

Урок № 22 Молекулярна фізика та термодинаміка

глава 1. Властивості газів, рідин, твердих тіл (18 год)

Тема: **Вологість повітря. Методи вимірювання вологості повітря**

переглянемо презентацію, **перейдіть за посиланням:**

[**Вологість повітря, Точка роси.**](#)

Тривале перебування в теплому й вологому повітрі порушує теплообмін в організмі. Людина стає в'ялою, її працездатність знижується. Саме тому про вміст водяної пари в атмосфері (вологість повітря) щоденно повідомляють у прогнозах погоди. Важливе значення має вологість для життєдіяльності тваринного та рослинного світу, для процесів сушіння виробів тощо. Контроль і підтримання необхідної вологості дуже важливі також для зберігання книг, творів мистецтва, музичних інструментів, харчових продуктів, овочів, фруктів тощо. Для підтримання необхідної вологості користуються кондиціонерами, які зволожують чи осушують повітря.

Вологість повітря. Вміст водяної пари в повітрі, тобто його вологість, можна схарактеризувати кількома величинами.

Абсолютна вологість повітря дорівнює вмісту водяної пари в грамах в одному кубічному метрі повітря (густина водяної пари). За значенням абсолютної вологості не можна судити про те, наскільки водяна пара в цих умовах близька до насичення. Саме тому ввели величину, яка показує, наскільки водяна пара за певної температури близька до насичення — відносну вологість повітря. Звернімо увагу на те, що атмосферний тиск дорівнює сумі тисків сухого повітря та водяної пари, що є в ньому. Тиск, який чинила б водяна пара, коли б не було інших газів, називають парціальним тиском водяної пари. Тепер дамо визначення.

Відносна вологість повітря — це фізична величина, що показує, наскільки водяна пара, що є в повітрі, близька до насичення, і вона вимірюється відношенням парціального тиску водяної пари p , що міститься в повітрі за певної температури, до тиску p_n насиченої пари (за тієї самої температури), вираженим у відсотках:

$$\Phi = \frac{p}{p_n} \cdot 100 \%.$$

Оскільки, згідно з газовими законами, тиск прямо пропорційний концентрації молекул, отже і густині ρ , можна записати

$$\Phi = \frac{\rho}{\rho_n} \cdot 100 \%,$$

де ρ — густина ненасиченої пари (абсолютна вологість), ρ_n — густина насиченої водяної пари.

На основі експериментальних результатів складено таблиці залежності тиску насиченої водяної пари від температури. Якщо знижується температура ненасиченої пари, то її відносна вологість зростатиме без додаткового випаровування води. Знижуючи температуру повітря, можна довести пару, яка в ньому міститься, до стану насичення, що у природі приводить до утворення туману, випадання роси.

Температура, до якої треба ізобарно охолодити повітря певної вологості, щоб водяна пара стала насиченою, називається **точкою роси**.

Точка роси також є характеристикою вологості повітря, оскільки вона дає змогу визначити парціальний тиск водяної пари і відносну вологість.

Прилади для вимірювання вологості повітря. Вологість повітря вимірюють спеціальними приладами — **психрометром, гігрометром** тощо.

Гігрометр психрометричний (мал. 160) складається з двох термометрів — сухого та вологого. Резервуар одного з них залишається сухим, він показує температуру повітря. Резервуар другого обмотаний шматком тканини, зануреної у воду. Вода випаровується, і завдяки цьому термометр охолоджується. Що меншою є відносна вологість повітря ϕ , то інтенсивніше випаровування й тим нижчу температуру показує вологий термометр. За різницею температур термометрів і спеціальною таблицею можна визначити відносну вологість ϕ повітря. Найсприятливішою для організму людини є відносна вологість від 40 до 60 %.



Вимірюють вологість також за допомогою **волосяного гігрометра**, дія якого ґрунтується на властивості волосини людини змінювати свою довжину у вологому повітрі. Зі збільшенням вологості довжина волосини зростає, а зі зменшенням вологості волосина коротшає.

