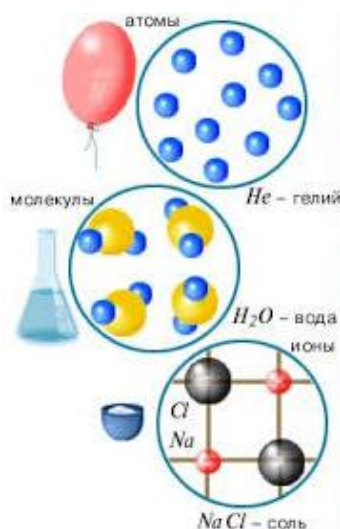


## ТЕМАТИЧНА ПАПКА

*для організації самостійної навчально-пізнавальної  
діяльності учнів та  
розвитку їх творчих здібностей*

**ЗА ТЕМОЮ:**

# ВЛАСТИВОСТІ ГАЗІВ, РІДИН, ТВЕРДИХ ТІЛ



**Розробила спеціаліст  
вищої категорії  
Т. В. Коздоба**

## Тема уроку: Ізопроееси. Газові закони

Перевірка виконання домашнього завдання



1. Чому дорівнює універсальна газова стала?

<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>	<b>Г</b>
$1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К	$8,31$ Дж/моль·К	$6,02 \cdot 10^{23}$ моль <sup>-1</sup>	$9,8$ м/с <sup>2</sup>

2. Як зміниться тиск гелію масою 2 кг, якщо його об'єм збільшили в 4 рази і температуру збільшили в 4 рази?

<b>А</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>	<b>Г</b>
Збільшиться в 16 разів	Зменшиться в 16 разів	Збільшиться в 4 рази	Не зміниться

3. На поверхні Венери температура й атмосферний тиск відповідно дорівнюють 750 К і 9120 кПа. Знайти густину атмосфери біля поверхні планети, вважаючи, що вона складається з вуглекислого газу ( $M = 44 \cdot 10^{-3}$  кг/моль).



**Дано:**

$T = 750$  К  
 $p = 9120$  кПа  
 $M = 44 \cdot 10^{-3}$  кг/моль  
 $R = 8,31$  Дж/моль·К

**СИ:**

$9,12 \cdot 10^6$  Па

**Розв'язання:**

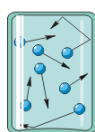
$$\left. \begin{aligned} \rho &= \frac{m}{V}, \\ pV &= \frac{m}{M} RT \Rightarrow m = \frac{pVM}{RT} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \rho = \frac{pVM}{RTV} = \frac{pM}{RT}$$

$$[\rho] = \frac{\frac{\text{Па} \cdot \text{кг}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot \text{моль}}{\text{м}^2 \cdot \text{Н} \cdot \text{м}} = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho = \frac{9,12 \cdot 10^6 \cdot 44 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 750} = 64,4 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

**Відповідь:**  $\rho = 64,4 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ .

Актуалізація опорних знань  
Вправа «Мозковий штурм»



1. Що називають ідеальним газом?
2. Які макроскопічні параметри характеризують ідеальний газ?
3. Що називають рівнянням стану ідеального газу?
4. Запишіть рівняння стану ідеального газу у вигляді рівняння Менделєєва Клапейрона та рівняння Клапейрона. Яке з рівнянь містить більше інформації?

Мотивація навчальної діяльності учнів

1. Чи завжди усі макроскопічні параметри змінюються?
2. Чи можливі випадки, коли один з параметрів залишається постійним?

**План вивчення теми**

1. Ізопроееси. Газові закони.
2. Ізотермічний процес.
3. Ізобарний процес.
4. Ізохорний процес.



### 1. Ізопроеци. Газові закони.

Багато процесів зміни стану газів у природі і в теплових машинах відбуваються так, що один з трьох макроскопічних параметрів ( $T$ ,  $p$ ,  $V$ ) залишаються або спеціально підтримуються сталими, а два других параметра при цьому змінюються.

**Ізопроеци** – це процеси, за яких один з макроскопічних параметрів – температура, тиск або об'єм – залишаються постійними.

Кількісні залежності між двома параметрами газу при незмінному значенні третього параметра називають **газовими законами**.

### 2. Ізотермічний процес

Процес зміни стану газу при сталій температурі називають **ізотермічним процесом**.

**Поставимо дослід:** обертаючи гвинт, збільшимо об'єм гофрованого циліндра.

- Чи змінюються покази манометра? Як?
- Чи змінювалась температура і маса повітря в гофрованому циліндрі під час досліджу?
- Що можна сказати про залежність тиску даної маси повітря від об'єму при сталій температурі?



За допомогою рівняння стану ідеального газу встановимо кількісну залежність між двома параметрами газу при незмінному значенні третього ( $m = \text{const}$ ):

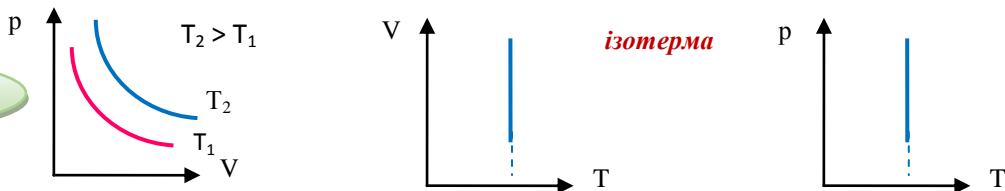
$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad \text{при } T_1 = T_2 = T = \text{const} \Rightarrow p_1 V_1 = p_2 V_2 \quad \text{або} \quad pV = \text{const}$$

**Закон Бойля – Маріотта:** для газу даної маси добуток тиску та об'єму газу залишається сталим при незмінній температурі.

Закон встановлено експериментально Р. Бойлем (1662 р.) і Е. Маріоттом (1676 р.).

**Пояснення закону Бойля — Маріотта з позиції МКТ:** під час стискання газу, тобто зменшення об'єму, збільшується концентрація його молекул і густина, внаслідок чого зростає кількість ударів молекул газу об стінки посудини, в якій він міститься, тобто тиск зростає. І навпаки, з розширенням газу тиск зменшується.

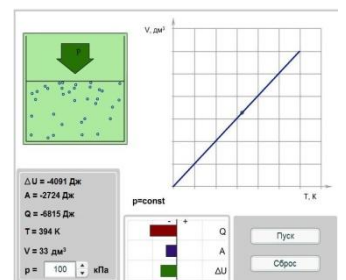
### Графічне зображення ізотермічного процесу



### 3. Ізобарний процес.

#### ➤ Завдання для учнів I групи

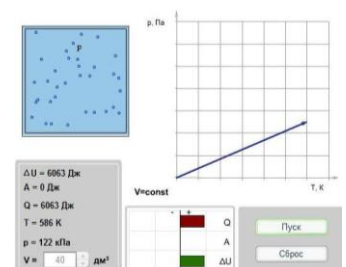
1. Вивчити ізобарний процес за підручником § 21.
2. Розглянути анімацію ізобарного процесу.  
ЕОР: <http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/2f128994-0de0-6244-4051-2b036042082a/00144676710093346.htm>
3. Створити опорний конспект.
4. Представити результати досліджень.



### 4. Ізохорний процес.

#### ➤ Завдання для учнів II групи

1. Вивчити ізохорний процес за підручником § 21.
2. Розглянути анімацію ізохорного процесу.  
ЕОР: <http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/57b38a44-5256-65ac-51d1-d3d882ec08ba/00144676728630378.htm>
3. Створити опорний конспект.
4. Представити результати досліджень.



Довідка:  
грец.  
"ізо" –  
рівний

Вправа  
"Спостереження"



Р. Бойль

Аналіз графіків

Робота в  
малих  
групах з  
ЕОР



Створи конспект, заповнюючи проміжки у схемах



..... – це процеси, за яких один з макроскопічних параметрів – температура, тиск або об'єм залишаються постійними.

Кількісні залежності між двома параметрами газу при незмінному значенні третього параметра називають .....

Рівняння Клапейрона

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

Закон Бойля — Маріотта

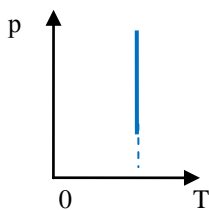
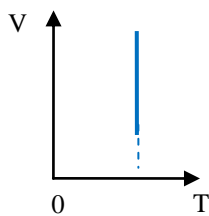
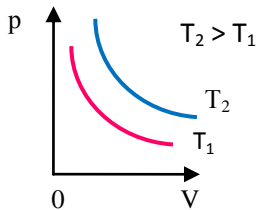
Ізотермічний процес

$$T_1 = T_2 = T = const$$

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

$$pV = const$$

ізотерми



Закон .....

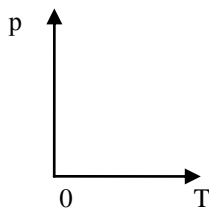
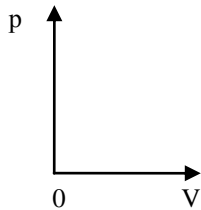
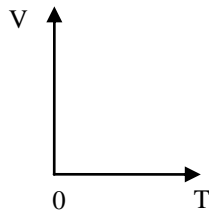
..... процес

$$... = ... = ... = const$$

$$\frac{...}{...} = \frac{...}{...}$$

$$\frac{...}{...} = const$$

.....



Закон .....

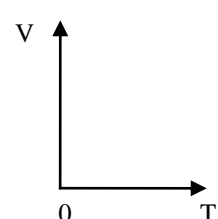
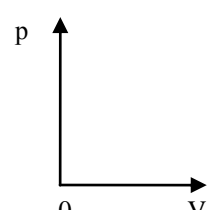
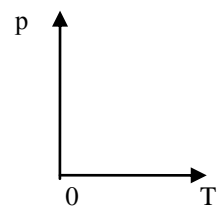
..... процес

$$... = ... = ... = const$$

$$\frac{...}{...} = \frac{...}{...}$$

$$\frac{...}{...} = const$$

.....



