

**Натисніть тут, щоб  
купити книгу на сайті  
або замовляйте за телефоном:  
(0352) 51-97-97, (067) 350-18-70,  
(066) 727-17-62**

## ПЕРЕДМОВА

*Дорогі друзі!* Вивчаючи фізику в 7 класі, ви дізнались багато нового про фізику як науку про природні явища та методи їхнього вивчення. Для вас експеримент — одне із джерел знань. Ви навчилися самостійно виконувати експериментальні завдання під час виконання лабораторних робіт на уроках і деяких завдань удома.

У 8 класі ви будете вивчати закономірності теплових та електричних явищ. На початку кожного параграфу є запитання, на які ви повинні дати відповіді для повторення раніше вивченого матеріалу. У цьому підручнику нові терміни, визначення, формули в тексті виділені **напівжирним шрифтом**. Їх потрібно запам'ятати. Після того, як ви прочитаєте параграф, постарайтесь його переказати і відповісти на запитання для самоперевірки. Читаючи підручник, звертайте увагу на слова, виділені *курсивом*, наведені в ньому рисунки, які ілюструють викладений матеріал.

Щоби переконатися у тому, що ви зрозуміли матеріал, виконайте завдання, наведені у вправах, поміщених після параграфів. Підручник містить завдання двох рівнів складності. Деякі з них є запитаннями, відповідаючи на які потрібно пояснити відповідне явище або процес.

Інші завдання сформульовані у вигляді задач, при розв'язуванні яких потрібно визначити ту чи іншу фізичну величину, використавши відповідні закони і формули.

Зустрічаються також і графічні задачі, в яких треба виконати обчислення і побудувати графік або з поданого графіка отримати певну інформацію.

Є завдання експериментального характеру, виконання яких передбачає проведення дослідів і спостережень. Такі завдання позначені індексом «е» (експеримент).

Задачі підвищеної складності, а також параграфи, обсяг матеріалу яких дещо виходить за межі діючої програми з фізики, помічені зірочкою. До деяких задач у кінці підручника наведені відповіді. Для тих, хто прагне дізнатися більше чи перевірити свої знання, створено електронний додаток (робота з комп'ютером), де міститься додатковий матеріал, завдання різного рівня складності та тестові завдання для самостійної перевірки знань.

Бажаємо вам успіхів у навчанні.

*Автори*



# Розділ I

## ТЕПЛОВІ ЯВИЩА

До цього часу ви вивчали явища і властивості тіл, не пов'язані зі зміною їхньої температури. Це були механічний рух, механічні властивості твердих тіл, рідин і газів. Тепер ви починаєте вивчати нові явища — теплові. Розділ фізики, що вивчає теплові явища, називають *термодинамікою*. До теплових явищ належать, наприклад, нагрівання і охолодження тіл, плавлення і випаровування та інші. Ви розглянете причини цих явищ і навчитеся їх пояснювати.

### §1. Тепловий рух молекул

✓ Який характер має тепловий рух молекул?

**1** Ви вже знаєте, що всі речовини складаються з частинок (молекул, атомів, йонів), між якими є проміжки і які перебувають у постійному русі.

Складність експериментальної перевірки цього твердження полягає в тому, що розміри частинок малі і їхній рух спостерігати неможливо. Однак можна вивчати явища, які є наслідком руху частинок. Розглянемо деякі з них.

**2** *Роберт Броун* (1773–1858) у 1827 р. вивчав за допомогою мікроскопа поведінку часточок квіткового пилку, що знаходились у воді. Він помітив, що часточки здійснюють неперервний рух (ніби тремтять у воді). Такий рух називають **броунівським**. На рисунку 1 показана в збільшеному масштабі траєкторія руху часточки.

Броун помилково вважав, що часточки рухаються, тому що вони живі. Пояснити причину броунівського руху вдалося значно пізніше. Ця причина — *рух молекул води*. Молекули води, в якій знаходиться часточка пил-

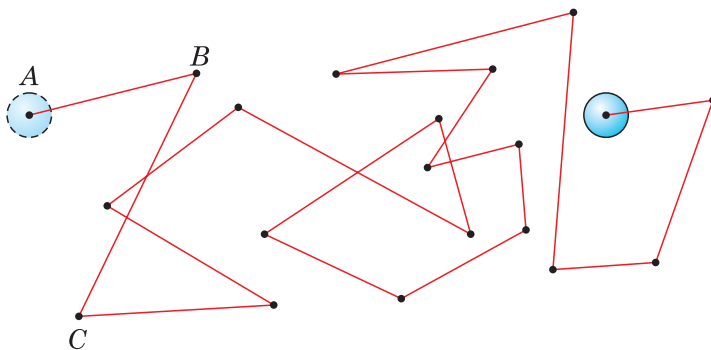


Рис. 1

ку, рухаються і вдаряються в неї. Причому з різних сторін у часточку вдаряється неоднакова кількість молекул, що призводить до її переміщення.

