Як залежить коефіцієнт поверхневого натягу від температури?

1.Яка структура рідини?

- **Рідина** - агрегатний стан речовини, проміжний між твердим і газоподібним. Рідина має деякі властивості, характерні для твердого тіла; (зберігає об'єм, утворює поверхню, характеризується певною міцністю на розрив) і газу (набуває форми посудини, в якій міститься), водночас має ряд притаманних лише рідині властивостей.

Отже, *рідини мають такі властивості:*

- 1)*займають певний об'єм*, бо $E_{\text{кш}} < E_{\text{пот}}$ (обумовлено міжмолекулярною взаємодією);
- 2)*спричиняють поверхневий (молекулярний)*

тиск, бо молекули і поверхневого шару стискають рідину (пояснено нижче);

3)*нестисливі*, бо великий молекулярний тиск.

4)*текучі*, тобто набувають форми посудини, бо результуюча сил притягання дорівнює нулю;

5)*проявляють в'язкість*, бо під час зсування шарів виникають сили внутрішнього тертя, що залежать від речовини, температури, тиску;

6)*проявляють пружність* ($t_{\text{дії}} \leq t_{\text{осідлого життя молекул}} \sim 10^{-10} - 10^{-12} \text{с}$), бо час взаємодії дуже малий;

7)*наявний ближній порядок* розміщення молекул, чим схожі до твердих тіл.

2. Які сили створюють поверхневий натяг?

- Сили молекулярної взаємодії.

3.В чому схожість і в чому відмінність сил поверхневого натягу і сил пружності?

4.Що називають коефіцієнтом поверхневого натягу?

- Величину, рівну відношенню сили поверхневого натягу, що діє на межу поверхневого шару довжиною l , до цієї довжини.

5.Від чого залежить коефіцієнт поверхневого натягу?

- від температури.

6.Як залежить коефіцієнт поверхневого натягу від температури?

- Зі збільшенням температури коефіцієнт поверхневого натягу зменшується.

В цей час біля дошки учень записує розв'язок домашньої задачі (слайд 3):

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 $\rho=880\text{кг/м}^3$.

Задача:

- 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 $\rho=880\text{кг/м}^3$.

Дано:
 $V=6\text{см}^3=6\cdot 10^{-6}\text{м}^3$
 $N=570$
 $d=1\text{мм}=10^{-3}\text{м}$
 $\rho=880\text{кг/м}^3$

$$\sigma = \frac{F}{l}, F = \frac{mg}{N}, m = \rho V, F = \frac{\rho V g}{N}, l = 2\pi R = \pi d, \sigma = \frac{\rho V g}{N \pi d}$$

$$\sigma = \frac{880 \cdot 6 \cdot 10^{-6} \cdot 10}{570 \cdot 3,14 \cdot 10^{-3}} = 29 \cdot 10^{-3} \left(\frac{\text{Н}}{\text{м}} \right)$$

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

$\sigma - ?$

Відповідь: 29Н/м .

7.Дослід: покладіть на поверхню води дві соломинки паралельно одна одній на невеличкій відстані. Киньте між ними у воду крупинки цукру. Капніть між ними шампунь. Що спостерігаєте? Як змінилася сила поверхневого натягу води при розчиненні в ній цукру?під дією шампуню?

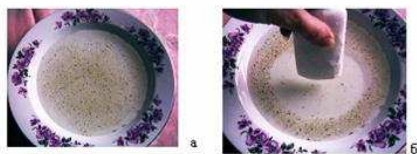
Після того як фронтальне опитування закінчено, збираю роботи, виконані учнями за картками.

Після цього розглядаю кілька цікавих задач.

№1.Перець і мило. (слайд 4, 5)

Дослід №1: Перець і мило.

Обладнання: 1 склянка (250мл) холодної води, неглибока посудина з водою, лінійка, перчинця з молотим перцем, шматок мила.



Дослід №1: Перець і мило.

Хід досліду:

- 1.Налийте в посудину воду. Її глибина близько 1,25см.
- 2.Залиште посудину в спокої, поки вода не припинить коливатися
- 3.Насипте на поверхню води перець, так щоб повністю її покрити.
- 4.Дотикніться шматком мила поверхні води посередині, подивіться, що відбудеться. (рис., слайд 4) Якщо опустити невеликий шматок мила в посудину з водою, по поверхні якої розсіпані перчинки, то вони «пикатимуть» в різні боки від мила. Чому? Яка швидкість «втечі» частинок перця?

Обладнання: 1 склянка (250мл) холодної води, неглибока посудина з водою, лінійка, перчинця з молотим перцем, шматок мила.

Хід досліду:

- 1.Налийте в посудину воду. Її глибина близько 1,25см.
- 2.Залиште форму в спокої, поки вода не припинить коливатися
- 3.Насипте на поверхню води перець, так щоб повністю її покрити.
- 4.Дотикніться шматком мила поверхні води посередині, подивіться, що відбудеться.

Якщо опустити невеликий шматок мила в посудину з водою, по поверхні якої розсіпані перчинки, то вони «тікатимуть» в різні боки від мила. Чому? Яка швидкість «втечі» частинок перця?

