

§ 16. ЗАЛЕЖНІСТЬ РОЗМІРІВ ТІЛ ВІД ТЕМПЕРАТУРИ

■ Якщо ви спостережливі, то, напевне, звернули увагу на такі факти. Електричні проводи влітку провисають набагато сильніше, ніж узимку, тобто влітку вони є довшими. Якщо набрати повну пляшку холодної води й поставити в тепле місце, то згодом частина води з пляшки вилітеться, тому що під час нагрівання вода розширюється. Повітряна кулька, винесена з кімнати на мороз, зменшується в об'ємі.



Рис. 2.30. Під час нагрівання повітря в колбі розширюється й частина його виходить із колби — це видно з бульбашок повітря, що виходять із трубки

1

Переконаємося в тепловому розширенні твердих тіл, рідин і газів

Нескладні досліди й численні спостереження переконують нас у тому, що, як правило, *тверді тіла, рідини й гази під час нагрівання розширюються, а під час охолодження стискаються.*

Теплове розширення рідин і газів легко спостерігати за допомогою колби, шийку якої щільно закорковано, а в корок уставлено скляну трубку. Перекинемо колбу, заповнену повітрям, у посудину з водою. Тепер досить узятися за колбу рукою, і незабаром повітря, розширюючись у колбі, виходитиме у вигляді бульбашок із трубки під водою (рис. 2.30).

Тепер наповнимо колбу якою-небудь підфарбованою рідиною та закоркуємо так, щоб частина рідини ввійшла в трубку (рис. 2.31, а). Позначимо рівень рідини в трубці та опустимо колбу в посудину з гарячою водою. У перший момент рівень рідини трохи знизиться (рис. 2.31, б),

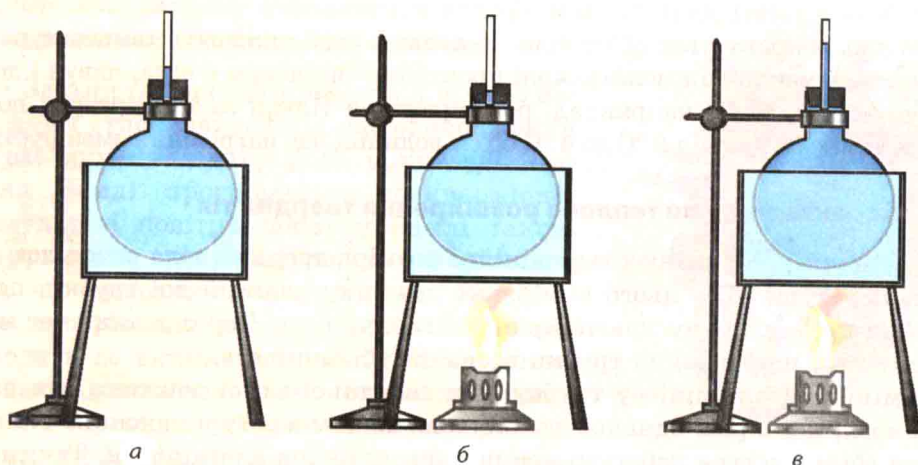


Рис. 2.31. Дослід, який демонструє, що під час нагрівання рідина (як тверді тіла та гази) розширюється: *а* — закоркована колба з рідиною в трубці; *б* — у перший момент нагрівання рівень рідини трохи знизиться; *в* — у ході подальшого нагрівання рівень рідини значно підвищується

і це можна пояснити тим, що спочатку нагрівається й розширюється колба, а вже потім, нагріваючись, розширюється вода. Незабаром ми переконаємося, що в міру нагрівання колби й води в ній рівень рідини в трубці помітно підвищиться (рис. 2.31, *в*). Отже, тверді тіла та рідини, як і гази, під час нагрівання розширюються. Дослідним шляхом з'ясовано, що тверді тіла та рідини під час нагрівання розширюються набагато менше, ніж гази.