Нехай у момент часу  $t_1$  під дією ударів молекул води часточка перемістилася з точки  $A$  в точку  $B$  (див. рис. 1). У наступний момент часу більша кількість молекул ударяється в часточку з іншого боку, і напрямок її руху змінюється — вона переміщується з точки  $B$  в точку  $C$ . Таким чином, рух часточки пилку є наслідком руху молекул води, в якій пилочок знаходиться.

Подібне явище можна спостерігати, якщо помістити у воду часточки фарби або сажі. Броунівський рух часточок можна спостерігати і в газах.

**3** Із траєкторії руху часточки пилку видно, що напрямок її руху весь час змінюється. Оскільки рух часточки — наслідок руху молекул води, то можна зробити висновок, що молекули рухаються безладно (хаотично). Іншими словами, не можна виділити якийсь певний напрям, в якому рухаються всі молекули. Рух молекул ніколи не припиняється. Можна сказати, що він — неперервний. Отже, **молекули перебувають у безперервному хаотичному русі.**

Інтенсивність безперервного хаотичного руху молекул пов'язана з температурою тіла. Тому його називають **тепловим.**

**Тепловий рух — безперервний хаотичний рух частинок, з яких складається речовина.**



Роберт Броун (1773–1858) – англійський ботанік. Досліджуючи поведінку часточок пилку, що знаходяться у воді, описав їхній рух, який згодом був названий його ім'ям.

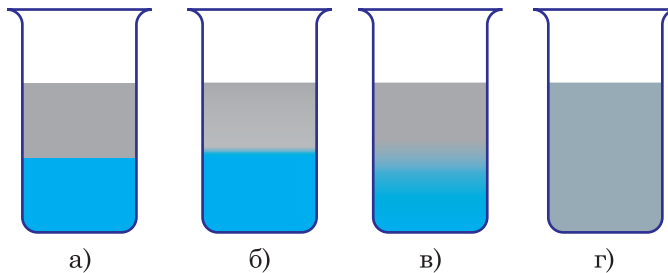
**4** Як вам відомо, запах парфумів поширюється завдяки руху молекул. Молекули парфумів так само, як і молекули повітря, рухаються. Молекули парфумів проникають у проміжки між молекулами повітря, а молекули повітря — у проміжки між молекулами парфумів.

**Явище взаємного проникнення речовин, що контактують між собою, одна в одну називають *дифузією*.**

Дифузія відбувається внаслідок хаотичного руху молекул.

Поширення запаху — приклад дифузії в газах. Дифузія відбувається і в рідинах. Наприклад, якщо у воду додати краплю чорнила, то ми побачимо, як вона почне розпливатися. Це відбувається тому, що молекули фарби проникають у проміжки між молекулами води.

Наллємо в мензурку розчин мідного купоросу, а зверху — воду так, щоб між цими рідинами було видно межу (рис. 2, а). Через два-три дні зауважимо, що межа вже не буде такою різкою (рис. 2, б); через тиждень вона зовсім розмиється (рис. 2, в). Через місяць рідина стане однорідною і в усій посудині буде забарвлена однаково (рис. 2, г). Молекули мідного купоросу проникають у проміжки між молекулами води, а молекули води — у проміжки між молекулами мідного купоросу.



**Рис. 2**

Дифузія також відбувається і в твердих тілах. Однак, оскільки молекули твердих тіл знаходяться близько одна від одної, дифузія в твердих тілах відбувається дуже повільно. Досліди показують, що дифузія в газах проходить швидше, ніж у рідинах. Це пояснюється тим, що гази мають меншу густину, ніж рідини, тобто молекули газів розташовані на великих

відстанях одна від одної. Швидкість перебігу дифузії також залежить від температури. При високій температурі дифузія відбуватиметься швидше.



## Запитання для самоперевірки

1. Наведіть приклади явищ, які доводять, що молекули рухаються.
2. Як ви розумієте, що рух молекул неперервний і хаотичний?
3. Чим відрізняється рух молекули газу від механічного руху тіла?
4. Який рух називають тепловим?



