



Відомо, що людина приблизно на 70 % складається з води, при цьому не всі здогадуються, що значну роль у житті людини відіграє рівень вологості атмосфери. Однак ми інтуїтивно відчуваємо, що зазвичай вологе повітря корисне для здоров'я, тому прагнемо відпочивати на березі моря, річки, озера. З'ясуємо, від яких чинників залежить вологість повітря і як її можна змінити.

Таблиця 1  
Тиск і густина насиченої водяної пари

| $t, ^\circ\text{C}$ | $p_{\text{н.п}}, \text{кПа}$ | $\rho_{\text{н.п}}, \text{г/м}^3$ |
|---------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 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                  | 3,79                         | 27,2                              |
| 30                  | 4,24                         | 30,3                              |

Густина насиченої водяної пари ( $\rho_{\text{н.п}}$ ) за даної температури — величина незмінна, тому її заносять до таблиць (табл. 1) або подають у вигляді графіків (рис. 32.1). Зверніть увагу на два моменти.

1. За температурою і відносною вологістю легко визначити абсолютну вологість і масу водяної пари в повітрі:  $\rho_a = \rho_{\text{н.п}} \frac{\varphi}{100\%}$ ;  $m_{\text{H}_2\text{O}} = \rho_a \cdot V$ .

Наприклад, вимірювання показали, що в класній кімнаті об'ємом  $180 \text{ м}^3$  відносна вологість за температури  $22^\circ\text{C}$  дорівнює  $50\%$ . Із табл. 1 знаходимо:  $\rho_{\text{н.п}}(22^\circ\text{C}) = 19,4 \text{ г/м}^3$ . Тоді:  $\rho_a = \rho_{\text{н.п}} \frac{\varphi}{100\%} = 19,4 \text{ г/м}^3 \cdot 0,5 = 9,7 \text{ г/м}^3$ ;

$m_{\text{H}_2\text{O}} = \rho_a \cdot V = 9,7 \text{ г/м}^3 \cdot 180 \text{ м}^3 = 1746 \text{ г} \approx 1,7 \text{ кг}$ .

2. Густина водяної пари прямо пропорційна її парціальному тиску  $p_a$  ( $\rho_a = \frac{p_a M}{RT}$ ) і концентрації  $n_a$  молекул пари ( $\rho_a = m_0 n_a$ ), тому відносну воло-

### 1 Що таке вологість повітря

Повітря завжди містить певну кількість водяної пари. Уміст водяної пари в повітрі характеризується абсолютною і відносною вологістю.

**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:  $[\rho_a] = 1 \text{ кг/м}^3$  ( $\text{kg/m}^3$ ).

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

**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:

$$\varphi = \frac{\rho_a}{\rho_{\text{н.п}}} \cdot 100\%$$

гість повітря можна знайти із співвідношень:

$$\varphi = \frac{p_a}{p_{н.п}} \cdot 100 \% ; \quad \varphi = \frac{n_a}{n_{н.п}} \cdot 100 \% .$$

## 2 Точка роси

Аналіз графіка на рис. 32.1, а показує, що відносну вологість повітря можна збільшити, збільшивши абсолютну вологість повітря, тобто збільшивши масу водяної пари в повітрі. Якщо на кухні довго кип'ятити воду, то відносна вологість повітря може сягнути 100 % (точка С графіка), а кахлі вкриються вологою.

Відносна вологість у кухні збільшиться, якщо зменшити температуру повітря (рис. 32.1, б). За температури  $t_p$  (у точці В) пара стає насиченою (відносна вологість повітря дорівнює 100 %). Надалі навіть незначне зменшення температури приведе до того, що надлишкова водяна пара буде конденсуватись і випадати у вигляді роси або туману. Так під ранок, коли температура повітря різко меншає, на траві випадає роса, а над поверхнею водойм з'являється туман.

Температуру, за якої водяна пара, що міститься в повітрі, стає насиченою, називають **точкою роси**  $t_p$ .