Теплове розширення твердих тіл можна продемонструвати також на такому досліді. Візьмемо мідну кульку, яка в ненагрітому стані легко проходить крізь пригнане до неї кільце. Нагріваємо кульку в полум'ї спиртівки й переконуємося у тому, що кульку крізь кільце тепер не проходить (рис. 2.32, *а*). Після охолодження кулька знову легко проходить крізь кільце (рис. 2.32, *б*).

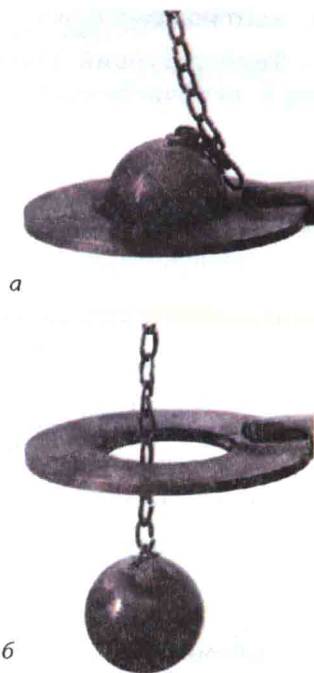


Рис. 2.32. Дослід, який ілюструє теплове розширення твердих тіл. *а* — у нагрітому стані кулька не проходить крізь кільце; *б* — після охолодження кулька крізь кільце пройде

2 З'ясуємо причину теплового розширення

У чому ж причина збільшення об'єму тіл під час нагрівання, адже кількість молекул зі збільшенням температури не змінюється?

Атомно-молекулярна теорія пояснює теплове розширення тіл тим, що зі збільшенням температури збільшується швидкість руху атомів і мо-

лекул. У результаті збільшується середня відстань між атомами (молекулами). Відповідно, збільшується об'єм тіла. І навпаки, чим нижчою є температура речовини, тим менші міжмолекулярні проміжки. Винятком є вода, чавун і деякі інші речовини. Вода, наприклад, розширюється тільки за температури понад 4 °C; за температури від 0 °C до 4 °C об'єм води під час нагрівання зменшується.

3 Характеризуємо теплове розширення твердих тіл

З'ясуємо, як змінюються лінійні розміри твердого тіла внаслідок зміни температури. Для цього виміряємо довжину алюмінієвої трубки, потім нагріємо трубку, пропускаючи крізь неї гарячу воду. Через деякий час можна помітити, що довжина трубки незначно збільшилась.

Замінивши алюмінієву трубку скляною такої самої довжини, ми переконаємося, що в разі однакового збільшення температури довжина скляної трубки збільшується набагато менше, ніж довжина алюмінієвої. Таким чином, робимо висновок: *теплове розширення тіла залежить від речовини, з якої воно виготовлене.*

Фізична величина, що характеризує теплове розширення матеріалу й чисельно дорівнює відношенню зміни довжини тіла внаслідок його нагрівання на 1 °C і його початкової довжини, називається **температурним коефіцієнтом лінійного розширення**.

Температурний коефіцієнт лінійного розширення позначається символом α та обчислюється за формулою:

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \cdot \Delta t},$$

де $\Delta l = l - l_0$ — зміна довжини тіла; $\Delta t = t - t_0$ — зміна температури тіла; l_0 — початкова довжина тіла за температури t_0 ; l — довжина тіла за температури t .

З визначення температурного коефіцієнта лінійного розширення можна дістати одиницю цієї фізичної величини:

$$[\alpha] = \frac{\text{м}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}} = \frac{1}{^\circ\text{C}}.$$

Нижче у таблиці наведено температурні коефіцієнти лінійного розширення деяких речовин.