## Закріплення нових знань



### Початковий рівень

На дошці демонструється інтерактивна модель (Репетитор 1С).

1. Який процес представлено?
2. Який параметр газу є незмінним?
3. Як називається закон?
4. Як називається графік процесу?

### Виконаємо разом: заповнимо пропуски в рішенні

#### Середній рівень

**Задача 1.** Балони електричних ламп заповнюють азотом за тиску 50,7 кПа і температури 17 °С. Визначити тиск у ввімкненій лампі в момент, коли температура газу досягне 360 К.

**Дано:**

... = 50,7 кПа  
 $t_1 = 17^\circ\text{C}$   
 ... = 360 К

**СІ:**

50,7 · ... Па

**Розв'язання:**

Балон лампи закритий, ... = const, процес .....

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}, \Rightarrow p_2 = \frac{p_1 \cdot T_2}{T_1}, \quad [p_2] = \frac{\text{Па} \cdot \text{К}}{\text{К}} = \text{Па}.$$

$$T = t + 273, \quad T = \dots + 273 = 290 \text{ (К)}.$$

$$p_2 = \frac{50,7 \cdot 10^3 \cdot 360}{290} = 62,9 \cdot 10^3 = 62,9 \text{ (кПа)}.$$



$p_2 = ?$

**Відповідь:**  $p_2 = 62,9$  кПа.

**Задача 2.** З газом даної маси виконали процес, зображений на графіку рис.1. Зробіть аналіз процесу і заповніть таблицю.

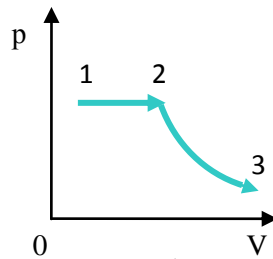
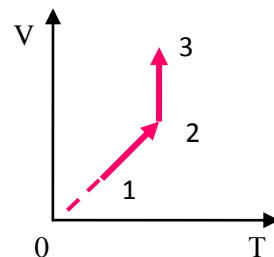
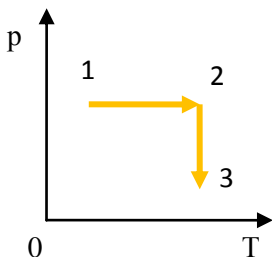


Рис.1

Ділянка	Const	Ізопроцес	Закон	Як змінюються величини (↑ або ↓)
1 – 2	...	ізобарний	.....	... ↑, T ↑
2 – 3	T	.....	.....	... ↓, V ↑

#### Достатній рівень

**Задача 3.** Побудуйте процес, зображений на рис. 1, в координатах  $p(T)$ ,  $V(T)$ .

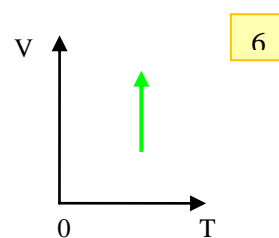
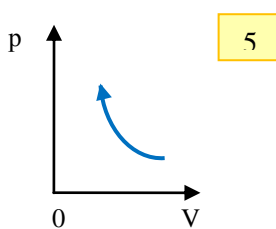
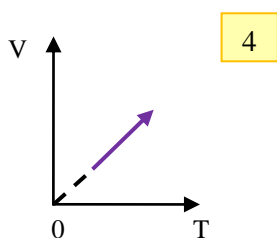
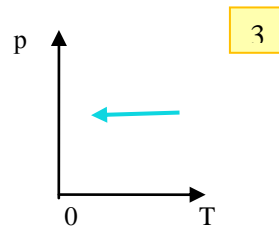
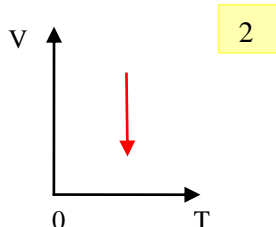
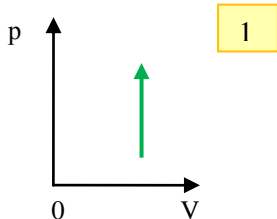




## Робота в малих групах

### Початковий рівень

1. Розташуйте номери процесу у відповідні колонки таблиці.



Ізохорне		Ізотермічне		Ізобарне	
нагрівання	охолодження	нагрівання	охолодження	нагрівання	охолодження

### Середній рівень

2. Розв'яжіть задачі.

#### Група 1

Газ міститься в закритому балоні за температури 294 К і тиску 810 кПа. За якої температури тиск газу дорівнюватиме 1,12 МПа?

<b>Дано:</b> ... = 294 К $p_1 = 810 \text{ кПа}$ ... = 1,12 МПа $T_2 = ?$	<b>Сі:</b>
---	------------

#### Група 2

У циліндрі під поршнем ізобарно охолоджують 20 л газу від температури 353 К до 303 К. Який стане об'єм охолодженого газу?

<b>Дано:</b> $V_1 = \dots$ $T_1 = 353 \text{ К}$ ... = 303 К $V_2 = ?$	<b>Сі:</b>
--	------------

#### Група 3

Тиск повітря у шинах велосипеда при температурі 12 °С дорівнює  $1,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . Яким стане тиск при 42 °С?

<b>Дано:</b> $t_1 = \dots$ $p_1 = \dots$ ... = 42 °С $p_2 = ?$	<b>Сі:</b>
--	------------

#### Група 4

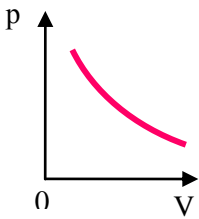
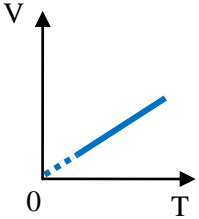
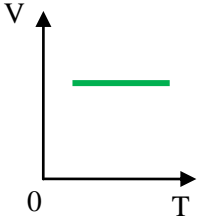
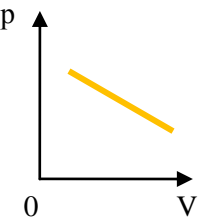
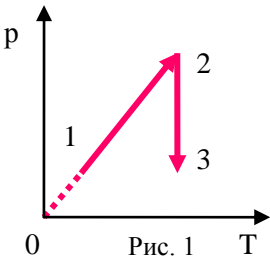
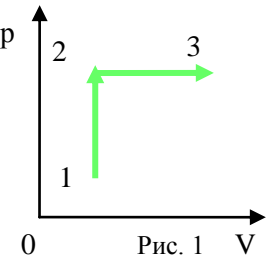
Газ стиснули ізотермічно від об'єму 8 л до об'єму 6 л. Яким був початковий тиск газу, якщо після стискання він став рівним  $1,6 \cdot 10^4 \text{ Па}$ ?

<b>Дано:</b> $V_1 = \dots$ ... = 6 л $p_2 = \dots$ $p_1 = ?$	<b>Сі:</b>
--	------------



Варіант 1

Варіант 2

№ з/п	Зміст завдання		УР Б
<b>Початковий рівень</b>			
1.	Процес зміни стану газу постійної маси при постійному об'ємі називається: <b>А.</b> Адіабатним <b>В.</b> Ізобарним <b>Б.</b> Ізотермічним <b>Г.</b> Ізохорним	Процес зміни стану газу постійної маси за незмінної температури називається: <b>А.</b> Адіабатним <b>В.</b> Ізобарним <b>Б.</b> Ізотермічним <b>Г.</b> Ізохорним	1
2.	На якому з графіків зображено ізобарний процес?  <b>А</b>  <b>Б</b>	На якому графіку зображено ізохорний процес?  <b>В</b>  <b>Г</b>	1
3.	Встановіть відповідність (логічну пару) між законами, що описують ізопроцес, і назвами ізопроцесів. <b>А.</b> Закон Бойля - Маріотта. <b>1.</b> Ізобарний. <b>Б.</b> Закон Шарля. <b>2.</b> Ізохорний. <b>В.</b> Закон Гей - Люссака. <b>3.</b> Адіабатний. <b>4.</b> Ізотермічний	Встановіть відповідність (логічну пару) між законами, що описують ізопроцес, та їх математичним виразом. <b>А.</b> Закон Бойля - Маріотта. <b>1.</b> $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$ . <b>Б.</b> Закон Шарля. <b>2.</b> $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ . <b>В.</b> Закон Гей - Люссака. <b>3.</b> $\frac{pV}{T} = const.$ . <b>4.</b> $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$ .	1
<b>Середній рівень</b>			
4.	За температури 27 °С тиск газу в закритому сосуді був 75 кПа. Яким буде тиск за температури – 13 °С?	У скільки разів збільшиться об'єм повітряної кульки, якщо її внести з вулиці в тепле приміщення? Температура на вулиці – 3 °С, в приміщенні 27 °С.	3
<b>Достатній рівень</b>			
5.	З газом даної маси виконали процес, зображений на рис. 1. Зробіть аналіз процесу.  Рис. 1	З газом даної маси виконали процес, зображений на рис. 1. Зробіть аналіз процесу.  Рис. 1	1
6.	Побудуйте графік даного процесу в координатах p(V), V(T).	Побудуйте графік даного процесу в координатах p(T), V(T).	2

## Рефлексія

1. Що нового дізналися на уроці?
2. Чи досягли ви на уроці очікуваних результатів?
3. Що було найскладнішим під час виконання завдань?
4. Що було головним на уроці? Чому навчилися?