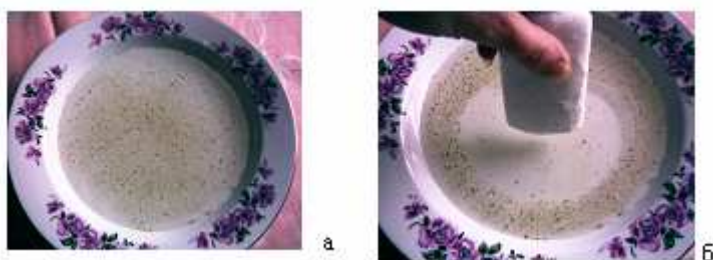


Рис. 1

Якщо струмені води потрапляють на центр диска, то вода розливається по диску і, стікаючи з його країв, утворює тонку прозору плівку. Ця плівка може замкнутися на стержні, на якому закріплено диск; тоді виникає водяна бульбашка, що нагадує форму дзвону (рис. 2). Чому плівка завертається всередину? Чим визначається форма «дзвону»?

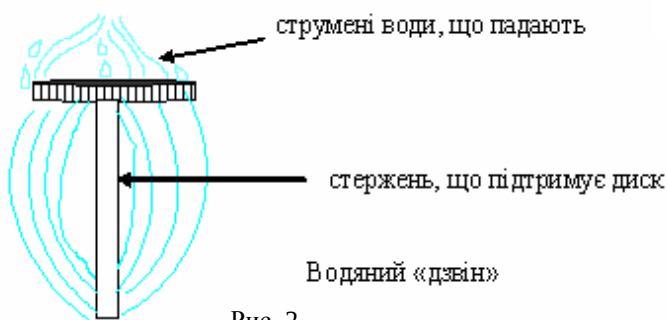


Рис. 2

острогою в лагунах біля гір Албанії. Ловити острогою можна тільки в прозорій і спокійній воді – навіть легенький бриз сильно викривляє видиме зображення риби і може завадити прицілитися. Однак, вливши кілька крапель оливкової олії, справі можна зарадити. Як

Дослід № 3: Розтікання оливкової олії на воді.

■ У вірші «Печера Просперо» Лоуренс Дарселл описує нічну риболовлю з острогою в лагунах біля гір Албанії. Ловити острогою можна тільки в прозорій і спокійній воді – навіть легенький бриз сильно викривляє видиме зображення риби і може завадити прицілитися. Однак, вливши кілька крапель оливкової олії, справі можна зарадити. Як декілька крапель масла можуть заспокоїти воду?

7



Дослід № 2: Водяний «дзвоник»



Обладнання: Якщо струмені води потрапляють на центр диска, то вода розливається по диску і, стікаючи з його країв, утворює тонку прозору плівку. Ця плівка може замкнутися на стержні, на якому закріплено диск; тоді виникає водяна бульбашка, що нагадує форму дзвону. Чому плівка завертається всередину? Чим визначається форма «дзвону»?

Відповідь: Поверхневий натяг утримує воду в тонкому шарі і в кінці кінців збирає її до стержня, на якому закріплено диск.

№3. Розтікання оливкової олії на воді. (слайд 7)

У вірші «Печера Просперо» Лоуренс Дарселл описує нічну риболовлю з острогою в лагунах біля гір Албанії. Ловити острогою можна тільки в прозорій і спокійній воді – навіть легенький бриз сильно викривляє видиме зображення риби і може завадити прицілитися. Однак, вливши кілька крапель оливкової олії, справі можна зарадити. Як декілька крапель масла можуть заспокоїти воду?

Відповідь: Олія утворює на поверхні води дуже тонку плівку, поверхневий натяг в якій змінюється через її розтяг і стискування. Плівку то розтягують, то стискають хвилі, що проходять під нею; таким чином, на воду, що знаходиться під плівкою, діє змінна сила опору, напрямлена перпендикулярно поверхні води. Цей опір збільшують енергетичні витрати у хвилях і призводить до того, що вони швидко затухають, і покрита плівкою поверхня води заспокоюється.

II. Мотивація навчання і повідомлення теми, мети і задач уроку.

Сьогодні на уроці ми продовжимо вивчати властивості рідини і познайомимось ближче з такими відомими вам явищами з сьомого класу як змочування і незмочування, а також – капілярністю.

Явище змочування і незмочування – це результат дії молекулярних сил. Згадаємо деякі з розглянутих тоді прикладів і дослідів.

Отже, тема уроку: «Змочування. Капілярні явища. Явища змочування та капілярності в природі та техніці.» Мета: детально розібрати як відбувається явище змочування і незмочування, чому можлива капілярність, яке значення ці явища мають для сільського господарства, промисловості (слайд 8).

Дослід №1 (слайд 10):

На тонкій пружині горизонтально підвішуємо скляну пластинку (рис. 3). Знизу під пластинку підносимо посудину з водою так, щоб пластинка дістала до поверхні води в посудині (рис. 3,а). Після цього пластинку повільно піднімають угору. Спочатку пластинка не відривається від води, і пружина розтягується сильніше (рис. 3,б). За розтягом пружини можна зробити висновок про сили притягання між молекулами, які

