

20.10.2022

Група 21

Фізика і астрономія

Урок 3-4

Тема: Змочування. Капілярні явища

Мета:

- Повторити теоретичний матеріал; узагальнити, систематизувати та поглибити знання учнів із теми; застосувати знання з фізики під час розв'язування прикладних задач; формувати уяву про процеси у природі;
- розвивати в учнів пізнавальний інтерес, уміння використовувати набуті знання, навички й уміння в нових ситуаціях; підвищити інтерес до вивчення фізики та астрономії; розвивати абстрактне та логічне мислення;
- виховувати у учнів повагу та зацікавленість до вивчення фізики та астрономії, старанність у навчанні; сприяти розширенню кругозору учнів.

Матеріали до уроку:

ЗМОЧУВАННЯ. Якщо рідина межує з її ж парою, то взаємодії між молекулами слабкіші і їх можна не враховувати. Якщо поверхневий шар рідини межує з твердим тілом, то взаємодію молекул рідини і твердого тіла слід враховувати. У повсякденному житті можна спостерігати, що крапля води розпливається чистою поверхнею скла (мал. 30.1, а), але не розпливається забрудненою жиром — і має форму майже правильної кулі (мал. 30.1, б).



а) б)
Мал. 30.1. Рідина змочує (а) і не змочує поверхню (б)

Тоді говорять, що вода або змочує поверхню, або — не змочує.

Якщо взаємодія між молекулами рідини менша, ніж їх взаємодія з молекулами контактного твердого тіла, то вона його змочує і, навпаки, якщо ця взаємодія більша, — не змочує.

Явища змочування і незмочування відіграють важливу роль у побуті та техніці. Якби, наприклад, вода не змочувала тіло людини, то марним було б купання. Добре змочування потрібне під час фарбування і прання, паяння, збагачення руд цінних порід та інших технічних процесів.

КАПІЛЯРНІ ЯВИЩА. Змочування або незмочування рідиною стінок посудини впливає на форму вільної поверхні рідини, а також призводить до її підняття або опускання у посудині, в яку занурено капіляр. Ці явища називаються капілярними. Як їх пояснити?

Зануримо в рідину густиною ρ циліндричний капіляр радіусом $r \approx 1$ мм (мал. 30.2). Її підняття в капілярі припиниться тоді, коли сила тяжіння піднятого стовпа рідини зрівноважить рівнодійну сил поверхневого натягу: $F_{\text{н}} = F_{\text{т}}$.

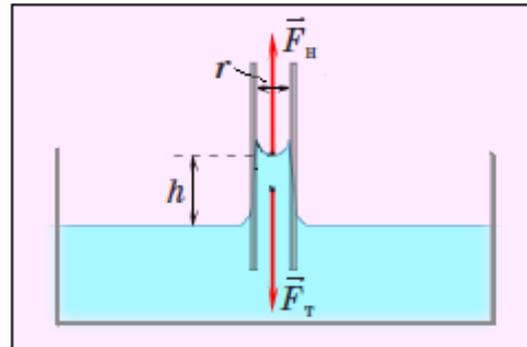
Сила поверхневого натягу $F_{\text{н}} = 2\pi r\sigma$. Сила тяжіння $F_{\text{т}} = mg$.

Оскільки $m = \rho V = \rho\pi r^2 h$, справедливою є рівність:

$$2\pi r\sigma = \rho\pi r^2 h g.$$

Звідси висота підняття рідини в циліндричному капілярі:

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g r},$$



Мал. 30.2. Підняття рідини у капілярі

де h — висота підняття рідини в циліндричному капілярі; σ — коефіцієнт поверхневого натягу рідини; ρ — її густина; r — радіус капіляра; g — прискорення вільного падіння.

Якщо рідина не змочує капіляр, то її рівень у ньому буде нижчим від рівня рідини в посудині. Різниця цих рівнів, яку також позначають h , має таку ж залежність від σ , ρ і r , як і під час змочування.

