

Фізика 10

Урок 57 Температура. Температурна шкала Кельвіна

Мета уроку:

Навчальна: Формувати уявлення учнів про температуру, про шкалу Кельвіна, переведення температур у градусах Цельсія в температури за шкалою Кельвіна та навпаки; формувати знання про стан теплової рівноваги і вміння застосувати їх під час розв'язування задач.

Розвивальна. З метою розвитку мислення розвивати вміння аналізувати навчальний матеріал, умову задачі, хід розв'язання задач; пояснювати подібні матеріали; виявляти аналогії; розкривати загальне і конкретне; встановлювати закономірності.

Виховна. Виховувати уважність, зібраність, спостережливість.

Тип уроку: урок засвоєння нових знань.

Наочність і обладнання: навчальна презентація, комп'ютер, підручник.

Хід уроку

I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

Змалку ми характеризуємо температуру словами: гаряче, тепле, холодне.

А що ж таке температура з погляду фізики?

III. ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

1. Температура

Однаково нагріті тіла, контактуючи одне з одним, не змінюють своїх властивостей, і тоді кажуть, що ці тіла перебувають у стані теплової рівноваги.

Стан теплової рівноваги – це такий стан макроскопічної системи, коли всі макроскопічні параметри системи залишаються незмінними як завгодно довго.

Температура – фізична величина, яка характеризує стан теплової рівноваги макроскопічної системи.

2. Термометри

Проблемне питання

- Як можна виміряти температуру?

Термометри – прилади для вимірювання температури через перетворення тепла в покази або в сигнали.

Основні частини будь-якого термометра: термометричне тіло (ртуть або спирт у рідинному термометрі, біметалева пластина в металевому деформаційному термометрі тощо) і шкала.

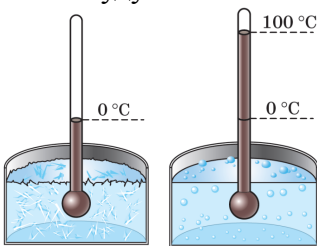
Дія термометрів заснована на тому, що зі зміною температури тіла змінюються певні макроскопічні параметри термометричного тіла (об'єм, електричний опір).

Види термометрів і принципи їх дії:

- рідинний (зміна об'єму рідини зі зміною температури);
- термометр опору (зміна опору провідника зі зміною температури);
- біметалевий деформаційний (зміна довжин двох різних металевих пластин зі зміною температури).

Проблемне питання

- Як будують шкали термометрів та які вони бувають?

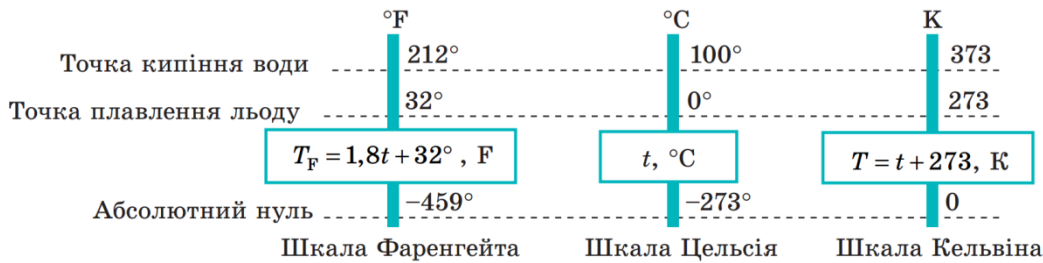


Наприклад, за нульову точку температурної шкали Цельсія взято температуру танення льоду за нормального атмосферного тиску ($t = 0^\circ\text{C}$). Температурі кипіння води за нормального атмосферного тиску приписують значення $t = 100^\circ\text{C}$.

Одиниця температури за шкалою Цельсія – градус Цельсія:

$$[t] = 1^\circ\text{C}$$

Найпоширенішими температурними шкалами є шкали Цельсія, Кельвіна, Фаренгейта.



3. Температура і середня кінетична енергія молекул

Проблемне питання

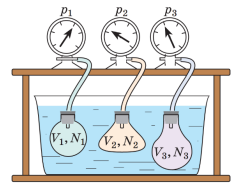
Припустимо: якщо гази перебувають у стані теплової рівноваги, то середні кінетичні енергії молекул цих газів будуть однаковими.

- Як це довести, адже безпосередньо виміряти ці енергії неможливо?