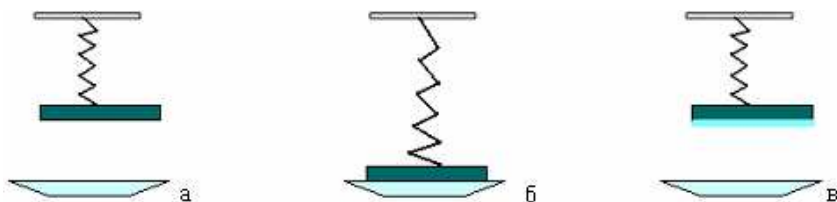


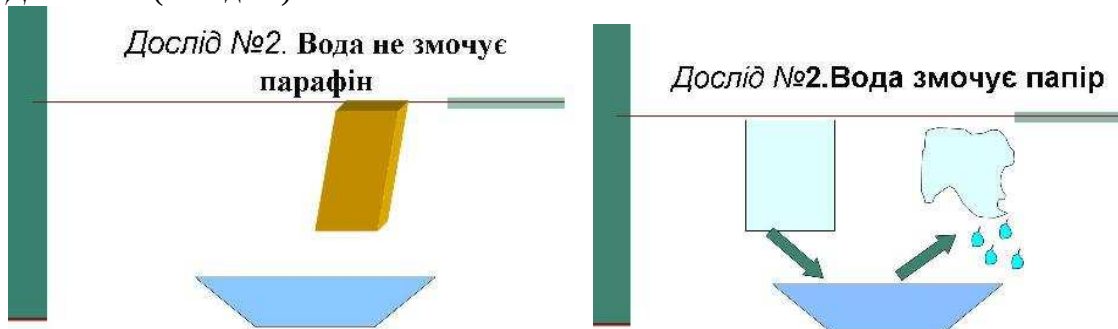
Рис. 3

утримують пластинку на поверхні води.

Коли скляна пластинка відривається від води (рис. 3,в), то на ній залишається тонкий шар води, тобто пластика змочена водою.

Значить розрив відбувається не в місці дотику молекул води з молекулами скла, а там, де молекули води дотикаються одна до одної. Тобто вода змочує скло.

Дослід №2(слайд 11):



11

12

Опускаю у воду пластинку з парафіну, винімаю з води. Пластинка – суха. Висновок: вода не змочує парафін. Вода не змочує всі жирні поверхні.

Дослід №3(слайд 12): Опускаю аркуш паперу в посудину з водою. Висновок: вода змочує папір.

Дослід №4. Опускаю аркуш паперу в посудину з олією. А потім опускаю цей же лист паперу в посудину з водою. Висновок: жирні тіла не змочуються водою.

Запишіть в зошит план уроку: (слайд 9)

1.Змочування.

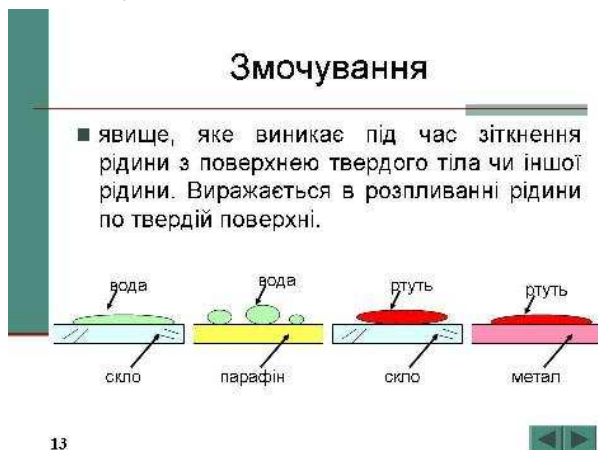
2.Капілярні явища.

3. Капілярні явища в ґрунті і рослинному світі.
4. Поверхнево – активні речовини. Адсорбція. Флотація.
5. Коефіцієнт поверхневого натягу як екологічний параметр.

III. Спийняття і усвідомлення учнями нового матеріалу.

На межі дотику твердих тіл з рідинами спостерігаються явища змочування, які полягають у викривленні вільної поверхні рідини біля твердих стінок посудини. Поверхня рідини, викривлена на межі називається меніском. Лінія, вздовж якої меніск перетинається з твердим тілом, називається *периметром змочування*.

1. Змочування.



Явище змочування (слайд 13) характеризується крайовим кутом θ між поверхнею твердого тіла і меніском в точках їх перетину, тобто в точках периметра змочування (рис. 4).

Рідина називається змочуючою тверде тіло, якщо крайовий кут гострий $0^\circ \leq \theta < \pi/2$ (рис. 4,а). Наприклад вода змочує чисте скло, ртуть змочує цинк. Для рідин, що не змочують тверде тіло, крайовий кут

тупий: $\pi/2 < \theta < \pi$ (рис. 4,б). Наприклад,

вода не змочує парафін, ртуть не змочує чавун. Якщо $\theta = 0$, змочування ідеальне;

якщо $\theta = \pi$, то ідеальне незмочування. При $\theta = 0$ і $\theta = \pi$ спостерігається сферична форма меніска, увігнута чи випукла. При $\theta = \pi/2$ рідина має плоску вільну поверхню. Цей випадок називається відсутністю змочування і незмочування (слайд 14)

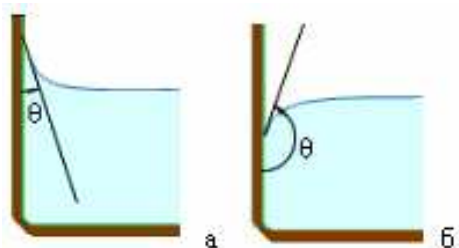


Рис. 4

Відмінність крайових кутів в явищах змочування і незмочування пояснюється відношенням сил притягання між молекулами твердих тіл і рідин і сил міжмолекулярного притягання в рідинах. Якщо сили притягання між молекулами твердого тіла і рідини більше, чим сили притягання молекул рідини одна з одною, то буде спостерігатись явище змочування.