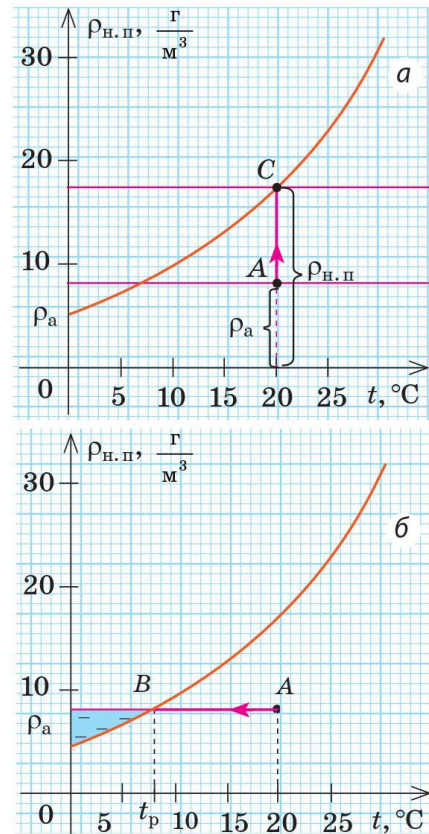
Знаючи точку роси, можна визначити абсолютну і відносну вологість повітря. Наприклад, температура в кімнаті  $t = 24^\circ\text{C}$ , а стінки металевої посудини з водою, яка розташована в цій кімнаті, почали вкриватися вологою за температури води  $t = 16^\circ\text{C}$ , тобто за цієї температури пара стала насиченою ( $t = t_p$ ). Це означає, що  $\rho_a = \rho_{н.п}(16^\circ\text{C}) = 13,6 \text{ г/м}^3$  (див. табл. 1).

Оскільки  $\varphi = \frac{\rho_a}{\rho_{н.п}} \cdot 100 \%$ , а  $\rho_{н.п}(24^\circ\text{C}) = 21,8 \text{ г/м}^3$ , то  $\varphi = \frac{13,6}{21,8} \cdot 100 \% = 62,4 \%$ .

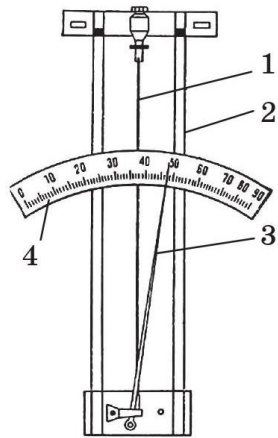
## 3 Як виміряти вологість повітря

Прилади для прямого вимірювання вологості повітря називають **гігрометрами**. Існує декілька видів гігрометрів, однак найуживаніші — волосяний і психрометричний. Принцип дії **волосяного гігрометра** (рис. 32.2) базується на властивості знежиреної волосини збільшувати свою довжину зі збільшенням вологості повітря. Узимку волосяний гігрометр є основним приладом для вимірювання вологості повітря поза приміщенням.

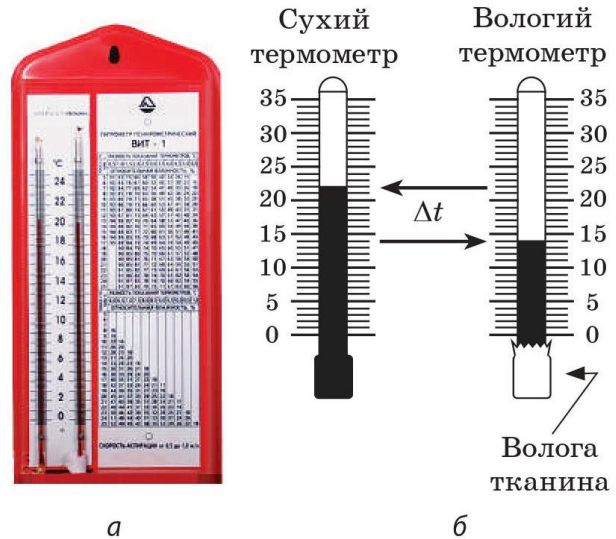
Найчастіше використовують **гігрометр психрометричний** — **психрометр**. Дія цього приладу базується на двох фактах: 1) швидкість випаровування рідини тим вища, чим нижча відносна вологість повітря; 2) рідина під час випаровування охолоджується. Психрометр складається з двох