Капілярні явища мають велике значення в природі й техніці. Завдяки їм здійснюється проникнення вологи з ґрунту в стебла і листя рослин. Саме в капілярах відбуваються основні процеси, пов'язані з диханням і живленням організмів.

У будівництві враховують можливість підняття вологи капілярними порами будівельних матеріалів. З метою захисту фундаменту і стін від дії ґрунтових вод та вологи застосовують гідроізоляційні матеріали: толь, смоли тощо. Завдяки капілярному підняттю вдається фарбувати тканини. Часто капілярні явища використовують і в побуті. Застосування рушників, серветок, гігроскопічної вати, марлі, промокального паперу можливе завдяки наявності в них капілярів.

- 7 (д). У стеблі пшениці вода капілярами піднімається на висоту 1 м. Визначте середній діаметр капілярів.

7(g) Дано:

$$\begin{array}{l}
 h = 1 \text{ м} \\
 \sigma = 73 \frac{\text{мН}}{\text{м}} = 73 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Н}}{\text{м}} \\
 g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \\
 \rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \\
 d = ?
 \end{array}
 \left|
 \begin{array}{l}
 \tau = \frac{d}{2} \\
 h = \frac{2\sigma}{\rho g \tau} \rightarrow \frac{d}{2} \\
 1 \text{ м} = \frac{2 \cdot 73 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Н}}{\text{м}}}{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \frac{d}{2}}
 \end{array}
 \right.$$

$$1 \text{ м} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot \frac{d}{2} = 2 \cdot 73 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$$\frac{d}{2} = \frac{2 \cdot 73 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Н}}{\text{м}}}{1 \text{ м} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}}$$

$$d = \frac{2 \cdot 73 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Н}}{\text{м}}}{1 \text{ м} \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} \cdot 2 \approx$$

$$\approx 2,92 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

Це це середній діаметр капілярів.

- 8 (д). Чому дорівнює різниця рівнів ртуті у двох капілярних трубках, розміщених в одній посудині із ртуттю. Діаметри капілярів відповідно рівні 0,5 мм і 1 мм. Густина ртуті становить 13 600 кг/м³.

Дано:

$$\begin{array}{l}
 \rho = 13600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \\
 g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \\
 d_1 = 0,5 \text{ мм} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м} \\
 d_2 = 1 \text{ мм} = 10^{-3} \text{ м} \\
 \sigma = 510 \frac{\text{мН}}{\text{м}} = 510 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Н}}{\text{м}} \\
 \Delta h = ?
 \end{array}
 \left|
 \begin{array}{l}
 \Delta h = h_1 - h_2 \\
 \tau_1 = \frac{d_1}{2} = \frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{2} \text{ м} = 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ м} \\
 \tau_2 = \frac{d_2}{2} = \frac{10^{-3}}{2} \text{ м} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м} \\
 h_2 = \frac{2\sigma}{\rho g \tau_2}, h_1 = \frac{2\sigma}{\rho g \tau_1} \\
 \Delta h = \frac{2\sigma}{\rho g \tau_1} - \frac{2\sigma}{\rho g \tau_2} = \\
 = \frac{2 \cdot 510 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Н}}{\text{м}}}{13600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ м}} - \frac{2 \cdot 510 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Н}}{\text{м}}}{13600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}} =
 \end{array}
 \right.$$

$$= 0,03 \text{ м} - 0,015 \text{ м} = 0,015 \text{ м} = 15 \text{ мм}$$

- 11 (в). Кубик плаває на поверхні води. Обчисліть глибину занурення кубика у воду без урахування сили поверхневого натягу; з урахуванням сили поверхневого натягу за умови, що поверхня кубика не змочується водою. Маса кубика становить 3 г, довжина його ребра складає 20 мм.