Якщо молекулярне притягання в рідині більше сил притягання молекул рідини до молекул твердого тіла, то рідина не змочує тверде тіло.



Рис. 5

Викривлення поверхні рідини створює надлишковий тиск на рідину порівняно з тиском під плоскою поверхнею. Для сферичної поверхні рідини, при крайовому куті θ , рівному 0° або π , додатковий тиск p_m дорівнює: $p_m = 2\sigma/R$, де σ – коефіцієнт поверхневого натягу, R – радіус сферичної поверхні; $p_m > 0$, якщо меніск опуклий (рис. 5,а); $p_m < 0$, якщо меніск увігнутий (рис. 5,б).

При опуклому меніску p_m збільшує той тиск, який існує під плоскою поверхнею рідини (наприклад, атмосферний тиск на вільну поверхню рідини). При увігнутому меніску тиск зменшується на p_m .

2. Капілярні явища.

Вузькі циліндричні трубки з діаметром близько міліметра і менше називаються капілярами. Капіляри (від лат. capillaris – волосок), трубки з дуже вузьким каналом; система сполучених пор (наприклад, в гірських породах, і пінопластах).

Явище підняття (чи опускання) рідини в капілярах називається капілярністю (слайд 15).

Дослід: У воду занурити два капіляри різного діаметра. Спостерігати підйом рідини у капілярах. Вода піднімається вище від її рівня в посудині, і вище у капілярі, який має менший діаметр.

Дослід: Капіляр занурити в олію. Спостерігати опускання рідини нижче від її рівня в посудині.

Викривлення поверхні рідини спричинює додатковий молекулярний тиск, що визначається **формулою Лапласа**. Якщо поверхня має сферичну форму при повному

змочування чи незмочуванні, то $p_l = \frac{F_H}{S} = \frac{2\pi R\sigma}{\pi R^2} = \frac{2\sigma}{R}$. Тиск p_l алгебраїчно додається до атмосферного. Якщо меніск опуклий, то сумарний тиск більший від атмосферного і рідина опускається капіляром. Якщо меніск увігнутий, то - менший від атмосферного і рідина піднімається (рис. 6).

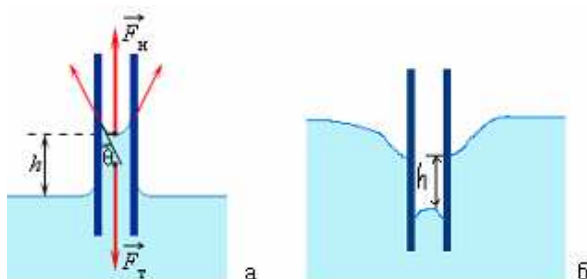


Рис. 6

Рідина піднімається (або опускається) доти, поки гідростатичний тиск $p = \rho gh$ стовпа рідини висотою h не компенсує додатковий

(лапласівський тиск) p_l : $\frac{2\sigma}{R} = \rho gh$ (слайд 16).

Розглядаємо кілька задач:

Висота піднімання води у стеблі рису в 15 разів більша, ніж у ґрунті. Визначте діаметр капіляра рису, якщо діаметр капіляра ґрунту – 0,3 мм.

Дано:
 $h_1 = h$
 $h_2 = 15h$
 $d_1 = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

$$\frac{2\sigma}{R} = \rho gh \Rightarrow \sigma = \frac{\rho ghR}{2} \Rightarrow \frac{\rho gh_1 R_1}{2} = \frac{\rho gh_2 R_2}{2} \Rightarrow h_1 R_1 = h_2 R_2 \Rightarrow$$

$$R_2 = \frac{h_1 R_1}{h_2} = \frac{h_1 d_1}{2h_2}; R_2 = \frac{h \cdot 0,3 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 15h} = 10^{-5} (\text{м})$$

$$[R_2] = \frac{\text{м} \cdot \text{м}}{\text{м}} = \text{м}$$

$d_2 = ?$ Відповідь: 10^{-5} м .

3. Капілярні явища в ґрунті і рослинному світі.

Капілярність поширена в природі, техніці, побуті. Вона грає велику роль в самих різноманітних процесах. Так, проникнення поживних речовин з ґрунту в рослини (в стеблі і листя), відбувається в значній степені завдяки капілярності. Тканини рослин пронизані великою кількістю вузьких каналів, по яким розчини солі від коренів поширюються по всій рослині.

Піднімання вологі з глибинних шарів ґрунту також можливе завдяки капілярності, це необхідно враховувати в сільському господарстві. Зменшуючи діаметр капілярів шляхом ущільнення ґрунту, збільшують приток води до поверхні, до зони випаровування, і тим самим прискорюють висушування ґрунту, а розпушуючи її і руйнуючи тим самим систему ґрунтових капілярів, затримують приплив вологи до зони випаровування і сповільнюють висушування ґрунту. Саме на цьому заснований відомий агротехнічний прийом регулювання водного режиму ґрунту - боронування.

Потім демонструю різні капілярні трубки, у тому числі і медичні, для забору крові.

