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:

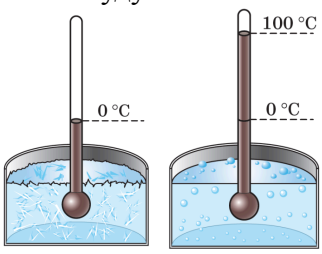
— рідинний (зміна об'єму рідини зі зміною температури);

— 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?

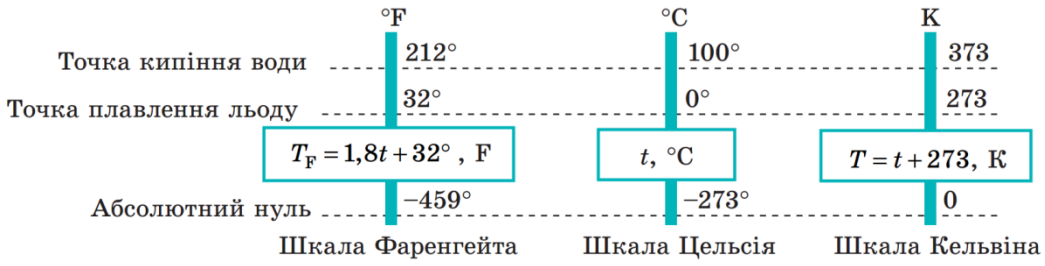


Наприклад, за нульову точку **температурної шкали Цельсія** взято температуру танення льоду за нормального атмосферного тиску ($t = 0$ °C). Температурі кипіння води за нормального атмосферного тиску приписують значення $t = 100$ °C.

Одиниця температури за шкалою Цельсія – **градус Цельсія:**

$$[t] = 1°C$$

Найпоширенішими температурними шкалами є шкали Цельсія, Кельвіна, Фаренгейта.



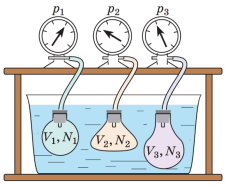
3. Температура і середня кінетична енергія молекул

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: $p = \frac{2}{3} n\overline{E}_k$ $\quad n = \frac{N}{V}$ $\quad => \quad \overline{E}_k = \frac{3}{2}\frac{pV}{N}$



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:

$$\frac{p_1V_1}{N_1} = \frac{p_2V_2}{N_2} = \frac{p_3V_3}{N_3} \quad => \quad \overline{E}_{k1} = \overline{E}_{k2} = \overline{E}_{k3}$$

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

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 СІ:*

$$[T] = 1\ \text{К}$$

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 °C = 1 К;

• температури, виміряні за шкалами Кельвіна і Цельсія, пов'язані співвідношеннями:

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

• 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:

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

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

Тобто, якщо газ охолодити до температури $T = 0$ К, *рух його молекул має припинитися* $\overline{E}_k = 0$. Таким чином, *нульова точка шкали Кельвіна – це найнижча теоретично можлива температура.* Насправді рух молекул не припиняється ніколи, тому досягти температури 0 К (–273,15 °С) 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, занурившi 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.

$t = T - 273, \quad t = 311 - 273 = 38$ °С, Ні, температура тіла 38 °С.

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

Дано:

$T = 290$ К

$p = 0,8$ МПа $= 8\cdot10^5$ Па

$k = 1,38\cdot10^{-23}\ \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$

$\overline{E}_k$ – ?

n – ?

Розв'язання

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

$$\overline{E}_k = \frac{3}{2}\cdot1,38\cdot10^{-23}\cdot290 \approx 6\cdot10^{-21}\ (\text{Дж})$$

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

$$n = \frac{8\cdot10^5}{1,38\cdot10^{-23}\cdot290} \approx 2\cdot10^{26}\ \left(\text{м}^{-3}\right)$$

Відповідь: $\overline{E}_k \approx 6\cdot10^{-21}$ Дж; $n \approx 2\cdot10^{26}$ м$^{-3}$.

4. Аргон перебуває за температури 27 °С. Кінетична енергія теплового руху всіх його молекул дорівнює 10 Дж. Визначте число молекул аргону.

Дано:

$T = 27$ °С $= 300$ К

$E_k = 10$ Дж

$k = 1,38\cdot10^{-23}\ \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$

N – ?

Розв'язання

$$E_k = N\overline{E}_k = N\cdot\frac{3}{2}kT \qquad => \qquad N = \frac{2E_k}{3kT}$$

$$N = \frac{2\cdot10}{3\cdot1,38\cdot10^{-23}\cdot300} \approx 1,61\cdot10^{21}$$

Відповідь: $N \approx 1,61\cdot10^{21}$.

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

Дано:

$T = 1200$ К

Розв'язання

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

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

$\bar{v}$ – ?

$M_r(He) = 4$ а. о. м.

$M = M_r \bullet 10^{-3} \frac{кг}{моль}$ $\qquad M = 4 \cdot 10^{-3} \frac{кг}{моль}$

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

$$\frac{3}{2}kT = \frac{M\overline{v^2}}{2N_A} \quad => \quad \bar{v} = \sqrt{\frac{3kTN_A}{M}}$$

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

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

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

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

Дано:

$T_1 = 27$ °С $= 300$ К

$T_2 = 159$ °С $= 432$ К

$\frac{\bar{v}_2}{\bar{v}_1}$ – ?

Розв'язання

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

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

Відповідь: збільшиться в 1,2 разу.

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

Дано:

$T = 7$ °С $= 280$ К

$\bar{v} = 590 \frac{м}{с}$

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

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

M – ?

Розв'язання

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

$$\frac{3}{2}kT = \frac{M\overline{v^2}}{2N_A} \quad => \quad M = \frac{3kTN_A}{\overline{v^2}}$$

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

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

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)