Основне рівняння МКТ ідеального газу:

$$p = \frac{2}{3} n \bar{E}_k \quad n = \frac{N}{V} \quad \Rightarrow \quad \bar{E}_k = \frac{3}{2} \frac{pV}{N}$$

Дослід, який дозволяє встановити зв'язок між температурою і середньою кінетичною енергією поступального руху молекул газу. Гази в посудинах перебувають у стані теплової рівноваги із середовищем, а отже, й один з одним.



Вимірювання підтверджують, що для будь-яких розріджених газів виконуються співвідношення:

$$\frac{p_1 V_1}{N_1} = \frac{p_2 V_2}{N_2} = \frac{p_3 V_3}{N_3} \quad \Rightarrow \quad \bar{E}_{k1} = \bar{E}_{k2} = \bar{E}_{k3}$$

Відношення $\frac{pV}{N}$ часто позначають літерою θ (тета). $\bar{E}_k = \frac{3}{2} \frac{pV}{N} = \frac{3}{2} \theta$

4. Абсолютна шкала температур

У 1848 р. англійський фізик Вільям Томсон (лорд Кельвін) (1824–1907) запропонував абсолютну шкалу температур (зараз її називають шкалою Кельвіна).

Абсолютна температура – це температура T , виміряна за шкалою кельвіна.

Одиниця абсолютної температури – **кельвін** – основна одиниця СИ:

$$[T] = 1 \text{ К}$$

Шкала Кельвіна побудована таким чином, що:

- зміна температури за шкалою Кельвіна дорівнює зміні температури за шкалою Цельсія: $\Delta t = \Delta T$, тобто ціна поділки шкали Кельвіна дорівнює ціні поділки шкали Цельсія: $1^\circ \text{C} = 1 \text{ К}$;
- температури, виміряні за шкалами Кельвіна і Цельсія, пов'язані співвідношеннями:

$$T = t + 273 \quad t = T - 273$$

- температура за шкалою Кельвіна пов'язана з величиною $\theta = \frac{pV}{N}$ співвідношенням $\theta = kT$, де k – стала Больцмана – коефіцієнт пропорційності, який не залежить ані від температури, ані від складу та кількості газу:

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

Середня кінетична енергія поступального руху молекул ідеального газу прямо пропорційна абсолютній температурі:

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT$$

Абсолютний нуль температури – це абсолютна нижня межа температури, за якої рух молекул і атомів має припинитися.

Тобто, якщо газ охолодити до температури $T = 0 \text{ К}$, рух його молекул має припинитися $\bar{E}_k = 0$. Таким чином, нульова точка шкали Кельвіна – це найнижча теоретично можлива температура. Насправді рух молекул не припиняється ніколи, тому досягти температури 0 К ($-273,15 \text{ }^\circ\text{C}$) неможливо.

Тиск p газу повністю визначається його абсолютною температурою T і концентрацією n молекул газу:

$$p = nkT$$

IV. ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАНЬ І ВМІНЬ

1. Чому, зануривши термометр у посудину з водою, не можна відразу ж знімати його покази? Необхідний час для встановлення теплової рівноваги.

2. Чи можна стверджувати, що людина здорова, якщо температура її тіла становить 311 К ? Відповідь обґрунтуйте.

$$t = T - 273, \quad t = 311 - 273 = 38 \text{ }^\circ\text{C}, \quad \text{Ні, температура тіла } 38 \text{ }^\circ\text{C}.$$

3. Визначте середню кінетичну енергію молекул одноатомного газу та концентрацію молекул за температури 290 К і тиску $0,8 \text{ МПа}$.

Дано:

$$T = 290 \text{ К}$$

$$p = 0,8 \text{ МПа} = 8 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

$$\bar{E}_k - ?$$

$$n - ?$$

Розв'язання

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT \quad \left[\bar{E}_k \right] = \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot \text{К} = \text{Дж}$$

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 290 \approx 6 \cdot 10^{-21} \text{ (Дж)}$$

$$p = nkT \quad n = \frac{p}{kT} \quad [n] = \frac{\text{Па}}{\frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot \text{К}} = \frac{\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}}{\text{Н} \cdot \text{м}} = \text{м}^{-3}$$

$$n = \frac{8 \cdot 10^5}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 290} \approx 2 \cdot 10^{26} \text{ (м}^{-3}\text{)}$$

$$\text{Відповідь: } \bar{E}_k \approx 6 \cdot 10^{-21} \text{ Дж; } n \approx 2 \cdot 10^{26} \text{ м}^{-3}.$$

4. Аргон перебуває за температури $27 \text{ }^\circ\text{C}$. Кінетична енергія теплового руху всіх його молекул дорівнює 10 Дж . Визначте число молекул аргону.