**Рис. 32.1.** Графіки залежності  $\rho_{н.п}(t)$  — густини насиченої водяної пари від температури;  $\rho_a$  — абсолютна вологість



**Рис. 32.2.** Будова волосяного гігрометра: волосину 1 натягують на металеву рамку 2; зміна довжини волосини передається стрілці 3, яка переміщується вздовж шкали 4



**Рис. 32.3.** Гігрометр психрометричний: а — вигляд; б — будова

термометрів — *сухого*, який вимірює температуру довкілля, і *вологого* — його колба обгорнута тканиною, кінчик якої опущений у посудину з водою (рис. 32.3). 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* (табл. 2). Наприклад, сухий термометр показує 15 °С, а вологий 10 °С; різниця температур  $\Delta t = 15\text{ °С} - 10\text{ °С} = 5\text{ °С}$ . Із табл. 2 бачимо, що  $\phi = 52\%$ .

**?** Якою є відносна вологість, якщо обидва термометри психрометра показують однакову температуру?

Таблиця 2

*Психрометрична таблиця*

| Показ сухого термометра $t$ , °С | Різниця показів сухого і вологого термометрів $\Delta t$ , °С |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------------------------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                                  | 0   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |
|                                  | Відносна вологість $\phi$ , %                                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 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 |

## 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.



### Підбиваємо підсумки

#### Фізичні величини, що характеризують вологість повітря

Абсолютна вологість — густина водяної пари, що міститься в повітрі:

$$\rho_a = \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{V}; [\rho_a] = 1 \text{ г/м}^3.$$

Відносна вологість дорівнює поданому у відсотках відношенню абсолютної вологості до густини насиченої водяної пари

$$\text{за даної температури: } \varphi = \frac{\rho_a}{\rho_{\text{н.п}}} \cdot 100 \%$$

- Прилади для вимірювання вологості називають гігрометрами.
- Температуру, за якої відносна вологість повітря сягає 100 %, тобто водяна пара в повітрі стає насиченою, називають точкою роси.



### Контрольні запитання

1. Наведіть характеристики абсолютної та відносної вологостей повітря як фізичних величин. 2. Як можна збільшити відносну вологість? 3. Які прилади для визначення вологості повітря ви знаєте? Опишіть будову і принципи дії кожного з них. 4. Що називають точкою роси? Як, знаючи точку роси, визначити абсолютну вологість? відносну вологість?



### Вправа № 32

1. Чому на холодній водопровідній трубі утворюються краплі води?
2. Чому людина легше переносить спеку, якщо повітря сухе?
3. Чому взимку, коли працює опалення, повітря в кімнаті досить сухе? Що потрібно робити, щоб підтримувати оптимальну вологість повітря?
4. На стіні приміщення, внутрішній об'єм якого 100 м<sup>3</sup>, висить психрометр (див. рис. 32.3). Визначте відносну й абсолютну вологості повітря в приміщенні. Якою є маса водяної пари в повітрі приміщення? Яку масу води потрібно випарувати, щоб збільшити вологість до 50%?
5. Скористайтеся додатковими джерелами інформації та дізнайтесь, коли і чому слід збільшувати (зменшувати) вологість повітря.



## Експериментальне завдання

«Гігрометр». Скориставшись металевою банкою з водою, спиртовим термометром і дрібними грудочками льоду, визначте вологість повітря у вашій кімнаті.

1. Виміряйте температуру в кімнаті.
2. Занурте термометр у воду і поступово охолоджуйте її, додаючи грудочки льоду. Стежте за поверхнею банки: щойно вона помутніє (з'являться дуже маленькі крапельки води, тобто температура поверхні банки досягне точки роси), виміряйте температуру води ( $t_{\text{роси}}$ ).
3. Скориставшись табл. 1 у § 32, визначте абсолютну і відносну вологість повітря в кімнаті:  $\rho_a = \rho_{\text{н.п}}(t_{\text{роси}})$ ;  
$$\varphi = \frac{\rho_a}{\rho_{\text{н.п}}} \cdot 100\% .$$