Для закріплення даного матеріалу пропоную учням відповісти на такі питання:

- Чому весною ущільнюють орну землю, а в осіннє – зимові періоди – розпушують?
- Якими способами і навіщо відновлюється капілярність ґрунту?
- Як зберегти вологу в ґрунті в умовах жаркого літа?

Прояви та використання капілярності (слайд 17):

- 1.Вбирання корінцями рослин та підняття по стеблах поживних речовин і води. (Клітини рослин утворюють капілярні канали).
- 2.Процес кровообігу тварин і людини пов'язаний з капілярністю судин.
- 3.Рух води у ґрунті відбувається по капілярах. (Для зменшення випаровування - ґрунт розпушують, для збільшення - вкатують).
- 4.Намокання стін при відсутності гідроізоляції від фундаменту.
- 5.Використовується в сушінні, будівництві, у побуті (рушниках, салфетках, білизні, ґнотах, капілярних ручках, жіночих і дитячих засобах особистої гігієни).

4.Поверхнево – активні речовини. Адсорбція. Флотація.

Перейдемо до четвертого питання нашої теми (слайд 18). В широкому плані поверхнево – активні речовини – це речовини, які інтенсивно адсорбуються (поглинаються) на поверхнях розділу фаз при відповідному зменшенні поверхневого натягу σ .

При цьому спостерігається накопичення ПАР в поверхневому шарі порівняно з об'ємом при одночасній орієнтації молекул ПАР. До ПАР належать різні компоненти нафти, мило, деякі жирні кислоти, спирти, амінокислоти, детергенти (миючі засоби) при розчиненні їх у воді.

Зменшення поверхневого натягу в розчинах ПАР обумовлено підвищенням їхньої концентрації в поверхневому шарі, тобто адсорбцією. Першими фундаментальними роботами в теорії адсорбції були термодинамічна теорія Гіббса і дослідження Ленгмюра. На поверхнях твердих тіл також утворюються адсорбційні плівки, які грають величезну роль в явищах, пов'язаних з тертям, міцністю матеріалів і т.д. Змащувальна здатність мастил, пов'язана з наявністю орієнтованих адсорбційних шарів мастила, як ПАР, що створюються на поверхні твердого тіла.

Адсорбція ПАР на поверхні твердих тіл веде до адсорбційного зниження міцності твердих тіл («ефект Ребіндера»). Це явище широко застосовується для інтенсифікації важливих технологічних процесів, пов'язаних з руйнуванням твердих тел. Це буріння гірських порід, тонке дроблення твердих тіл у звичайних умовах та при вібрації і дії ультразвуку. Дія ПАР призводить до якісних змін механічних властивостей матеріалу, наприклад адсорбційне зниження межі міцності може зробити її значно меншою за межу текучості.

На різному змочуванні речовин ґрунтується явище флотації (від англ. float – спливання), яке має виняткове значення для збагачення бідних руд (зменшення пустої породи) та інших корисних копалин. Флотація полягає в розділенні суміші гідрофільних (змочуваних) та гідрофобних (не змочуваних) порошоків на основі їхнього вибіркового змочування різними рідинами. Для реалізації флотації заздалегідь роздрібнену породу (0,1 – 0,01мм) енергійно перемішують у воді, яка містить незначні частки ПАР (наприклад, дешеві масла), і спінюють. Основна пуста порода (кварц, силікати, вапняки тощо) осідає на дно, оскільки вона гідрофільна. Гідрофобні частинки цінних матеріалів втягуються в масло. При спінюванні суспензії пропусканням повітря частинки мінералів з маслом притягуються до бульбашок повітря і виносяться з піною у відстійники. При механічній обробці металів, а також при бурінні в гірських породах їх змочують спеціальними рідинами, що прискорює їхню обробку.

Явище змочування необхідно враховувати і при конструюванні космічних апаратів. Справа в тому, що в стані невагомості змочувальна рідина утворює велику краплю всередині посудини. Тому матеріал стінок і форму паливних баків необхідно вибирати так, щоб паливо утримувалось у отворів, через які відбувається його перехід до двигунів.

Фізика прання

Процес прання описаний ще Гомером в «Одисеї». У ті часи прання в Греції було схоже скоріше на пікнік. Царівна Навсікая разом зі служницями, навантаживши мулів коробами із брудним одягом і кошиками з їжею, виїжджає до моря на прання:

К устью реки многоводной
достигли они напоследок.
Были устроены там водоёмы:
вода в них обильно
Светлой струёю лилася,
нечистое всё омывая.
Потом с колесницы
Сняли все платья и в полные
их водоёмы ногами
Крепко втоптали, проворным
усердием споря друг с другом.
Начали платья они полоскать
и потом, дочиста их
Вымыв, по взморью
на мелко-блестящем хряще, наносимом
На берег плоский морскою волною,
их все разостлали.
Кончив, они искупались в реке и,
натёршись елеем,
Весело сели на мягкой траве
у реки за обед свой,
Влажные платья оставив сушить
лучезарному солнцу.

(Пісня шоста. Переклад В. А. Жуковського.)

Так прали при дворі царя Алкіноя. Мила тоді ще не було, воно з'явилося в Месопотамії років на 200–300 пізніше епохи Гомера й до Греції дійшло не швидко.

Але фізика процесу прання дотепер недостатньо ясна, але ж її потрібно знати для проектування більше ефективних пральних машин і синтезу нових пральних порошків.