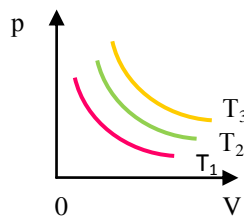
## Домашнє завдання

**Вивчити:** Г.: §21, опорний конспект.

### Розв'язати задачі

#### Середній рівень

1. На рисунку наведено графіки ізотермічних процесів, що відбуваються з 1 моль ідеального газу. Порівняйте температури газу під час цих процесів.



А	Б	В	Г
$T_1 = T_2 = T_3$	$T_1 < T_2 < T_3$	$T_1 > T_2 > T_3$	$T_1 < T_2 > T_3$

2. У балоні міститься кисень при температурі  $12\text{ }^{\circ}\text{C}$  і тиску  $2,53 \cdot 10^6\text{ Па}$ . За якої температури виникне загроза вибуху балона, якщо балон може витримати тиск не більше  $3,04 \cdot 10^6\text{ Па}$ ?

А	Б	В	Г
Від $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $34\text{ }^{\circ}\text{C}$	Від $34\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $50\text{ }^{\circ}\text{C}$	Від $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $65\text{ }^{\circ}\text{C}$	Від $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $75\text{ }^{\circ}\text{C}$

#### Достатній рівень

3. Посудину, у якій знаходиться газ під тиском  $1,4 \cdot 10^5\text{ Па}$ , з'єднали з порожньою посудиною об'ємом 6 л. Після цього в обох посудинах встановився тиск  $10^5\text{ Па}$ . Знайти об'єм першої посудини. Процес вважати ізотермічним.

#### Додаткове завдання

За допомогою Internet-ресурсу «Газові закони-2» (№ 189005) задайте графіки ізопроцесів тривалістю процесу 5 секунд і фіксацією параметрів кожену секунду. Спостерігайте за процесами і проаналізуйте таблицю результатів.

### Оцінювання навчальних досягнень учнів

№ з/п	Прізвище, ім'я	Д/з	Робота в групі		Практичний тренінг	Самостійна робота	Підсумкова оцінка	
		с/о	в/о	с/о	с/о	с/о	в/о	с/о
1								
2								
3								
4								
5								
6								

ЗНО

Для допитливих



# Тема уроку: Вологість повітря. Методи вимірювання вологості повітря

## Перевірка виконання домашнього завдання

1. Рідина міститься в закритій посудині. Чи зміниться, і якщо зміниться, то як температура рідини, якщо посудину відкрити?

- А. Збільшиться
- Б. Зменшиться

**В. Не зміниться**

Г. Спочатку збільшиться, а потім зменшиться

2. Запропонуйте два способи перетворення ненасиченої пари в насичену.

- 1) Підвищити температуру.
- 2) Зменшити тиск.

3. Коли вода в чайнику кипить, із його носика виходять білі клуби, які хазяйки називають паром. Чи згодні ви з такою назвою? Обґрунтуйте свою відповідь.

**Ні. Це сконденсовані частинки води.**

4. Іноді рано-вранці біля поверхні водойми утворюється туман. За яких умов це відбувається?

Водяна пара, що утворюється на поверхні води, при зниженні температури вночі конденсується.



## Фізичний диктант

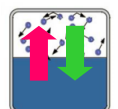
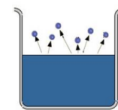
1. Процес переходу рідини з рідкого стану в газоподібний називається ...
2. Процес переходу газу до рідкого стану називається ...
3. Пароутворення поділяють на ...
4. Пароутворення з вільної поверхні рідини — це ...
5. Пароутворення не тільки з вільної поверхні рідини, а й по всьому об'єму рідини, яке відбувається за певної для даної рідини температури, називається ...
6. Якщо число молекул, які вилітають з рідини під час випаровування, перевищує число молекул, що повертаються, то така пара називається ...
7. Якщо число молекул, які вилітають з рідини під час випаровування, дорівнює числу молекул, що повертаються, то така пара називається ...

(за кожну правильну відповідь 0,5 бала)



## Взаємоперевірка за ключем

1. пароутворенням
2. конденсацією
3. випаровування і кипіння
4. випаровуванням
5. кипінням
6. ненасиченою
7. насиченою



## Мотивація навчальної діяльності учнів

Всі неодноразово чули згадку про вологість в прогнозі погоди. Але як визначити вологість і від чого вона залежить?

Температура	-1 <sup>0</sup> C
Тиск	746 мм рт. ст.
Швидкість вітру	4 м/с
<b>Вологість</b>	<b>70%</b>

Що означає?

## План вивчення теми

1. Вологість повітря. Парціальний тиск.
2. Абсолютна і відносна вологість повітря.
3. Точка роси.
4. Вимірювання вологості повітря.
5. Значення вологості повітря.

## 1. Вологість повітря. Парціальний тиск.

Розгляньте фотографії.

- Що поєднує всі ці явища (рис. 1)?



Рис. 1

У повітрі завжди міститься певна кількість водяної пари. Хмари, тумани і дощі, іней і морозні візерунки, сніг – все це трансформації водяної пари, яка знаходиться в атмосфері

- Як водяна пара попадає в атмосферу?

Вміст водяної пари в повітрі, тобто його **вологість**, можна охарактеризувати парціальним тиском, абсолютною і відносною вологістю.

Атмосферне повітря являє собою суміш різних газів і водяної пари. Кожний із газів робить свій внесок у сумарний тиск, який чинить повітря на тіла.

Тиск, який чинила б тільки водяна пара за відсутності інших газів, називається **парціальним тиском** водяної пари.

## 2. Абсолютна і відносна вологість повітря.

**Абсолютна вологість** характеризує масу водяної пари, що міститься за даної температури в 1 м<sup>3</sup> повітря, тобто густина водяної пари ( $\rho$ ).

- Абсолютна вологість повітря 50 г/м<sup>3</sup>. Багато це чи мало? Який прогноз нас очікує?

Абсолютна вологість повітря не дає можливості достатньо повно оцінити ступінь вологості повітря.

Щоб визначити ступінь вологості повітря, необхідно розуміти, наскільки водяна пара близька до насичення. Для цього вводять поняття відносної вологості.

**Відносною вологістю повітря ( $\varphi$ )** – називають відношення абсолютної вологості повітря  $\rho$  за деякої температури до густини  $\rho_n$  насиченої водяної пари за тієї ж температури:

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_n} \cdot 100\%$$

Відносну вологість визначають також як відношення тиску  $p$  (пружності) водяної пари, що міститься в повітрі, до тиску насиченої водяної пари  $p_n$  за даної температури:

$$\varphi = \frac{p}{p_n} \cdot 100\%$$

Відносну вологість визначають у відсотках. Значення густини  $\rho_n$  (тиску  $p_n$ ) насиченого водяного пару за різних температур можна визначити за таблицею.

- Чи може відносна вологість повітря дорівнювати нулю?

## 3. Точка роси

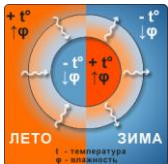
- Чому роса з'являється під ранок?

Якщо вологе повітря охолоджувати, то при деякій температурі пара, що знаходиться

повітрі, стане насиченою. При подальшому охолодженні водяна пара почне конденсуватися випаде роса, з'явиться туман.

Температуру, за якою водяна пара стає насиченою, називають **точкою роси**.

Точка роси характеризує вологість повітря, оскільки вона дає змогу визначити парціальний тиск водяної пари і відносну вологість.



#### 4. Вимірювання вологості повітря

Робота в малих групах з ЕОР

Для вимірювання вологості повітря застосовують *гігрометр* і *психрометр*. Гігрометри бувають двох видів – конденсаційні і волосні.

[http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/669b797e-e921-11dc-95ff-0800200c9a66/2\\_6.swf](http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/669b797e-e921-11dc-95ff-0800200c9a66/2_6.swf)

- **Завдання для учнів I групи** (закладка 7).

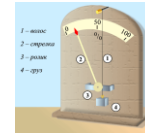
З'ясувати будову і принцип дії волосного гігрометра.

- **Завдання для учнів II групи** (закладка 8).

1. З'ясувати будову і принцип дії конденсаційного гігрометра.
2. Розв'язати інтерактивну задачу.

- **Завдання для учнів III групи** (закладка 9).

1. З'ясувати будову і принцип дії психрометра.
2. Розв'язати інтерактивну задачу.



#### 5. Значення вологості повітря

Випереджувальне завдання: презентація учнів

Атмосферна водяна пара впливає на клімат Землі. За зміною вологості в метеорології передбачають зміну погоди: якщо відносна вологість зменшується, можна сподіватись на антициклон, певний час стійкої погоди без опадів, часто без хмар. Якщо відносна вологість наближається до 100 %, різко зростатиме ймовірність опадів, що може свідчити про наближення циклону.

Пара води — «пальне» атмосферних процесів. Під час випаровування енергія поглинається, під час конденсації — виділяється.

Від вологості залежить інтенсивність випаровування вологи з поверхні шкіри людини, яке має велике значення для підтримання сталої температури тіла. Відносна вологість впливає на самопочуття людини, її фізіологічний стан. За надмірної вологості і високої температури людина перегрівається, а за низької температури — переохолоджується. Найсприятливіша для людини відносна вологість за кімнатної температури складає 40-60 %.

Надмірна вологість викликає корозію металів.

Підтримання сталого рівня вологості необхідне на багатьох підприємствах (особливо ткацьких, тютюнових, кондитерських, оборонних), у сховищах, архівах, лікарнях, бібліотеках.



**Перевірка первинного розуміння**  
**Опорний конспект**



Створи конспект, заповнюючи проміжки у схемах

Атмосферне повітря являє собою суміш різних газів і .....

$$\begin{matrix} \text{O}_2 + \text{N}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \dots \\ 21 + 77 + 0,3 + 1,2 + \dots = 10^5 \text{ Па} \end{matrix}$$

.....