Приклади розв'язування задач

Задача 1. Із посудини об'ємом $0,005 \text{ м}^3$ відкачали повітря і налили в неї 1 г води. Визначте тиск пари в посудині за температури 20°C . Який буде тиск пари, якщо: 1) збільшити температуру до 100°C ; 2) посудину сполучити з іншою такого самого об'єму й температури, з якої відкачано повітря?

Дано:

$$\begin{aligned} V &= 0,005 \text{ м}^3 \\ m &= 1 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \\ t_1 &= 20^\circ\text{C} \\ t_2 &= 100^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$p_1 = ?$$

$$p_2 = ?$$

$$p_3 = ?$$

Розв'язання:

Спочатку визначимо, яку мінімальну кількість води необхідно випарувати для насичення даного об'єму. З рівняння Менделєєва — Клапейрона: $m = \frac{p_{\text{н}} VM}{RT}$, де $p_{\text{н}}$ —

тиск насиченої пари.

$$\text{За } T_1 = 293 \text{ К}$$

$$\text{За } T_2 = 373 \text{ К}$$

$$m_1 = 9 \cdot 10^{-5} \text{ кг.}$$

$$m_2 = 3 \cdot 10^{-3} \text{ кг.}$$

Маса наливої води $m = 1 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$, тобто за температури $T_x = 293 \text{ К}$ пара буде насиченою; її тиск знайдемо з таблиці (див. форзац): $p_r = 2,3 \cdot 10^3 \text{ Па}$. Тиск пари за температури T_2 знаходимо за рівнянням Менделєєва — Клапейрона:

$$p_2 = \frac{mRT_2}{MV} \approx 3,4 \cdot 10^4 \text{ Па.}$$

Якщо посудину з парою сполучити з іншою посудиною, то об'єм, що його займає пара, збільшиться вдвічі. Отже, вдвічі збільшиться й мінімальна маса води, потрібна для

насичення цього об'єму. Проте вона все ще буде меншою від маси наливої води. Тому пара буде насиченою і її тиск $p_3 = p_1 = 2,3 \cdot 10^3$ Па.

Відповідь: $p_1 = 2,3 \cdot 10^3$ Па, $p_3 = p_1 = 2,3 \cdot 10^3$ Па.

Задача 2. У кімнаті за температури 20°C відносна вологість повітря 20 %. Скільки води треба додатково випаровувати для збільшення вологості до 50 %, якщо об'єм кімнати — 40 м^3 ?

Дано:

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

$\varphi_1 = 20\%$

$\varphi_2 = 50\%$

$V = 40\text{ м}^3$

$\Delta m = ?$

Розв'язання:

За відносної вологості φ_1 густина пари $\rho_1 = \varphi_1 \rho_{\text{н}}$, а за φ_2 : $\rho_2 = \varphi_2 \rho_{\text{н}}$, де $\rho_{\text{н}}$ — густина насиченої пари за $t = 20^\circ\text{C}$.

Відповідно маси водяної пари $m_1 = \varphi_1 \rho_{\text{н}} V$ і $m_2 = \varphi_2 \rho_{\text{н}} V$. Додатково треба випаровувати масу води $\Delta m = m_2 - m_1 = (\varphi_2 - \varphi_1) \rho_{\text{н}} V$.

З таблиці знаходимо $\rho_{\text{н}} = 1,73 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Після підстановки даних отримаємо:

$$\Delta m = (0,5 - 0,2) \cdot 1,73 \cdot 10^{-2} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 40\text{ м}^3 = 0,208\text{ кг}.$$

Відповідь: $\Delta m = 0,208\text{ кг}$.

Питання для самоконтролю

1. Які властивості мають насичена та ненасичена пари?
2. Яку температуру називають критичною?
3. Що розуміють під вологістю повітря?
4. Відносна вологість повітря 70 %. Що це означає?
5. За допомогою яких приладів визначають вологість повітря?
6. Які суб'єктивні відчуття вологості повітря в людини?

Домашнє завдання

Підручник "Фізика 10, рівень стандарту" за редакцією В.Г.Бар'яхтара, С.О.Довгого, Харків, "Ранок", 2018.

Посилання: [Фізика 10 клас](#)

§ 32, Вправа 32 № 1 - 3, стор.195

Корисні посилання

Презентація [Вологість повітря, Точка роси.](#)