Для порівняння ефективності різних пральних порошків і програм прання застосовують стандартні зразки бруду: кварцовий пісок різної зернистості, замішаний на воді, жирні кислоти, масло, різні пігменти. Їх наносять на білу тканину й вимірюють відбиття білого світла від неї; після прання вимірювання повторюють.

В 1987 році голландський фізик Лукас Ван-ден-Брекел захистив у Делфтском технічному університеті докторську дисертацію на тему «Гідродинаміка й масовий перенос у домашніх пральних машинах барабанного типу». Він змодельовав процес прання на комп'ютері, але результати виявилися досить дивними. Вийшло, що прання простої сорочки займе більше 20 годин. У розрахунках дисертант прийняв, що вода при пранні не протікає через пори текстилю, відмиваючи застряглий в них бруд. Дійсно, самі вузькі пори тканини після забруднення можуть мати в поперечнику всього біля одного десятої мікрона. Щоб продавлювати воду через такий тонкий фільтр, потрібно чималий тиск, що не створюється ні барабаном пральної машини, ні руками або ногами праль. Тому Ван-ден-Брекел прийняв, що бруд мігрує у воду тільки за рахунок дифузії, що, втім, полегшується рухом води й механічним перетиранням білизни. Прискорює дифузію й підігрів води для прання, чого не було в царівни Навсікаї. А поверхнево-активні речовини, будь то мило або сучасні пральні порошки, допомагають відривати забруднення від тканини. Але все це було враховано в математичній моделі прання. І все-таки — двадцять годин!

Непорозуміння свого колеги розсіяла Аннемун Тиммерман з того ж університету. Вона захистила дисертацію на тему «Роль динаміки поверхнево-активних речовин в ефективному пранні текстилю». По-перше, говорить Тиммерман, бурхливі перетрусом білизни при пранні то розтягують, то стискають тканину, при цьому її пори теж розтягуються й стискаються, так що не можна говорити про їх постійний дуже вузький

просвіт й неможливості циркуляції води через пори. По-друге, білизна, яка преться, покрита тонкою плівкою з упорядкованих молекул поверхнево-активної речовини. При перетрушенні тканини ця плівка повзе по ній, «підкапуючись» під забруднення, що налипнули на тканину. Якщо тканина нерухомо лежить у воді, ніякі найсучасніші засоби для прання не зможуть видалити забруднення. Так що кип'ятити білизну, можливо, необов'язково, але прати все-таки потрібно.

5. Коефіцієнт поверхневого натягу як екологічний параметр.

Екологічна мета уроку, присвяченого силі поверхневого натягу рідини, така: дати поняття про поверхневий натяг води як важливий фізичний параметр природи; показати залежність цієї величини від хімічного і фізичного забруднення води; ознайомити учнів із заходами охорони води від забруднення, які робляться в нашій країні.

Ця мета досягається в ході розгляду програмного матеріалу про поверхневий натяг з невеликим додаванням екологічних відомостей. Учні повідомляють, що поверхневий шар води поводить себе як розтягнута еластична плівка і з цієї причини дрібні комахи, наприклад водоміри, можуть швидко ковзати по її поверхні. Торкаючись води своїми ніжками, покритими волосками, що не змочуються, вони призводять до деформації водної поверхні з утворенням увігнутого меніска (рис. 7). З рисунка: вертикальна складова $\vec{N}$ сили поверхневого натягу $\vec{F}$ напрямлена вгору, її модуль дорівнює $N = \sigma \cos \alpha$, де σ - коефіцієнт поверхневого натягу, l - периметр кінцівки комахи, дотичної з водою, α - кут, що від вертикалі до поверхні води ($0^\circ < \alpha < 90^\circ$).

При змочуванні тіла водою - $90^\circ < \alpha < 180^\circ$. Вертикальна складова сили поверхневого натягу напрямлена вниз і тіло занурюється у воду. Таким чином, сила поверхневого натягнення сильно залежить від такого фізичного параметра природи, як коефіцієнт поверхневого натягу, значення якого необхідно підтримувати в певних межах. Нормальні значення σ для чистої води $\sigma = 7,6 \cdot 10^{-2} \text{ Н/м}$ при $t = 0^\circ \text{C}$ і $\sigma = 7,3 \cdot 10^{-2} \text{ Н/м}$ при $t = 20^\circ \text{C}$. Різні забруднення (хімічні і теплові) сильно змінюють поверхневий натяг води, що ускладнює життєдіяльність членистоногих комах, що мешкають на поверхні річок, озер, морів, і веде до зменшення їх чисельності (слайд 19).

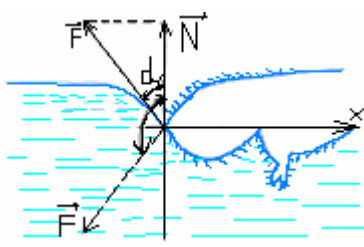


Рис. 7



Рис. 8

Сила поверхневого натягу і живі організми

■ Сила поверхневого натягу. Це властивість води (вона уступає лише ртуті) не тільки спричиняє здатність води підніматися товстими квітковими (що дуже важливо й для водного балансу ґрунту, і для транспорту судинними рослин), але й можливість використання поверхневої плівки води для пересування. Такі тварини утворюють екологічну групу комах, що діляться на сімейство (ті, які пересуваються поверхнею плівки, як зображена на фотографії волохатка), і тіньовий - тварини, що прикріплюються до поверхневої плівки у воді (личинки деяких мух і комарів).