..... – тиск, який чинила б тільки водяна пара за відсутності інших газів.

**Вологість повітря**

..... характеризує масу водяної пари, що міститься за даної температури в 1 м<sup>3</sup> повітря, тобто густина водяної пари

..... (...) – відношення абсолютної вологості повітря  $\rho$  за деякої температури до густини  $\rho_n$  насиченої водяної пари за тієї ж температури:

.....

..... або  $\varphi = \frac{\rho}{\rho_n} \cdot 100\%$

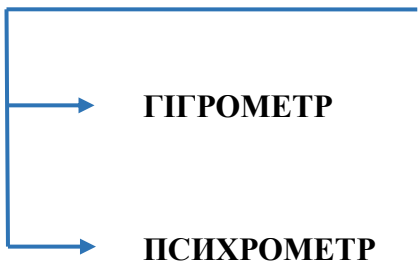
$t \text{ } ^\circ\text{C} \downarrow$

Водяна пара

**Точка роси** (...) – температура, за якої водяна пара стає .....

.....  
.....  
слід літака

**Вимірювання вологості повітря**



**ГІГРОМЕТР**

- ..... (абсолютну вологість) **ТОЧКА РОСИ**
- ..... (відносну вологість)

**ПСИХРОМЕТР**

2 термометра: сухий + вологий + таблиця (..... вологість)

..... %



**КОМФОРТ**

**Початковий рівень**

1. Упродовж дня показання сухого психрометра не змінювались, а показання вологого зменшувались. Як змінювалась відносна вологість повітря?
2. Яке явище спостерігається за температури, що дорівнює точці роси (і нижче від неї)?
3. Чому в теплий сухий день самопочуття людини краще, ніж у теплий і вологий?

**Виконаємо разом: заповнимо пропуски в рішенні****Середній рівень**

**Задача 1.** Вологість повітря 65 %, а сухий термометр психрометра показує 19 °С. Яку температуру показує вологий термометр?

<b>Дано:</b> $t_c = \dots$ $\varphi = \dots \%$	<b>Розв'язання:</b> $\Delta t = t_c - t_B, \quad t_B = \dots - \dots$ Згідно із психометричною таблицею відносній вологості $\varphi = 65 \%$ і температурі $t_c = 19 \text{ }^\circ\text{C}$ відповідає різниця показів сухого і вологого термометрів $\Delta t = \dots \text{ }^\circ\text{C}$ . $t_B = 19 \text{ }^\circ\text{C} - 4 \text{ }^\circ\text{C} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ .
$t_B = ?$	

**Відповідь:**  $t_B = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**Задача 2.** На морі за температури повітря 25 °С відносна вологість повітря становить 95 %. За якої температури повітря може з'явитися туман?

<b>Дано:</b> $t = \dots$ $\varphi = \dots \%$	<b>Розв'язання:</b> Якщо температура повітря становить 25 °С, густина насиченої водяної пари за таблицею становить $\dots \text{ г/м}^3$ $\varphi = \frac{\rho}{\rho_n} \cdot 100\%, \quad \rho = \frac{\dots \cdot \dots}{100 \%}, \quad [\rho] = \frac{\frac{\text{г}}{\text{м}^3} \cdot \%}{\%} = \frac{\text{г}}{\text{м}^3}, \quad \rho = \frac{23 \cdot 95}{100} = 21,85 \left( \frac{\text{г}}{\text{м}^3} \right)$ Туман з'явиться за умови, що температура, за якої водяна пара з отриманою густиною буде насиченою. За таблицею $t_{\text{роси}} = 24 \text{ }^\circ\text{C}$ .
$t_{\text{роси}} = ?$	

**Відповідь:**  $t_{\text{роси}} = 24 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**Достатній рівень**

**Задача 3.** Відносна вологість повітря ввечері при 14 °С дорівнює 80 %. Уночі температура повітря знизилась до 6 °С і випала роса. Скільки водяної пари сконденсувалося з 1 м<sup>3</sup> повітря?

<b>Дано:</b> $t_1 = \dots$ $t_2 = 6 \text{ }^\circ\text{C}$ $\varphi_1 = \dots \%$ $\rho_{n14} = 12,1 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ $\rho_{n6} = 7,3 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$	<b>Розв'язання:</b> При конденсації водяної пари маса води визначається як різниця маси пари на початку процесу остигання і під кінець: $m_{\text{г}} = m_{n1} - m_{n2}$ . Масу пари можна знайти через густину й об'єм: $m_{n1} = \rho_{n1} V, \quad m_{n2} = \rho_{n2} V$ . Оскільки пара стала насиченою, то $\rho_{n2} = \rho_{n6}$ . Таким чином, $m_{n2} = \rho_{n6} V$ . Тоді маса води дорівнює: $m_{\text{г}} = V (\rho_{n1} - \rho_{n2})$ . Визначимо $\rho_{n1}$ за формулою відносної вологості повітря: $\varphi_1 = \frac{\rho_{n1}}{\rho_{n14}} \cdot 100\%, \quad \rho_{n1} = \frac{\rho_{n14} \cdot \dots}{100 \%}$ . Тоді масу води можна розрахувати за такою формулою: $m_{\text{г}} = V \left( \frac{\rho_{n14} \cdot \dots}{100 \%} - \rho_{n6} \right)$ . $[m_{\text{г}}] = \text{м}^3 \left( \frac{\text{кг} \cdot \%}{\text{м}^3 \cdot \%} - \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right) = \text{кг}$ , $m_{\text{г}} = 1 \left( \frac{12,1 \cdot 10^{-3} \cdot 80}{100} - 7,3 \cdot 10^{-3} \right) = 2,38 \cdot 10^{-3} \text{ кг} = 2,38 \text{ г}$ .
$m_{\text{г}} = ?$	

**Відповідь:**  $m_{\text{г}} = 2,38 \text{ г}$ .

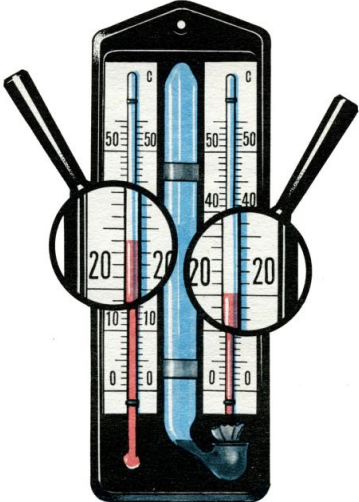
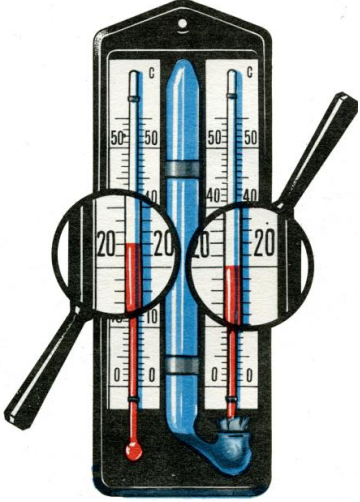
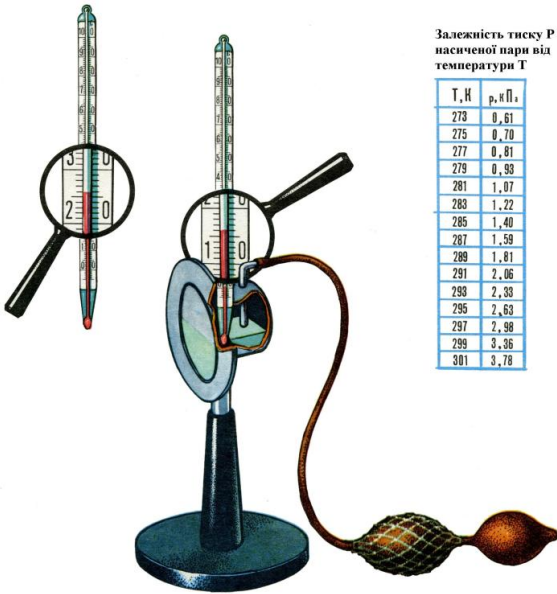



