

## Вологість повітря. Точка роси

### 1. Вологість повітря

Абсолютна вологість  $\rho_a$  – фізична величина, яка характеризує вміст водяної пари в повітрі та чисельно дорівнює масі водяної пари, що міститься в  $1 \text{ м}^3$  повітря.

$$\rho_a = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{V}$$

Одиниця абсолютної вологості в СІ – кілограм на метр кубічний:

$$[\rho_a] = 1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

В екваторіальних широтах вона може сягати  $30 \text{ г/м}^3$ , до полюсів Землі знижується до  $0,1 \text{ г/м}^3$ .

#### Проблемне питання

- Чи можна скласти об'єктивну картину про ступінь вологості повітря знаючи тільки абсолютну вологість повітря?

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

$t, ^\circ\text{C}$	$p_H, \text{кПа}$	$\rho_H, \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$
0	0,61	4,8
2	0,71	5,6
4	0,81	6,4
6	0,93	7,3
8	1,07	8,3
10	1,23	9,4
12	1,40	10,7
14	1,60	12,1
16	1,81	13,6
18	2,07	15,4
20	2,33	17,3
22	2,64	19,4
24	2,99	21,8
26	3,36	24,4
28	3,39	27,2
30	4,24	30,3

Відносна вологість  $\varphi$  – фізична величина, яка показує, наскільки водяна пара близька до насичення, і дорівнює поданому у відсотках відношенню абсолютної вологості до густини насиченої водяної пари за даної температури.

$$\varphi = \frac{\rho_a}{\rho_H} \cdot 100\% \quad \varphi = \frac{p_a}{p_H} \cdot 100\%$$

Точка роси  $t_p$  – температура, за якої водяна пара, що міститься в повітрі, стає насиченою.

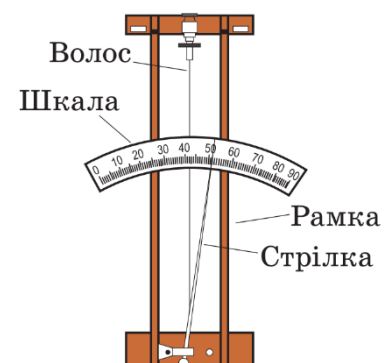
#### Проблемне питання

- Як виміряти вологість повітря?

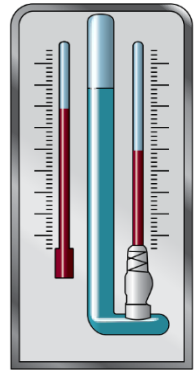
Гігрометри – прилади для прямого вимірювання вологості повітря.

Принцип дії *волосяного гігрометра* базується на властивості знежиреної волосини збільшувати свою довжину зі збільшенням вологості повітря.

Будова волосяного гігрометра: волосину натягують на металеву рамку; зміна довжини волосини передається стрілці, яка переміщується вздовж шкали.



**Психрометр** складається з двох термометрів – *сухого*, який вимірює температуру довкілля, і *вологого* – його колба обгорнута тканиною, кінчик якої опущений у посудину з водою. Вода з тканини випаровується, і вологий термометр показує нижчу температуру, ніж сухий. Чим нижча відносна вологість повітря, тим швидше випаровується рідина і тим більша різниця показів сухого та вологого термометрів.



Відносну вологість визначають за допомогою психрометричної таблиці.

Наприклад, сухий термометр показує 22 °С, а вологий 14 °С; різниця температур  $\Delta t = 22^\circ\text{C} - 14^\circ\text{C} = 8^\circ\text{C}$ . Із таблиці бачимо, що  $\varphi = 40\%$ .

*Психрометрична таблиця*

Показ сухого термометра $t, ^\circ\text{C}$	Різниця показів сухого і вологого термометрів $\Delta t, ^\circ\text{C}$										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Відносна вологість $\varphi, \%$										
13	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14	6
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9
15	100	90	80	71	61	52	44	36	27	20	12
16	100	90	81	71	62	54	46	37	30	22	15
17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24	17
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20
19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29	22
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32	26
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36	30
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38	33

### **Проблемне питання**

- Чому потрібно стежити за вологістю повітря?

Людина почувається добре за відносної вологості 50-65 %. Для її здоров'я шкідливе як надмірно сухе, так і дуже вологе повітря. Надлишкова вологість сприяє розмноженню різних хвороботворних грибків; у сухому повітрі людина швидко стомлюється, у неї дере в горлі, пересихають губи, стає сухою шкіра тощо. Якщо повітря занадто сухе, то пил, не зв'язаний вологою, літає по всьому приміщенню, і це особливо небезпечно для людей, які потерпають від алергії. Недостатня вологість призводить до загибелі чутливих до рівня вологості домашніх рослин; тріщини на предметах із дерева, розладнані музичні інструменти – теж результат недостатньої вологості повітря. Вологість повітря

важливо враховувати у ткацькому, кондитерському та інших виробництвах; під час зберігання книжок і картин; у лікуванні багатьох хвороб тощо.

### Приклади розв'язування задач з теми

1. Визначте відносну вологість повітря за температури  $18\text{ }^\circ\text{C}$ , якщо парціальний тиск водяної пари становить  $1,24\text{ кПа}$ .