19

Деякі тварини, що мешкають у воді, але не мають зябер, підвішуються знизу біля поверхневої плівки води за допомогою особливих не змочуваних щетинок, що оточують їх органи дихання. Цим прийомом користуються личинки комарів (у тому числі і малярійних).

Пір'я і пух водоплавних птахів завжди рясно змазані жировими виділеннями особливих залоз, що пояснює їх незмочуваність. Товстий шар повітря, що знаходиться між пір'ям качки, не лише захищає качку від втрати тепла, але і надзвичайно збільшує її «запас плавучості», діючи подібно рятувальному поясу. Воскоподібний наліт на листі перешкоджає заливці так званих устьїц, яке могло б привести до порушення правильного дихання рослин (рис. 9); наявністю того ж воскового нальоту пояснюється водонепроникність солом'яної покрівлі, сіна в стогах.

Вченим із Массачусетського технологічного інституту вдалося створити робота-комаху,

який може ходити по воді, повідомляє ВВС. В основу розробки дослідники поклали механізм, що дозволяє представникам сімейства водомірів (Gerridae) вільно долати водний простір в живій природі.

Водомірки полюють на комахах, які впали у воду схоплюючи їх передніми лапками і швидко висмоктуючи своїми міцними, зігнутими хоботками. Вони швидко пересуваються по водній гладі ставків і озер, з силою відштовхуючись середніми ногами, довгі задні ноги виконують функцію керма. За теоріями, що висувалися раніше, молодим комахам не повинно вистачати сил на пересування по воді, тоді як в живій природі вони із успіхом це роблять. Завдяки поверхневому натягу водомірки не тонуть; однак, щоб повністю відтворити сам механізм їх пересування по воді, знадобилося ретельне експериментальне вивчення.

Для дослідження гідродинамічної структури потоків, які виникають при русі водомірки, учені застосували звичайні методи візуалізації – добавляли у воду барвники або крихітні частинки і записували те, що відбувається за допомогою швидкісної камери. Виявилося, що при ковзанні по водянній гладі лапки водомірки провисають в поверхневій плівці води, не прориваючи її. Камера зафіксувала невеликі вири, які залишає кожна лапка комах при ковзанні по воді.

Робот - водомірка (слайд 20, 21) більше за розміром свого реального прототипу, а його рухи – менш граціозні, та все одно його творцям вдалося зрозуміти і відтворити цей природний феномен. Подробиці дослідження групи вчених із Массачусетського технологічного інституту опубліковані в журналі Nature. (*Джерело: з використанням матеріалів і фото ВВС рис. 10.*)

Прояви та використання змочування і незмочування (слайд 22):

- 1.Клеєння, паяння, фарбування, змащення тертювих поверхонь.
- 2.Воскова поверхня на листках, фруктах, соломі запобігає гниттю.
- 3.Змащене жиром пір'я водоплаваючих птахів допомагає їм утриматись на воді.
- 4.Флотація (спливання) відокремлення цінної породи від пустої.



Рис. 9

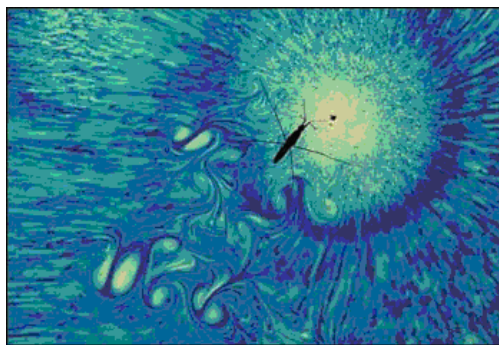


Рис. 10

«Ефект лотоса» (слайд 23). Чималу роль у явищі змочування грає й структура поверхні. Шорсткуватий, горбистий або пористий рельєф може поліпшити змочування. Згадаємо, приміром, губки й махрові рушники, що добре вбирають воду. На цьому заснований так званий «ефект лотоса». Лотос шанується на Сході як символ чистоти — його пелюстки завжди залишаються сухими й білосніжними. Загадка лотоса була розгадана недавно. Виявилося, що справа не тільки у воскоподібному (гідрофобному) покритті його пелюстків, але й в особливій мікроструктурі їхньої поверхні. Рельєф пелюстка лотоса утворений набором пагорбів і западин мікронного розміру, покритих окремими «крупинками» гідрофобної речовини діаметром у кілька нанометрів. Потрапивши на таку поверхню, крапля приймає форму, близьку до сферичного, і легко скачується з її, несучи із собою частки забруднень. Схожим чином улаштовані крила метеликів і багатьох інших комах, для яких захист від надлишкової води життєво необхідний: намокнувши, вони втратили б здатність літати.

«Ефект лотоса» використовується в промисловості для створення супергідрофобних самоочисних покриттів і фарб, на яких крайовий кут води перевищує 150. Наприклад, учені з Массачусетського технологічного інституту (США) недавно розробили



Рис. 11

надвідштовхуюче покриття, що складається з декількох шарів мікропористої плівки поліелектроліту й кремнієвих наночастинок. Учені зізналися, що їх надихнув «ефект лотоса».