Робота в малих групах  
Середній рівень

Група 1	1.	Коли абсолютна вологість повітря більша – взимку чи влітку?					
	2.	<p>Сухий термометр психрометра на овочевій базі показує <math>18^{\circ}\text{C}</math>, а вологий <math>10^{\circ}\text{C}</math>. Визначте відносну вологість повітря.</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><b>Дано:</b> <math>t_c =</math> <math>t_b =</math></td> <td style="width: 50%;"><b>Розв'язання:</b></td> </tr> <tr> <td>... – ?</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Відповідь:</b></td> </tr> </table>	<b>Дано:</b> $t_c =$ $t_b =$	<b>Розв'язання:</b>	... – ?		<b>Відповідь:</b>
<b>Дано:</b> $t_c =$ $t_b =$	<b>Розв'язання:</b>						
... – ?							
<b>Відповідь:</b>							
Група 2	1.	Чому стакан з соком, який вийняли з холодильника вкривається росою?					
	2.	<p>Що показує вологий термометр психрометра, якщо відносна вологість повітря в кімнаті становить 60 %, а сухий термометр показує <math>14^{\circ}\text{C}</math>?</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><b>Дано:</b> ... = 60 % <math>t_c =</math> ...</td> <td style="width: 50%;"><b>Розв'язання:</b></td> </tr> <tr> <td><math>t_b =</math> ?</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Відповідь:</b></td> </tr> </table>	<b>Дано:</b> ... = 60 % $t_c =$ ...	<b>Розв'язання:</b>	$t_b =$ ?		<b>Відповідь:</b>
<b>Дано:</b> ... = 60 % $t_c =$ ...	<b>Розв'язання:</b>						
$t_b =$ ?							
<b>Відповідь:</b>							
Група 3	1.	Чому дорівнює відносна вологість повітря, якщо пара насичена?					
	2.	<p>Відносна вологість повітря в кімнаті при температурі <math>20^{\circ}\text{C}</math> дорівнює 60 %. Визначте парціальний тиск водяної пари, що міститься в повітрі.</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><b>Дано:</b> <math>t =</math> ... .. = 60 %</td> <td style="width: 50%;"><b>Розв'язання:</b></td> </tr> <tr> <td><math>p =</math> ?</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Відповідь:</b></td> </tr> </table>	<b>Дано:</b> $t =$ ... .. = 60 %	<b>Розв'язання:</b>	$p =$ ?		<b>Відповідь:</b>
<b>Дано:</b> $t =$ ... .. = 60 %	<b>Розв'язання:</b>						
$p =$ ?							
<b>Відповідь:</b>							
Група 4	1.	За вікном холодна осіння мряка. У теплій кухні розвішано випрану білизну Чи має сенс відчинити квартиру, щоб білизна висохла швидше?					
	2.	<p>Температура повітря <math>20^{\circ}\text{C}</math>, а його точка роси – <math>10^{\circ}\text{C}</math>. Яка абсолютна вологість повітря?</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><b>Дано:</b> <math>t =</math> ... <math>t_{\text{роси}} =</math></td> <td style="width: 50%;"><b>Розв'язання:</b></td> </tr> <tr> <td><math>\rho =</math> ?</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Відповідь:</b></td> </tr> </table>	<b>Дано:</b> $t =$ ... $t_{\text{роси}} =$	<b>Розв'язання:</b>	$\rho =$ ?		<b>Відповідь:</b>
<b>Дано:</b> $t =$ ... $t_{\text{роси}} =$	<b>Розв'язання:</b>						
$\rho =$ ?							
<b>Відповідь:</b>							

Варіант 1

Варіант 2

№ з/п	Зміст завдання	УРБ																																	
<b>Середній рівень</b>																																			
1.	<p>На станції метро встановлено психрометр. Знайди відносну вологість повітря за допомогою психрометра. Для цього: 1) Визнач покази сухого і вологого термометрів. 2) Обчисли різницю температур. 3) За допомогою психрометричної таблиці визнач відносну вологість повітря.</p> 	<p>У бібліотеці встановлено психрометр. Знайди відносну вологість повітря за допомогою психрометра. Для цього: 1) Визнач покази сухого і вологого термометрів. 2) Обчисли різницю температур. 3) За допомогою психрометричної таблиці визнач відносну вологість повітря.</p> 	3																																
<b>Достатній рівень</b>																																			
2.	<p>У кімнаті було встановлено термометр і конденсаційний гігрометр. На малюнку показано момент утворення на дзеркальній поверхні гігрометра крапель роси. Визнач відносну вологість повітря.</p>  <p style="text-align: center;">Залежність тиску <math>P</math> насиченої пари від температури <math>T</math></p> <table border="1" data-bbox="660 1541 751 1832" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th><math>T, K</math></th> <th><math>p, kPa</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>273</td><td>0,61</td></tr> <tr><td>275</td><td>0,70</td></tr> <tr><td>277</td><td>0,81</td></tr> <tr><td>279</td><td>0,93</td></tr> <tr><td>281</td><td>1,07</td></tr> <tr><td>283</td><td>1,22</td></tr> <tr><td>285</td><td>1,40</td></tr> <tr><td>287</td><td>1,59</td></tr> <tr><td>289</td><td>1,81</td></tr> <tr><td>291</td><td>2,06</td></tr> <tr><td>293</td><td>2,33</td></tr> <tr><td>295</td><td>2,63</td></tr> <tr><td>297</td><td>2,98</td></tr> <tr><td>299</td><td>3,36</td></tr> <tr><td>301</td><td>3,78</td></tr> </tbody> </table>	$T, K$	$p, kPa$	273	0,61	275	0,70	277	0,81	279	0,93	281	1,07	283	1,22	285	1,40	287	1,59	289	1,81	291	2,06	293	2,33	295	2,63	297	2,98	299	3,36	301	3,78	<p>На вулиці було встановлено термометр і конденсаційний гігрометр. На малюнку показано момент утворення на дзеркальній поверхні гігрометра крапель роси. Визнач відносну вологість повітря.</p> 	3
$T, K$	$p, kPa$																																		
273	0,61																																		
275	0,70																																		
277	0,81																																		
279	0,93																																		
281	1,07																																		
283	1,22																																		
285	1,40																																		
287	1,59																																		
289	1,81																																		
291	2,06																																		
293	2,33																																		
295	2,63																																		
297	2,98																																		
299	3,36																																		
301	3,78																																		



Варіант 1

Варіант 2

№ з/п	Зміст завдання		УРБ
<b>Початковий рівень</b>			
1.	Точкою роси називають температуру, за якої... А. ... ненасичена пара стає насиченою. Б. ... припиняється перехід молекул з рідини в пару. В. ... рідина закипає. Г. ... припиняється перехід молекул з пари в рідину.	Температура повітря в кімнаті 20 °С. Яку температуру показує вологий термометр психрометра, якщо різниця показників сухого і вологого термометрів дорівнює 5 °С?  А. 10 °С В. 20 °С	1
2.	Яку величину вимірюють за допомогою психрометра? А. абсолютну вологість; Б. відносну вологість; В. температуру. Г. парціальний тиск.	Гігрометр призначений для визначення...  А. ... атмосферного тиску. Б. ... температури повітря. В. ... вологості повітря. Г. ... поверхневого натягу рідини.	1
3.	Яка відносна вологість повітря, якщо покази сухого і вологого термометрів однакові?  А. 20 %; Б. 50 %;	2. Як зміниться різниця показань сухого і вологого термометрів психрометра зі збільшенням відносної вологості? А. не зміниться; Б. збільшиться; В. зменшиться.	1
<b>Середній рівень</b>			
4.	Відносна вологість повітря в кімнаті 56 %, а різниця показників сухого і вологого термометрів дорівнює 6 °С? Яку температуру показує сухий і вологий термометри психрометра?	Відносна вологість повітря в кімнаті 43 %, а температура 19 °С. Яку температуру показує вологий термометр психрометра?	1
5.	При температурі повітря 30 °С відносна вологість дорівнює 60 %. Яка його абсолютна вологість?	Парціальний тиск водяної пари в повітрі за температури 20 °С становить 1,1 кПа. Чому дорівнює відносна вологість повітря?	2
<b>Достатній рівень</b>			
6.	За температури 20 °С відносна вологість повітря складає 70 %. Чи випаде роса, якщо повітря буде охолоджуватися до температури 12 °С?	Чому дорівнює точка роси повітря, відносна вологість якого за температури 20 °С становить 28 %?	1
7.	В кімнаті об'ємом 80 м <sup>3</sup> при температурі 15 °С відносна вологість 70 %. Знайти масу водяної пари в кімнаті.	Яка маса водяної пари об'ємом 18 л за температури 27 °С та відносній вологості 70 %?	2





## Домашнє завдання

**Вивчити:** К.: §48.

**Розв'язати задачі**

**Початковий рівень**

1. При якому тиску водяної пари в атмосфері «запотіють» ягоди, які витягли з холодильника, якщо їх температура дорівнює  $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

А. 0,6 кПа

Б. 0,7 кПа

В. 0,8 кПа

Г. 0,9 кПа



**Середній рівень**

2. Різниця показників сухого і вологого термометрів дорівнює  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ? Відносна вологість повітря 20%. Яку температуру показують сухий і вологий термометр психрометра?

**Достатній рівень**

3. На рисунку 1 зображено волосяний гігрометр.

Використовуючи покази зображених на малюнку приладів, визнач точку роси.

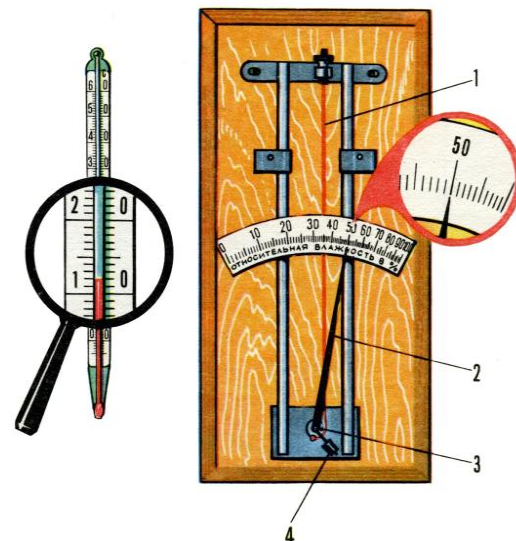


Рис. 1

## Рефлексія

Сьогодні на уроці я повторив...

Сьогодні ми дізналися нового...

Сьогодні ми навчилися...

Найважливішим відкриттям для мене стало...



## Цікаві факти

**Чи завжди у повітрі є вода?**

Практично завжди. Однак у пустелях зареєстровані випадки, коли вологість повітря дорівнювала нулю.

**А що якби...**

...водяна пара перестала конденсуватися і повертатися на землю у вигляді дощу, роси, туману тощо? Рівень Світового океану щорічно зменшувався б на 1,1 м.

**Можна порівняти**

За однакових умов (температура, тиск, об'єм) вологе повітря виявляється легшим, ніж сухе. Це довів у 1783 році швейцарський геолог Горацій де Соссюр.

**Високу температуру**

легше переносити у сухому повітрі. Жара у сухій пустелі може не так сильно ізнувати, як  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  після сильного дощу, коли вологість повітря дуже висока. Щоб не перегрітися, організму в жару потрібно сильно пітніти. Але при високій вологості піт не буде висихати і не дасть охолодження тіла.