**Дано:**

$$t = 18\text{ }^\circ\text{C}$$

$$p_a = 1,24\text{ кПа}$$

$$= 1,24 \cdot 10^3\text{ Па}$$

$$p_H(18\text{ }^\circ\text{C}) = 2,07\text{ кПа}$$

$$= 2,07 \cdot 10^3\text{ Па}$$

$$\varphi - ?$$

**Розв'язання**

$$\varphi = \frac{p_a}{p_H(18\text{ }^\circ\text{C})} \cdot 100\%$$

$$\varphi = \frac{1,24 \cdot 10^3\text{ Па}}{2,07 \cdot 10^3\text{ Па}} \cdot 100\% \approx 60\%$$

**Відповідь:**  $\varphi \approx 60\%$ .

2. Визначте абсолютну вологість повітря за температури  $26\text{ }^\circ\text{C}$ , якщо відносна вологість дорівнює  $54\%$ .

**Дано:**

$$t = 26\text{ }^\circ\text{C}$$

$$\varphi = 54\%$$

$$\rho_H(26\text{ }^\circ\text{C}) = 24,4 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$$

$$= 24,4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_a - ?$$

**Розв'язання**

$$\varphi = \frac{\rho_a}{\rho_H(26\text{ }^\circ\text{C})} \cdot 100\% \quad \Rightarrow \quad \rho_a = \frac{\varphi \cdot \rho_H(26\text{ }^\circ\text{C})}{100\%}$$

$$[\rho_a] = \frac{\% \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}{\%} = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_a = \frac{54 \cdot 24,4 \cdot 10^{-3}}{100} \approx 13,2 \cdot 10^{-3} \left( \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)$$

**Відповідь:**  $\rho_a \approx 13,2 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$ .

3. Визначте відносну вологість повітря за температури  $t = 20\text{ }^\circ\text{C}$ , якщо точка роси  $t_p = 14\text{ }^\circ\text{C}$ .

**Дано:**

$$t = 20\text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_p = 14\text{ }^\circ\text{C}$$

$$p_H(20\text{ }^\circ\text{C}) = 2,33\text{ кПа}$$

$$= 2,33 \cdot 10^3\text{ Па}$$

$$\varphi - ?$$

**Розв'язання**

$$\varphi = \frac{p_a}{p_H(20\text{ }^\circ\text{C})} \cdot 100\%$$

Якщо вважати, що під час охолодження до точки роси атмосферний тиск не змінюється, то не змінюється й парціальний тиск водяної пари. Отже, цей тиск  $p_a$  дорівнює тиску насиченої пари за температури  $t_p$ , тобто

$$p_a = p_H(14\text{ }^\circ\text{C}) = 1,6 \cdot 10^3\text{ Па}$$

$$\varphi = \frac{p_H(14\text{ }^\circ\text{C})}{p_H(20\text{ }^\circ\text{C})} \cdot 100\%$$

$$\varphi = \frac{1,6 \cdot 10^3 \text{ Па}}{2,33 \cdot 10^3 \text{ Па}} \cdot 100\% \approx 69\%$$

**Відповідь:**  $\varphi \approx 69\%$ .

4. Визначте відносну вологість та точку роси, якщо термометри психрометра показують  $20^\circ\text{C}$  і  $11^\circ\text{C}$ .

**Дано:**

$$t_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 11^\circ\text{C}$$

$$p_H(20^\circ\text{C}) = 2,33 \text{ кПа} \\ = 2,33 \cdot 10^3 \text{ Па}$$

$$\varphi = ?$$

$$t_p = ?$$

**Розв'язання**

Показ сухого термометра дорівнює  $20^\circ\text{C}$ , а різниця показань термометрів  $\Delta t = t_1 - t_2$ .

$$\Delta t = 20^\circ\text{C} - 11^\circ\text{C} = 9^\circ\text{C}$$

За табл. 2 § 32 знаходимо відносну вологість повітря:

$$\varphi = 30\%$$

$$\varphi = \frac{p_a}{p_H(20^\circ\text{C})} \cdot 100\% \quad \Rightarrow \quad p_a = \frac{\varphi \cdot p_H(20^\circ\text{C})}{100\%}$$

$$[p_a] = \frac{\% \cdot \text{Па}}{\%} = \text{Па}$$

$$p_a = \frac{30 \cdot 2,33 \cdot 10^3}{100} \approx 0,7 \cdot 10^3 (\text{Па})$$

За табл. 1 § 32 знаходимо відповідну температуру, яка дорівнює точці роси  $t_p \approx 2^\circ\text{C}$ .

**Відповідь:**  $\varphi = 30\%$ ;  $t_p \approx 2^\circ\text{C}$ .

### Розв'яжи самостійно:

1. У кімнаті при  $0^\circ\text{C}$  відносна вологість повітря становить  $80\%$ . Якою буде відносна вологість за температури  $20^\circ\text{C}$ ?

2. У кімнаті за температури  $20^\circ\text{C}$  відносна вологість повітря  $20\%$ . Скільки води треба додатково випаровувати для збільшення вологості до  $50\%$ , якщо об'єм кімнати –  $40 \text{ м}^3$ ?

3. У повітрі об'ємом  $6 \text{ м}^3$  міститься  $51,3 \text{ г}$  водяної пари за температури  $22^\circ\text{C}$ . Визначте абсолютну й відносну вологість повітря.

### Корисні посилання:

1. [Фізика: 10-й клас. підручник \(рівень стандарту\) В.Г. Бар'яхтар, С.О. Довгий, Ф.Я. Божинова, О.О. Кірюхіна](#)

2. Вимірювання відносної вологості повітря за допомогою звичайного термометра
3. Вологість повітря (інтерактивна вправа)