

Абсолютна шкала температур

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

А що ж таке температура з погляду фізики?

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.

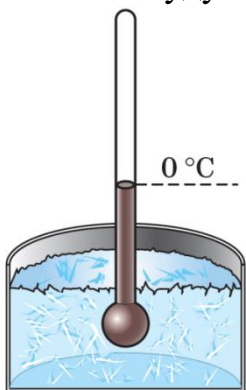
Дія термометрів заснована на тому, що зі зміною температури тіла змінюються певні макроскопічні параметри термометричного тіла (об'єм, електричний опір).

Види термометрів і принципи їх дії:

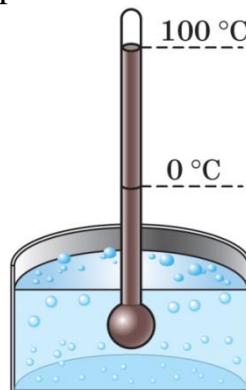
- рідинний (зміна об'єму рідини зі зміною температури);
- термометр опору (зміна опору провідника зі зміною температури);
- біметалевий деформаційний (зміна довжин двох різних металевих пластин зі зміною температури).

Проблемне питання

- Як будують шкали термометрів та які вони бувають?

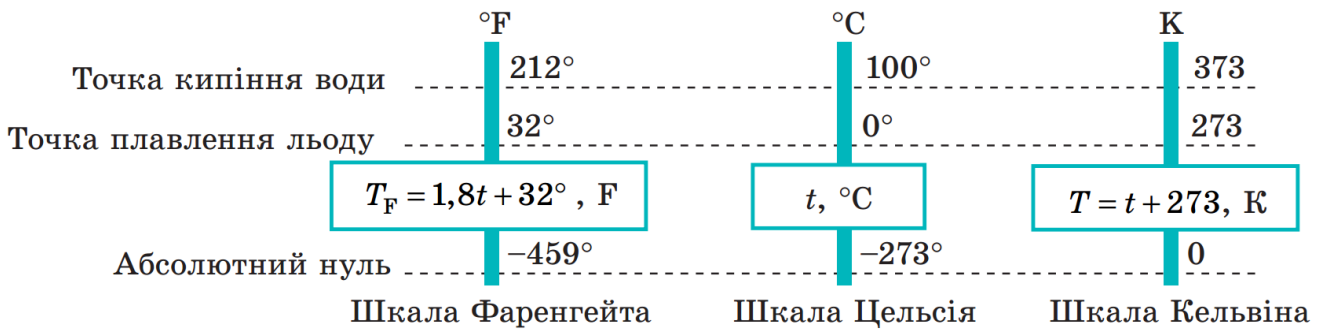


Наприклад, **Цельсія** взято нормального (0 °C) нормального приписують. Одиниця Цельсія – $[t] = 1^\circ\text{C}$



за нульову точку температурної шкали температуру танення льоду за атмосферного тиску ($t =$ Температурі кипіння води за атмосферного тиску значення $t = 100^\circ\text{C}$. температури за шкалою градус Цельсія:

Найпоширенішими температурними шкалами є шкали Цельсія, Кельвіна, Фаренгейта.



3. Температура і середня кінетична енергія молекул

Проблемне питання

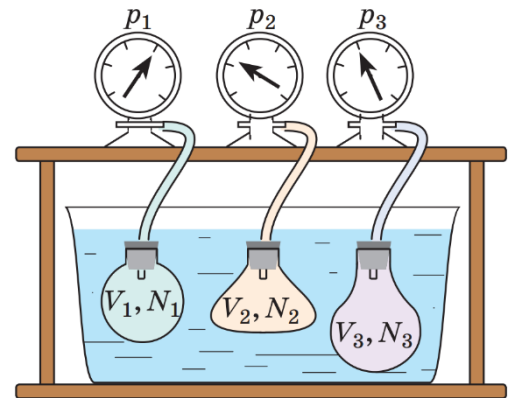
Припустимо: якщо гази перебувають у стані теплової рівноваги, то середні кінетичні енергії молекул цих газів будуть однаковими.

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

Основне рівняння МКТ ідеального газу:

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

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). $\bar{E}_k = \frac{3 p V}{2 N} = \frac{3}{2} \theta$

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:

$$[T] = 1 \text{ K}$$

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: $1 °C = 1 \text{ K}$;

- 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:

$$p = nkT$$

Приклади розв'язування задач з теми

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.

$$t = T - 273$$

$$t = 311 - 273 = 38 \text{ }^\circ\text{C}$$

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

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

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

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

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

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

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

Дано:

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

$$E_k = 10 \text{ Дж}$$

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

$$N - ?$$

Розв'язання

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

$$[N] = \frac{\text{Дж}}{\frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot \text{К}} = 1$$

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

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

Розв'яжи самостійно:

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

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

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

Корисні посилання:

- [Фізика: 10-й клас. підручник \(рівень стандарту\) В.Г. Бар'яхтар, С.О. Довгий, Ф.Я. Божинова, О.О. Кірюхіна](#)
- [Термометр, різновиди та будова](#)
- [Phet-симуляція для дослідження станів матерії речовини](#)