## Психрометрична таблиця

Показання сухого термометра, °C	Різниця показань сухого і вологого термометра, °C										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Відносна вологість, %										
0	100	81	63	45	28	1	–	–	–	–	–
2	100	84	68	51	35	20	–	–	–	–	–
4	100	85	70	56	42	28	14	–	–	–	–
6	100	86	73	60	47	35	23	10	–	–	–
8	100	87	75	63	51	40	28	18	7	–	–
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	5	–
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	–
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30	22	15
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
26	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40	34
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39

## Залежність тиску P і густини $\rho$ насиченої водяної пари від температури

t, °C	P, кПа	$\rho$ , г/м <sup>3</sup>	t, °C	P, кПа	$\rho$ , г/м <sup>3</sup>
–5	0,40	3,2	11	1,33	10,0
0	0,61	4,8	12	1,40	10,7
1	0,65	5,2	13	1,49	11,4
2	0,71	5,6	14	1,60	12,1
3	0,76	6,0	15	1,71	12,8
4	0,81	6,4	16	1,81	13,6
5	0,88	6,8	17	1,93	14,5
6	0,98	7,3	18	2,07	15,4
7	1,0	7,8	19	2,20	16,3
8	1,06	8,3	20	2,33	17,3
9	1,14	8,8	25	3,17	23,0
10	1,23	9,4	50	12,3	83,0

## Тема уроку: **Властивості рідин. Поверхневий натяг рідини. Змочування. Капілярні явища**

*Перевірка виконання  
домашнього завдання*

**Тест**

*Я слышу – и забываю,  
Я вижу – и запоминаю,  
Я делаю – понимаю.*

*Конфуций*

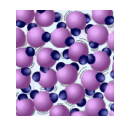
№	Завдання	Бали
1	Яким символом позначають відносну вологість повітря і якою є її одиниця в СІ? А. $\varphi$ , кг/м <sup>3</sup> . В. р, Па. Б. $\rho$ , кг/м <sup>3</sup> . Г. $\varphi$ , %	1
2	Відносна вологість в приміщенні 100 %. Яке співвідношення виконується для показів сухого термометра Т <sub>1</sub> і вологого термометра Т <sub>2</sub> психрометра? А. Т <sub>1</sub> > Т <sub>2</sub> . В. Т <sub>1</sub> = Т <sub>2</sub> . Б. Т <sub>1</sub> < Т <sub>2</sub> . Г. Т <sub>1</sub> = 2Т <sub>2</sub> .	1
3	Насиченою чи ненасиченою є водяна пара густиною 4,84 г/ м <sup>3</sup> за температури 0 °С? А. Насиченою. Б. Ненасиченою.	1
4	Скільки водяної пари міститься в кожному кубічному метрі атмосферного повітря за температури 25 °С і відносній вологості 50 %? А. 11,5 г. В. 25 г. Б. 23 г. Г. 50 г.	1
5	Якою є відносна вологість повітря за температури 20 °С, якщо тиск водяної пари – 840 Па? А. 30 %. В. 42 % Б. 36 %. Г. 58 %	1
6	Відносна вологість повітря у кімнаті за температури 22 °С становить 68 %. Якими є покази вологого термометра психрометра? А. 20 °С. В. 26 °С. Б. 18 °С. Г. 46 °С.	1

*Взаємоперевірка за ключем*

*Актуалізація опорних знань  
Вправа «Мікрофон»*



1. Як розміщені молекули в рідинах? Як рухаються?
2. Чи мають рідини власний об'єм?
3. Чи мають рідини форму?
4. Чи утворюють рідини струмені? течуть?
5. Чи можна рідини стиснути?
6. Що можна сказати про взаємодію молекул в рідинах?



*Мотивація навчальної діяльності учнів*

- + Обговорення результатів домашнього експерименту: чому голка може плавати на поверхні води?
- + Чому роса на листі рослин збирається в краплі?
- + Звідки пішло прислів'я «Як з гуски вода»?



### План вивчення теми

1. Властивості поверхні рідини.
2. Поверхневий натяг.
3. Змочування. Незмочування.
4. Капіляри. Капілярні явища.



### Засвоєння нових знань

#### 1. Властивості поверхні рідини.

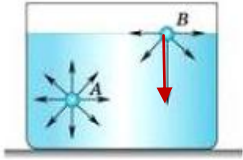


Рис. 1.

Молекули в рідині розміщуються на менших відстанях, ніж молекули газів, і тому сильніше взаємодіють між собою. Розглянемо дві молекули А і Б (рис. 1). Молекула А оточена іншими молекулами рідини рівномірно, тому сили, які діють на молекулу А з боку інших молекул скомпенсовані, тобто їх рівнодійна дорівнює нулю  $\vec{F}_A = 0$ .

Молекула Б з одного боку оточена молекулами рідини, а з іншого боку — сильно розрідженими молекулами газу. Оскільки з боку рідини на неї діє більше молекул, то рівнодійна всіх сил  $\vec{F}_B \neq 0$  буде спрямована в середину рідини. Щоб утримати молекули у поверхневому шарі, треба виконати роботу проти не скомпенсованих сил, які намагаються втягнути поверхневі молекули в середину рідини. Тобто молекули поверхневого шару мають надлишкову потенціальну енергію, яку називають поверхневою енергією.

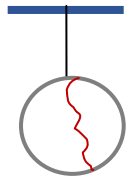
#### 2. Поверхневий натяг.

Проведемо дослідження.

##### Експериментальне завдання 1.

Робота в парах

Зміст завдання	Порядок дій
Каркас, у формі кільця, по діаметру з'єднаний не натягнутою ниткою, занурити в мильний розчин. Якщо його витягнути, можна помітити, що каркас зтягнений плівкою.	1. Проколоти плівку голкою з одного боку від нитки. Що спостерігаєте? 2. Зробити висновок.



Властивість поверхні рідини скорочуватися можна пояснити існуванням сил, які намагаються скоротити цю поверхню.

**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.

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

$$\sigma = \frac{F_{\text{п.н.}}}{l},$$

де  $\sigma$  — поверхневий натяг рідини;

$F_{\text{п.н.}}$  — сила поверхневого натягу;

$l$  — довжина контуру.

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

Одиниця поверхневого натягу рідини в СІ — ньютон на метр (Н/м).

З'ясуємо від чого залежить поверхневий натяг рідини.

### Експериментальне завдання 2.

#### ➤ Завдання для учнів I групи

Робота в малих групах

Зміст завдання	Порядок дій
Використовуючи посудини з водою та дрібно нарізані папірці, визначте вплив на поверхневий натяг води: мила; цукру.	1. Покладіть дрібно нарізані папірці на поверхню води в посудину та по черзі доторкніться до поверхні милом, цукром. 2. Зробити висновок.

#### ➤ Завдання для учнів II групи

Зміст завдання	Порядок дій
Визначте вплив температури на поверхневий натяг.	1. Покладіть дрібно нарізані папірці на поверхню води в посудину та доторкніться до поверхні розжареною дротиною. 2. Зробити висновок

Поверхневий натяг залежить від роду рідини, її температури та наявності домішок. Підвищення температури рідини супроводжується зменшенням поверхневого натягу рідини, бо слабшають сили міжмолекулярної взаємодії.

Величина поверхневого натягу різних рідин при  $0^{\circ}\text{C}$  наводиться у довідниках з фізики.

#### Поверхневий натяг рідини (при $t = 20^{\circ}\text{C}$ )

Рідина	$\sigma$ , мН/м	Рідина	$\sigma$ , мН/м
Вода	73	Нафта	30
Гас	24	Ртуть	510
Мильний розчин	40	Спирт	22

### 3. Змочування. Незмочування.

#### Експериментальне завдання 3.

Робота в парах

Зміст завдання	Порядок дій
Наберіть в піпетку воду і капніть на поверхню: <ul style="list-style-type: none"> <li>• чистого скла;</li> <li>• поверхню скла, натертого парафіном.</li> </ul>	1. Що спостерігаєте? 2. Зробити висновок.

Змочування чи не змочування рідинами поверхні твердих тіл на межі їх дотику зумовлене їхньою міжмолекулярною взаємодією.

Якщо сили зчеплення частинок рідини й твердого тіла більші за сили зчеплення частинок рідини, то рідина розтікається – спостерігають **змочування** і крайовий кут  $\theta$ , який утворюється між дотичною до поверхні рідини і поверхнею твердого тіла, гострий (рис. 2). Якщо сили зчеплення частинок рідини й твердого тіла менші за сили зчеплення частинок рідини, то рідина не розтікається, а навпаки збирається в краплі. В цьому випадку рідина **не змочує** тверде тіло і крайовий кут  $\theta$  тупий (рис. 3).

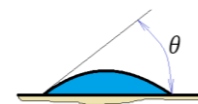


Рис. 2

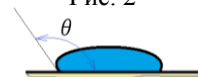


Рис. 3

Довідка від грец. «меніскос» - півмісяць

Властивість рідин змочувати чи не змочувати поверхні твердих тіл виявляється у викривленні їхньої вільної поверхні на межі з посудиною.

Рідина, що змочує поверхню, ніби піднімається по її краях, утворюючи ввігнуту поверхню — ввігнутий меніск, незмочуюча рідина має опуклий меніск (рис. 4).

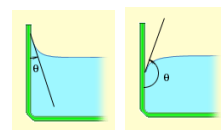


Рис. 4

#### 4. Капіляри. Капілярні явища.

Вузькі трубки, діаметр яких набагато менший за їх довжину, називають **капілярами**.

##### Експериментальне завдання 5.

Довідка від грец. «капілля» - волосина

Зміст завдання	Порядок дій
1. Занурити в стакан з водою два капіляри різного діаметра. 2. Капіляр занурити в олію.	1. Як залежить висота піднімання рідини від радіуса капіляра? Рода рідини? 2. Зробити висновок.