Температурні коефіцієнти лінійного розширення деяких речовин

Речовина	α , 1/°C	Речовина	α , 1/°C
Алюміній	0,000024	Платина	0,000009
Залізо	0,000012	Срібло	0,000019
Золото	0,000014	Сталь	0,000012
Латунь	0,000019	Скло	0,000009
Мідь	0,000017	Цемент	0,000014
Олово	0,000027	Цинк	0,000029

4 Знайомимося з тепловим розширенням у природі й техніці

Здатність тіл розширюватися під час нагрівання і стискуватися під час охолодження відіграє дуже важливу роль у природі. Поверхня Землі прогривається нерівномірно. У результаті повітря поблизу Землі також розширюється нерівномірно, й утворюється вітер, що зумовлює зміну погоди. Нерівномірне прогривання води в морях і океанах приводить до виникнення течій, які суттєво впливають на клімат. Різке коливання температури в гірських районах викликає розширення і стискання гірських порід. А оскільки ступінь розширення залежить від виду породи, то розширення і стискання відбуваються нерівномірно, і в результаті утворюються тріщини, що спричиняють руйнування тих порід.

Теплове розширення доводиться брати до уваги під час будівництва мостів і ліній електропередач, прокладання труб опалення, укладання залізничних рейок, виготовлення залізобетонних конструкцій і в багатьох інших випадках.

Явище теплового розширення широко використовується в техніці й побуті. Так, для автоматичного замикання й розмикання електричних кіл використовують біметалічні пластинки — вони складаються з двох смуг із різним коефіцієнтом лінійного розширення (рис. 2.33). Теплове розширення повітря допомагає рівномірно прогріти квартиру, охудити продукти в холодильнику, провітрити кімнату.

5 Вчимося розв'язувати задачі

Задача. Довжина сталеві залізничної рейки за температури 0°C дорівнює 8 м. На скільки збільшиться її довжина спекотного літнього дня за температури 40°C ?

Аналіз умови задачі. Знаючи, як змінюється довжина сталеві деталі внаслідок нагрівання на 1°C , тобто знаючи температурний коефіцієнт лінійного розширення сталі,

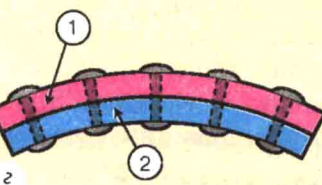
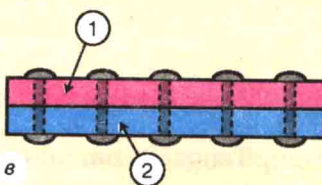
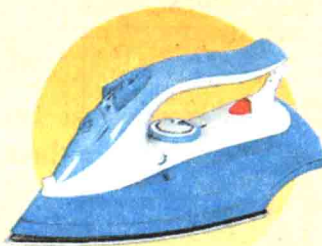
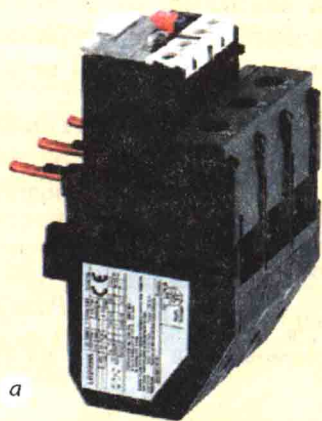


Рис. 2.33. Для виготовлення автоматичних запобіжників (а), для автоматичного ввімкнення і вимкнення нагрівальних приладів (б) широко застосовуються біметалічні пластинки (в). Один із металів у разі збільшення температури розширюється набагато більше за другий. У результаті ця пластинка вигинається (з), й електричне коло розмикається (або замикається)

ми знайдемо, на скільки зміниться довжина рейки внаслідок нагрівання на $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температурний коефіцієнт лінійного розширення сталі візьмемо з таблиці, наведеної вище.

Дано:

$$l_0 = 8 \text{ м}$$

$$t_0 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\alpha = 0,000012 \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$$

$$l - l_0 = ?$$

Пошук математичної моделі

За визначенням температурного коефіцієнта лінійного розширення:

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \Delta t}.$$

Розв'язання та аналіз результатів

З формули для визначення температурного коефіцієнта лінійного розширення знайдемо подовження рейки:

$$\Delta l = \alpha l_0 \Delta t.$$

Оскільки $\Delta t = t - t_0$, отримуємо $\Delta l = \alpha l_0 (t - t_0)$.