А японських учених надихнули метелика. Прототипом створеного ними декоративного покриття послужила поверхня крил діамантово-блакитного метелика *Morpho sulkowskyi* (рис. 11). Плівка була сформована із часток кварцу діаметром 6 нанометрів і кульок полістиролу діаметром кілька сотень мікрон.

Після нагрівання плівки й видалення полістиролу був отриманий матеріал, що складається із часток кварцу, розділених повітряними проміжками. Потім поверхня покрили шаром гідрофобної речовини, і в результаті крайовий кут води на плівці став дорівнює 160. Попутно виявилось, що мікроструктура отриманого покриття не тільки відштовхує воду, але й сприяє розсіюванню й дифракції світла - от чому метелика *Morpho sulkowskyi* не тільки залишаються сухими в будь-яку погоду, але й переливаються на сонці всіма квітами веселки. Міняючи величину повітряних проміжків у плівці (тобто розмір кульок полістиролу), учені навчилися задавати кольори покриття в межах від червоного до синього.

«Нанокилим» (слайд 24, 25). Останнім часом учені виявляють велику цікавість до «нано» покриттів, що складаються з безлічі «ворсинок» нанометрових розмірів (у десятки - сотні тисяч разів тонше людського волосся). Такі поверхневі структури завдяки сильно розвиненому рельєфу здатні багаторазово підсилювати як гідрофобні, так і гідрофільні властивості матеріалів.

Наприклад, китайські вчені недавно змайстрували «нанокилим» (рис. 12) - матеріал, поверхня якого утворена густо розташованими «ворсинками» діаметром усього 50 -150 нанометрів. Відомо, що оксид цинку, з якого зроблено чудо-килим, має здатність переходити з гідрофобного в гідрофільний стан під дією ультрафіолету. Ефект пов'язаний з нагромадженням заряду в поверхневому шарі напівпровідника під дією опромінення.

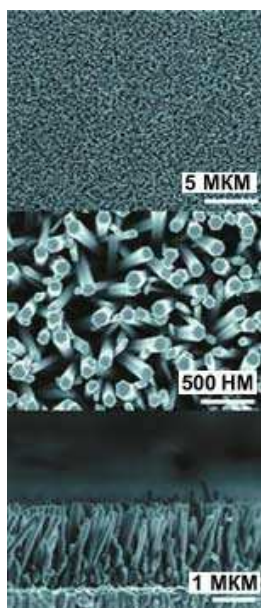


Рис. 12. «Нанокилим», виготовлений китайськими дослідниками, створюють часто, але хаотично розташовані нитки з оксиду цинку діаметром від 50 до 150 нанометрів. Внизу - вид на «килим» збоку.

У темряві поверхневий заряд поступово стікає (приблизно за тиждень), і оксид цинку

відновлює властиву йому «водострах». Наявність «нановорсинок» багаторазово підсилило властивості напівпровідника, розширивши діапазон перемикачів «нанокилима» від супергідрофобного до супергідрофільного (крайовий кут близький до нуля) стану. Таке покриття могло б знайти масу застосувань у промисловості й господарстві, якби не один недолік -занадто великий час зворотнього перемикачів. Втім, китайці сподіваються незабаром цього недоліку позбутися.



IV. Узагальнення і систематизація знань.

V. Підведення підсумків і повідомлення домашнього завдання.

Домашнє завдання:

Вивчити теоретичний матеріал, розв'язати задачі (слайд 26):

- 1) Соломинка довжиною 5 м та масою 1 г плаває на поверхні води. З одного боку на неї крапає мильний розчин. З яким прискоренням почне рухатися соломинка?
- 2) За допомогою динамометра кільце з проволочки масою 1,5 г та радіусом 2,5 см відривають від поверхні води. Чому дорівнює поверхневий натяг рідини, якщо в момент відриву динамометр показує 50 мН?

Творче завдання: запропонуйте спосіб експериментального вимірювання в домашніх умовах коефіцієнта поверхневого натягу води або іншої рідини.

Література:

1. Фізика, 10 кл.: Підруч. для загальноосвіт. навч. закл. /Є.В.Коршак, О.І.Ляшенко, В.Ф.Савченко. – К.; Ірпінь: ВТФ «Перун», 2002.
2. Кирик Л.А. Уроки фізики. 10 клас: календарно – тематичне планування, плани – конспекти уроків, методичні рекомендації, тематичні контрольні роботи. – Харків: Ранок-НТ, 2004.
3. Кирик Л.А., Гендельштейн Л.Е. Фізика – 10. Методичні матеріали для вчителя. – Харків: Гімназія, 2007.
4. Тульчинский М. Е. Качественные задачи по физике в средней школе. Пособие для учителей. Изд. 4-е, перераб. И доп. М., «Просвещение», 1972.
5. Турдикулов Э.А. Экологическое образование и воспитание учащихся в процессе обучения физике: Кн. для учителя. – М.: Просвещение, 1988.
6. Уокер Дж. Физический фейерверк: - 2-е изд. Пер. с англ. /Под ред. И.Ш.Слободецкого. – М.: Мир, 1988.
7. [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://www.membrana.ru/articles/technic/2005/06/09/155400.html> Заголовок з екрана.
8. Игорь Тихомиров. [Електронний ресурс] Режим доступу: www.photoline.ru_Фотография_Будущий_обед_водомерки. Заголовок з екрана.