Явища підйому рідини по капіляру при змочуванні й опускання при незмочуванні називаються **капілярними явищами**.

Опустимо капіляр в рідину, яка його змочує (рис. 5). Сили поверхневого натягу, прикладені до контура, що обмежує поверхню, будуть напрямлені уздовж стінки капіляра, рівнодійна цих сил буде напрямлена вгору. Під її дією рідину підніматиметься по капіляру, доки не досягне висоти  $h$ , на якій сила тяжіння, що діє на рідину, не зрівноважиться цією рівнодійною:  $F_{п.н.} = F_T$ ,  $F_{п.н.} = \rho Vg$ ,  $F_{п.н.} = \rho \pi r^2 hg$ ,  $\sigma l = \rho \pi r^2 hg \Rightarrow$

$$h = \frac{2\sigma}{\rho gr}$$

де  $\sigma$  — поверхневий натяг рідини;  $\rho$  — густина рідини;  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ;  $r$  — радіус капіляра;  $h$  — висота підняття рідини в капілярі.

Рідину, що не змочує стінки капіляра, опускається нижче рівня рідини у широкому посуді (рис. 6).

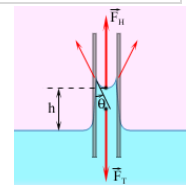


Рис. 5

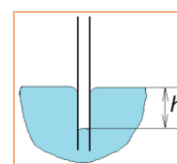


Рис. 6

##### Роль поверхневих явищ у природі.

Важливе значення явище поверхневого натягу має для рослинного та тваринного світу.

Поверхнева плівка води для багатьох організмів є опорою під час руху. Поверхнею води бігають комахи — вертячки та водоміри, нею повзають равлики з масивними раковинами і навіть ящірки-василіски. Усі вони важчі за воду, але не тонуть: вода своєю силою підтримує їх.

Личинки комарів підвішуються знизу до поверхневої плівки води за допомогою незмочуваних щетинок, що оточують їх органи дихання.

Пір'я і пух водоплавних птахів завжди щільно змащене жиром, який виділяється особливими залозами, що пояснює їх незмочуваність. Товстий шар повітря, що знаходиться між пір'ям у таких птахів, не тільки захищає їх від втрати тепла, але й суттєво збільшує запас плавучості, подібно до рятувального жилета.

Воскоподібний наліт на листках перешкоджає попаданню вологи в мікроканали, що виконують роль дихальних шляхів рослин.

Стовбури дерев, гілки та стебла рослин пронизані величезною кількістю капілярних трубочок, по яких поживні речовини піднімаються до найвищих листочків. Коренева система рослин закінчується найтоншими капілярами-ниточками.

Ґрунт можна уявити як сукупність капілярних трубочок, по яких, залежно від структури і обробки, швидше або повільніше піднімається до поверхні вода з розчиненими в ній речовинами. Висота підйому рідини в капілярах тим більша, чим більший його діаметр. Звідси робимо висновок, що для збереження вологи ґрунт треба перекопувати, а для осушення — трамбувати.

Усе тіло людини пронизують кровоносні судини. Чим більша відстань від серця, тим діаметр артерій зменшується. Маленькі артерії розпадаються на капіляри. Їх стінки утворені одним шаром плоских клітин. Крізь стінки капілярів речовини, розчинені у плазмі крові, проходять у тканинну рідину, а з неї потрапляють до клітин. Продукти життєдіяльності клітин проникають крізь стінки капілярів з тканинної рідини у кров.

Випереджувальне завдання: презентація учнів



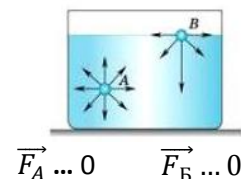
**Перевірка первинного розуміння**  
**Опорний конспект**



**Створи конспект, заповнюючи проміжки у схемах**

Молекули поверхневого шару рідини діють на молекули з глибини рідини з певною силою.

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



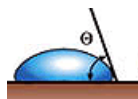
**Поверхневий натяг рідини (...)** — це відношення сили поверхневого натягу, яка діє на елемент контуру, що обмежує цю поверхню, до довжини контуру :

$$\sigma = \frac{F_{\text{п.н.}}}{l}$$

$\sigma$  — поверхневий натяг рідини;  
 $F_{\text{п.н.}}$  — сила поверхневого натягу;  
 $l$  — довжина контуру.  
СІ:  $[\sigma] = \text{Н/м}$ .

Поверхневий натяг залежить від роду рідини, її температури та наявності .....

Якщо сили зчеплення частинок рідини й твердого тіла більші за сили зчеплення частинок рідини, спостерігають ..... і крайовий кут  $\theta$  гострий.



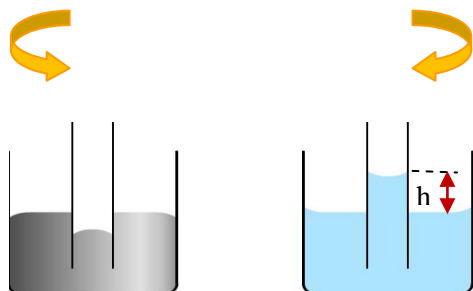
Якщо сили зчеплення частинок рідини й твердого тіла менші за сили зчеплення частинок рідини, то рідина ..... тверде тіло і крайовий кут  $\theta$  тупий.



..... — вузькі трубки, діаметр яких набагато менший за їх довжину

**Капілярність** — це явище, зумовлене силами поверхневого натягу.

Капілярність полягає в ..... або ..... рівня рідини у вузькому капілярі:



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

$\sigma$  — поверхневий натяг рідини;  
 $\rho$  — густина рідини;  
 $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ;  
 $r$  — радіус капіляра;  
 $h$  — висота підняття (опускання) рідини в капілярі.

## Закріплення нових знань



### Метод «Коло ідей»

1. З крана самовара падають краплини води. Коли вони будуть важчі: коли вода гаряча чи холодна?
2. Чому розрізаний кавун треба перевертати розрізом донизу?

### Виконаємо разом: заповнимо пропуски в рішенні

#### Середній рівень

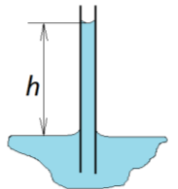
**Задача 1.** На яку висоту підніметься вода у ґрунті внаслідок його пористості, якщо діаметр ґрунтових капілярів  $7,5 \cdot 10^{-5}$  м, а вода повністю змочує ґрунт?

<b>Дано:</b>	<b>Розв'язання:</b>
$d = \dots$ м	Висота піднімання рідини в капілярі $h = \frac{2\sigma}{\rho g r}$ ; радіус капіляра $r = \frac{d}{2} \Rightarrow h = \frac{4\sigma}{\rho g d}$ .
$\rho = 1000$ кг/м <sup>3</sup>	$[h] = \frac{\text{Н/м}}{\text{кг/м}^3 \cdot \text{м/с}^2 \cdot \text{м}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м/с}^2}{\text{кг/м}^3 \cdot \text{м/с}^2 \cdot \text{м} \cdot \text{м}} = \text{м}.$
$\sigma = 73 \cdot 10^{-3}$ Н/м	$h = \frac{4 \cdot 73 \cdot 10^{-3}}{1000 \cdot 9,8 \cdot 7,5 \cdot 10^{-3}} = \dots \cdot 10^{-3} \text{ (м)}$
$\dots - ?$	

**Відповідь:**  $h = \dots \cdot 10^{-3}$  м.

**Задача 2.** У капілярній трубці, радіус якої 0,5 мм, рідина піднялася на висоту 11 мм. Визначте густину цієї рідини, якщо поверхневий натяг становить 0,022 Н/м.

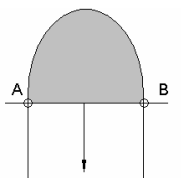
<b>Дано:</b>	<b>СІ:</b>	<b>Розв'язання:</b>
$r = \dots$ мм		Висота піднімання рідини в капілярі:
$h = \dots$ мм		$h = \frac{2\sigma}{\rho g r} \Rightarrow \rho = \frac{2\sigma}{h g r}. [\rho] = \frac{\text{Н/м}}{\text{м} \cdot \text{м/с}^2 \cdot \text{м}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м/с}^2}{\text{м} \cdot \text{м/с}^2 \cdot \text{м}} = \text{кг/м}^3.$
$\sigma = 0,022 \cdot 10^{-3}$ Н/м		$\rho = \frac{2 \cdot 0,022 \cdot 10^{-3}}{11 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}} = 800 \text{ (кг/м}^3\text{)}.$
$\rho - ?$		