a) Дано:

$$\begin{array}{l}
 m = 32 = 3 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \\
 \rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \\
 l = 20 \text{ мм} = 20 \cdot 10^{-3} \text{ м} \\
 h - ?
 \end{array}
 \left|
 \begin{array}{l}
 V = Sh \\
 F_{\text{ар}} = \rho g V \\
 F_{\text{ар}} = F_{\text{Т}} \\
 \rho g V = mg \\
 V = \frac{mg}{\rho g} = \frac{m}{\rho}
 \end{array}
 \right.$$

$$V = \frac{3 \cdot 10^{-3} \text{ кг}}{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

$$h = \frac{V}{S} = \frac{V}{l^2}$$

$$h = \frac{3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3}{(20 \cdot 10^{-3} \text{ м})^2} = \frac{3 \cdot 10^{-6} \text{ м}}{400 \cdot 10^{-6}} = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 7,5 \text{ мм}$$

Дано:

$$\begin{array}{l}
 m = 32 = 3 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \\
 \rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \\
 l = 20 \text{ мм} = 20 \cdot 10^{-3} \text{ м} \\
 \sigma = 73 \frac{\text{мН}}{\text{м}} = 73 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Н}}{\text{м}} \\
 g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \\
 h - ?
 \end{array}
 \left|
 \begin{array}{l}
 F_{\text{ар}} = \rho g V, F_{\text{Т}} = mg, F_{\text{нов}} = \sigma l \\
 F_{\text{нов}} + F_{\text{Т}} = F_{\text{ар}} \\
 \sigma l + mg = \rho g V \\
 V = Sh = l^2 h \\
 \sigma l + mg = \rho g l^2 h \\
 h = \frac{\sigma l + mg}{\rho g l^2}
 \end{array}
 \right.$$

$$h = \frac{73 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot 20 \cdot 10^{-3} \text{ м} + 3 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}}{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 400 \cdot 10^{-6} \text{ м}} \approx$$

$$\approx 0,0049 \text{ м} \approx 4,9 \text{ мм}$$

Задача 3.7. Визначити точність дозування мікстури за допомогою піпетки з діаметром отвору $d = 1 \text{ мм}$. Густина ліків $\rho = 1 \text{ г/см}^3$, поверхневий натяг $\sigma = 60 \text{ мН/м}$.

Дано:

$$d = 1 \text{ мкм} = 10^{-3} \text{ м}$$

$$\rho = 12 \text{ т/м}^3 = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$\sigma = 60 \frac{\text{мН}}{\text{м}} = 60 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$V = ?$

Відповідь: $V \approx 18,8 \text{ мм}^3$

$$F_T = F$$

$$F_T = mg, F = \sigma l = \sigma J d l$$

$$mg = \sigma J d$$

$$m = \rho V$$

$$\rho V g = \sigma J d$$

$$V = \frac{\sigma J d}{\rho g}$$

$$V = \frac{60 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot 3,14 \cdot 10^{-3} \text{ м}}{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} \approx 1,884 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3 \approx 18,8 \text{ мм}^3$$

Задача 3.9. Дві вертикальні паралельні скляні пластини, розміщені на відстані $d = 0,5 \text{ мм}$ одна від одної, опустили на невелику глибину в посудину з водою. **Визначити** висоту h , на яку підніметься вода в зазорі між пластинами. Поверхневий натяг води $\sigma = 74 \text{ мН/м}$, густина $\rho = 1 \text{ г/м}^3$.

Дано:

$$d = 0,5 \text{ мм} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$\sigma = 73 \frac{\text{мН}}{\text{м}} = 73 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$$\rho = 12 \text{ т/м}^3 = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

$h = ?$

Відповідь: $h \approx 2,9 \text{ см}$

$$F = F_T$$

$$F = \sigma \cdot 2l, F_T = mg$$

$$m = \rho V = \rho d l h$$

$$\sigma \cdot 2l = \rho d l h g$$

$$h = \frac{\sigma \cdot 2l}{\rho d l g} = \frac{\sigma \cdot 2}{\rho d g}$$

$$h = \frac{73 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot 2}{1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}} = 0,0292 \text{ м} \approx 2,9 \text{ см}$$

Домашнє завдання: пройти тест за посиланням
<https://forms.gle/Z7nKaab88DnvmR49>.

Зворотній зв'язок:

E-mail t.anastasia.igorivna@gmail.com