Дано:

$$T = 27 \text{ }^\circ\text{C} = 300 \text{ К}$$

$$E_k = 10 \text{ Дж}$$

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

$$N - ?$$

Розв'язання

$$E_k = N \bar{E}_k = N \cdot \frac{3}{2} kT \quad \Rightarrow \quad N = \frac{2E_k}{3kT}$$

$$N = \frac{2 \cdot 10}{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300} \approx 1,61 \cdot 10^{21}$$

$$\text{Відповідь: } N \approx 1,61 \cdot 10^{21}.$$

5. Знайдіть середньоквадратичну швидкість поступального руху молекул гелію за температури 1200 К .

Дано:

$$T = 1200 \text{ К}$$

Розв'язання

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

$$\bar{v} = ?$$

$$M_r(\text{He}) = 4 \text{ а. о. м.}$$

$$M = M_r \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$M = 4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT \quad \bar{E}_k = \frac{m_0 \bar{v}^2}{2} \quad m_0 = \frac{M}{N_A}$$

$$\frac{3}{2} kT = \frac{M \bar{v}^2}{2 N_A} \Rightarrow \bar{v} = \sqrt{\frac{3 k T N_A}{M}}$$

$$[\bar{v}] = \sqrt{\frac{\frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot \text{К} \cdot \text{моль}^{-1}}{\frac{\text{кг}}{\text{моль}}}} = \sqrt{\frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м}}{\text{кг}}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 1200 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{4 \cdot 10^{-3}}} \approx 2730 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

$$\text{Відповідь: } \bar{v} \approx 2730 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

6. У скільки разів зміниться середня квадратична швидкість руху молекул газу, якщо температура підвищиться від 27 до 159 °С?

Дано:

$$T_1 = 27^\circ \text{C} = 300 \text{ К}$$

$$T_2 = 159^\circ \text{C} = 432 \text{ К}$$

$$\frac{\bar{v}_2}{\bar{v}_1} = ?$$

Розв'язання

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT, \quad \bar{E}_k = \frac{m_0 \bar{v}^2}{2}, \quad \frac{3}{2} kT = \frac{m_0 \bar{v}^2}{2} \Rightarrow \bar{v} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$$

$$\frac{\bar{v}_2}{\bar{v}_1} = \frac{\sqrt{\frac{3kT_2}{m_0}}}{\sqrt{\frac{3kT_1}{m_0}}} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}}, \quad \frac{\bar{v}_2}{\bar{v}_1} = \sqrt{\frac{432}{300}} = 1,2$$

Відповідь: збільшиться в 1,2 разу.

7. Молекули якого газу за температури 7 °С мають середню квадратичну швидкість 590 м/с?

Дано:

$$T = 7^\circ \text{C} = 280 \text{ К}$$

$$\bar{v} = 590 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

$$M = ?$$

Розв'язання

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT \quad \bar{E}_k = \frac{m_0 \bar{v}^2}{2} \quad m_0 = \frac{M}{N_A}$$

$$\frac{3}{2} kT = \frac{M \bar{v}^2}{2 N_A} \Rightarrow M = \frac{3 k T N_A}{\bar{v}^2}$$

$$[M] = \frac{\frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot \text{К} \cdot \text{моль}^{-1}}{\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = \frac{\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м} \cdot \text{моль}^{-1}}{\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}} = \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$M = \frac{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 280 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{590^2} \approx 20 \cdot 10^{-3} \left(\frac{\text{кг}}{\text{моль}} \right)$$

Відповідь: наприклад, молекули неону.

V. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

Бесіда за питаннями

1. За яких умов система перебуває в стані теплової рівноваги?

2. Дайте означення температури.
3. Що таке термометр? Яким є принцип його дії? Які види термометрів ви знаєте?
4. Охарактеризуйте температурні шкали Цельсія та Кельвіна. Як вони пов'язані?
5. Доведіть, що температура – міра середньої кінетичної енергії руху молекул.
6. Як пов'язані тиск газу та абсолютна температура?

VI. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Опрацювати § 29, Вправа № 29 (2, 4)