**Відповідь:**  $\rho = 800$  кг/м<sup>3</sup>.

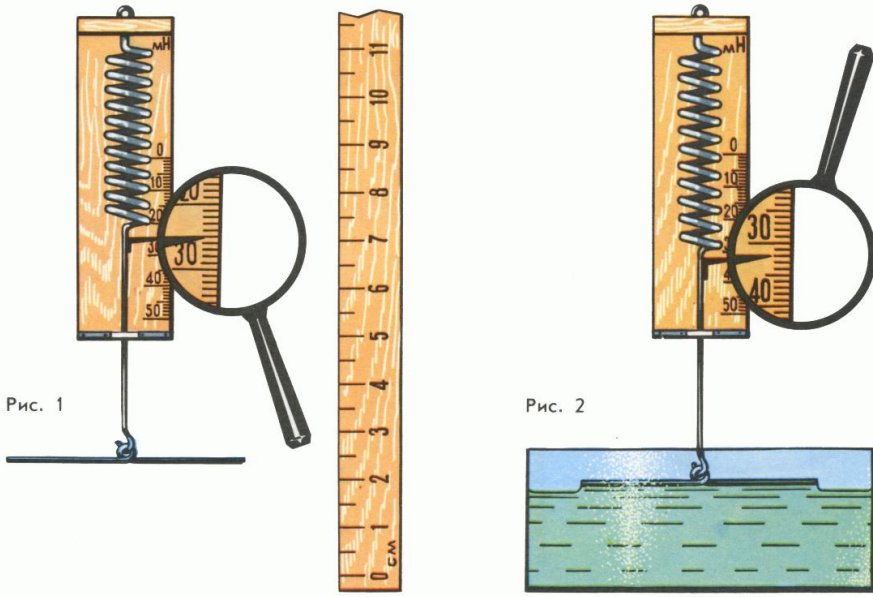
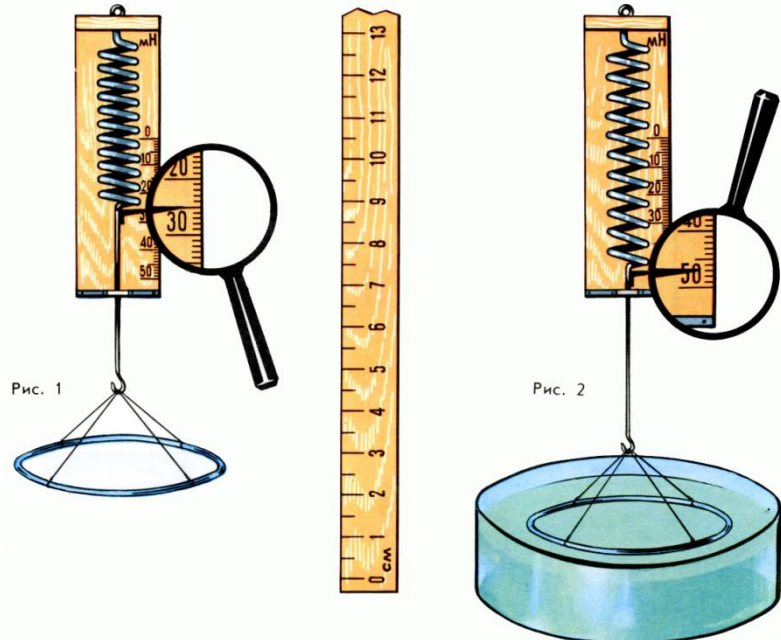
**Задача 3.** Яку роботу треба виконати, щоб розтягнути на відстань  $d = 10$  см мильну плівку на дротяній рамці з рухомою перекладиною завдовжки  $l = 5$  см?

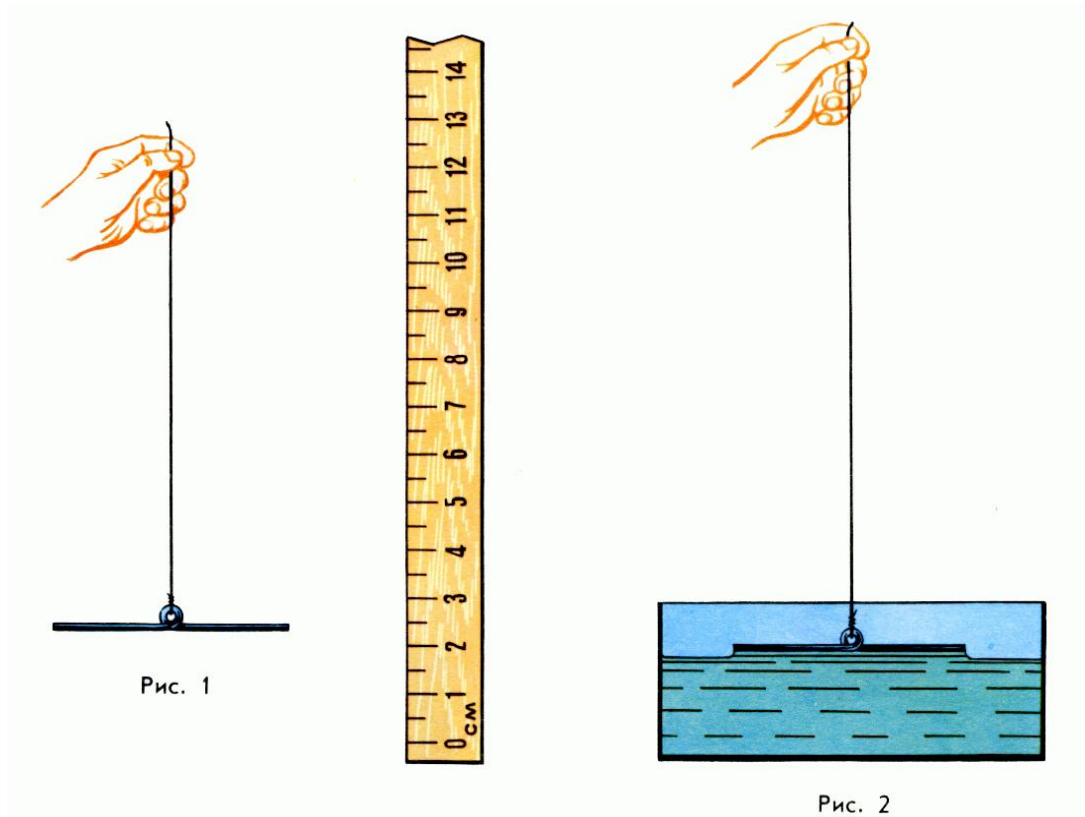
<b>Дано:</b>	<b>СІ:</b>	<b>Розв'язання:</b>
$d = \dots$ см	$\dots$ м	Робота $A$ дорівнює збільшенню енергії вільної поверхні рідини:
$l = 5$ см	$\dots$ м	$A = \sigma \Delta S$
$\sigma = 40 \cdot 10^{-3}$ Н/м		Оскільки треба враховувати збільшення поверхні з обох боків плівки, то $\Delta S = 2dl$ . Тоді $A = 2 \sigma l$ .
$A - ?$		$[A] = \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot \text{м} \cdot \text{м} = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж}.$
		$A = 2 \cdot 40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1 \cdot 5 \cdot 10^{-2} = \dots \text{ Дж}.$



**Відповідь:**  $A = \dots$  Дж.



№ з/п	Зміст завдання	УРБ
<b>Середній рівень</b>		
1.	 <p>Рис. 1</p> <p>Рис. 2</p> <p>До динамометра підвісили горизонтально шматочок тонкої дротини (рис. 1). Потім дротину привели в стикання з поверхню води і стали повільно піднімати динамометр. На рисунку 2 зображено момент відриву дротини від поверхні рідини.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Визначити поверхневий натяг води.</li> <li>2. Як зміниться поверхневий натяг при збільшенні температури води?</li> </ol>	3
<b>Достатній рівень</b>		
2.	 <p>Рис. 1</p> <p>Рис. 2</p> <p>Тонке дротяне кільце підвішене до динамометру занурюють у посудину з водою (рис. 1), потім повільно піднімають. На рисунку 2 зображено момент відриву кільця від поверхні рідини.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Визначити поверхневий натяг води.</li> <li>2. Чому дорівнює поверхневий натяг води, якщо температура буде критичною?</li> </ol>	3



На нижньому кінці гумового шнура закріпили горизонтально тонку дротину (рис. 1). Потім дротину привели в стикання з поверхнею гасу і стали повільно піднімати верхній кінець гумового шнура. На рисунку 2 зображено момент відриву дротини від поверхні гасу

Визначити поверхневий натяг гасу, якщо жорсткість гумового шнура дорівнює  $0,0008 \text{ Н/см}$ .



**Варіант 1**

**Варіант 2**

№ з/п	Зміст завдання		УР Б
<b>Початковий рівень</b>			
1.	<p>Чи зміниться, і якщо зміниться, то як, висота підняття води в ґрунті, якщо ґрунт розпушити ?</p> <p><b>А.</b> Не зміниться                    <b>В.</b> Зменшиться <b>Б.</b> Збільшиться                    <b>Г.</b> Залежить від складу ґрунту</p>	<p>Чи зміниться, і якщо зміниться, то як, значення поверхневого натягу рідини, якщо рідину нагріти?</p> <p><b>А.</b> Не зміниться                    <b>В.</b> Зменшиться <b>Б.</b> Збільшиться                    <b>Г.</b> Залежить від роду рідини</p>	1,5
2.	<p>Ртуть змочує сталь, але не змочує скло. Виберіть рисунок, що відповідає ситуації, коли в сталеву посудину з ртуттю опустили скляну трубку.</p> <div style="text-align: center;"> <p><b>А</b>                    <b>Б</b>                    <b>В</b>                    <b>Г</b></p> </div>	<p>Вода змочує скло, але не змочує цинк. Виберіть рисунок, що відповідає ситуації, коли в цинкову посудину з водою опустили скляну трубку.</p>	1,5
<b>Середній рівень</b>			
3.	<p>Визначте діаметр пор у папері, якщо вода піднімається в ньому на висоту 30 см. Густина води <math>1000 \text{ кг/м}^3</math>, поверхневий натяг води <math>73 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}</math>.</p>	<p>Гас піднявся в капілярній трубці на 15 мм. Визначте радіус трубки, якщо поверхневий натяг гасу <math>24 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}</math>, а його густина <math>800 \text{ кг/м}^3</math>.</p>	3
<b>Достатній рівень</b>			
4.	<p>На поверхню води поклали рамку у вигляді квадрату зі стороною 6 см. Яку силу необхідно прикласти, щоб відірвати рамку від поверхні води, якщо маса раки 5 г?</p>	<p>Знайдіть масу води, яка піднялась по капілярній трубці діаметром 0,5 мм. Змочування повне.</p>	3