Перевіримо одиницю виміру:

$$[l - l_0] = \frac{1}{^{\circ}\text{C}} \cdot \text{м} \cdot ^{\circ}\text{C} = \text{м}.$$

Знайдемо числове значення:

$$\{l - l_0\} = 0,000012 \cdot 8 \cdot (40 - 0) = 0,00393, \text{ таким чином, } l - l_0 = 0,00392 \text{ м} = 3,92 \text{ мм}.$$

Проаналізуємо результат: збільшення довжини рейки є цілком реальним.

Відповідь: довжина рейки збільшилася на 3,92 мм.



ПІДБИВАЄМО ПІДСУМКИ

Тверді тіла, рідини й гази під час нагрівання, як правило, розширюються. Причина теплового розширення в тому, що зі збільшенням температури збільшується швидкість руху атомів і молекул. У результаті збільшується середня відстань між атомами (молекулами). Теплове розширення твердих речовин характеризується коефіцієнтом лінійного розширення. Коефіцієнт лінійного розширення чисельно дорівнює відношенню зміни довжини тіла внаслідок нагрівання його на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ і його початкової

$$\text{довжини } \alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \cdot \Delta t}.$$



Контрольні запитання

1. Наведіть приклади, які підтверджують, що тверді тіла, рідини й гази розширюються під час нагрівання.
2. Опишіть дослід, який демонструє теплове розширення рідин.
3. У чому причина збільшення об'єму тіл під час нагрівання?
4. Від чого, крім температури, залежить зміна розмірів тіл під час їх нагрівання (охолодження)?
5. У яких одиницях вимірюється коефіцієнт лінійного розширення?



Вправи

- Виберіть усі правильні відповіді. Коли тіло охолоджується, то:
 - швидкість руху його молекул зменшується;
 - швидкість руху його молекул збільшується;
 - відстань між його молекулами зменшується;
 - відстань між його молекулами збільшується.
- Як зміниться об'єм повітряної кульки, якщо ми перенесемо її з холодного приміщення в тепле? Чому?
- Що відбувається з відстанню між частинками рідини в термометрі в разі похолодання?
- Чи правильним є твердження, що під час нагрівання тіло збільшує свої розміри, тому що розміри його молекул збільшуються? Якщо ні, запропонуйте свій, виправлений, варіант.
- Навіщо на точних вимірювальних приладах зазначають температуру?
- Згадайте дослід із мідною кулькою, яка внаслідок нагрівання застрягла в кільці (див. рис. 2.32). Як змінилися внаслідок нагрівання: об'єм кулі; її маса; густина; середня швидкість руху атомів?
- Після того як пару киплячої води пропустили через латунну трубку, довжина трубки збільшилася на 1,62 мм. Чому дорівнює коефіцієнт лінійного розширення латуні, якщо за температури 15°C довжина трубки дорівнює 1 м? Нагадаємо, що температура киплячої води дорівнює 100°C .
- Платиновий дріт завдовжки 1,5 м мав температуру 0°C . Унаслідок пропускання електричного струму він розжарився й подовжився на 15 мм. До якої температури був нагрітий дріт?
- Мідний лист прямокутної форми, розміри якого за температури 20°C становлять $60\text{ см} \times 50\text{ см}$, нагріли до 600°C . Як змінилася площа листа?



Експериментальні завдання

- Як, маючи дощечку, молоток, два цвяшки, спиртівку й пінцет, показати, що розмір монети в 5 копійок під час нагрівання збільшується? Виконайте відповідний дослід. Поясніть явище, яке спостерігається.
- Наповніть пляшку водою так, щоб усередині залишилася бульбашка повітря. Нагрійте пляшку в гарячій воді. Простежте, як зміняться розміри бульбашки. Поясніть результат.