## Завдання 1

1. Чому дитячі повітряні кульки поступово зменшуються в об'ємі? Відповідь обґрунтуйте.
2. Поясніть, чому цукор та інші пористі продукти не можна довго зберігати біля речовин, що мають сильний запах.
3. В якій воді — холодній чи гарячій — цукор розчиняється швидше? Чому?

## §2. Температура

✓ Який характер має тепловий рух молекул?

**1** Поняттям «температура» люди почали користуватись ще до визнання теорії атомної та молекулярної будови речовини. *Тепловий стан* тіла характеризували за відчуттям тепла чи холоду при дотику. Але чи є об'єктивними такі відчуття?

Торкаючись снігу взимку, ми говоримо, що «сніг холодний», оскільки температура снігу менша від температури руки. Тобто поняття температури в даному випадку можна визначити як *ступінь нагрітості тіла*. Проте не завжди за відчуттям можна визначити, гаряче тіло чи холодне. Наприклад, металеві предмети здаються на дотик холоднішими дерев'яних за однакової кімнатної температури. Тому для порівняння температури тіл потрібно використовувати об'єктивні чинники, які ми розглянемо далі.

**2** Досліди показують, що однаково нагріті тіла, які контактують між собою, не змінюють свої властивості як завгодно довго при відсутності зовнішніх впливів. Цей стан називають **тепловою рівновагою**.

Так, наприклад, температура рідини в посудині, що перебуває в тепловій рівновазі з повітрям у кімнаті, не змінюється, якщо для цього не буде будь-яких зовнішніх причин. Звичайно, якщо в кімнаті температура повітря 20 °С, а на вулиці –10 °С і ви відкриєте вікно, то зовнішні умови зміняться і температура рідини в посудині теж буде змінюватися. Проте з плином часу знову встановиться теплова рівновага (якщо не буде інших змін), і температура змінюватися не буде.

**3** Якщо опустити в склянку з гарячим чаєм металеву ложку, то ложка буде нагріватися, а чай — остигати. Це буде відбуватися до тих пір, поки не настане теплова рівновага, при якій температура ложки і чаю стане однаковою. У будь-якому випадку, якщо взяти два нагрітих тіла, нагрітих по-різному, і привести їх у зіткнення, то більш нагріте тіло буде остигати, а менш нагріте — нагріватися. Через деякий час система, що складається з цих двох тіл, прийде в теплову рівновагу, і температура цих тіл стане однаковою.

Частинки тіла завжди перебувають у тепловому русі, а отже, мають кінетичну енергію. Чим швидше рухаються частинки, тим більша температура тіла, і навпаки: збільшення температури призводить до збільшення швидкості руху частинок та, відповідно, до збільшення кінетичної енергії. Кінетична енергія частинок речовини постійно змінюється, оскільки змінюються швидкості частинок. Але *середня кінетична енергія* частинок усіх тіл, що перебувають в тепловій рівновазі, є однаковою.

Отже, **температура** — це фізична величина, що характеризує стан теплової рівноваги системи тіл і є мірою середньої кінетичної енергії хаотичного руху частинок речовини.

Її особливістю є те, що значення температури у всіх тіл, що перебувають у стані теплової рівноваги, однакове. Так, однаковою стане температура предмета, внесеного в кімнату, і повітря в ній, коли вони прийдуть в теплову рівновагу.

**4** Температуру вимірюють **термометром**. Дія термометра ґрунтується на залежності властивостей тіл від температури: теплове розши-



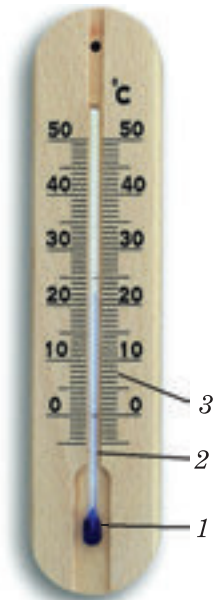
**Рис. 3**

рення тіл, зміна електричних властивостей речовини від температури і т.д. Різні типи термометрів зображено на рисунку 3. Вам добре відомо, що тіла при нагріванні розширюються. На залежності об'єму тіла від температури ґрунтується будова найпоширеніших термометрів. У термометрах можуть бути використані різні тіла: і рідкі (спирт, ртуть), і тверді (метали), і газоподібні. Найчастіше використовують рідину або газ.

Рідинний термометр (рис. 4) складається з колби **1**, наповненої рідиною і яка з'єднана з довгою тонкою трубкою **2**. За довжиною стовпчика рідини в трубці визначають температуру. Для того, щоб за допомогою термометра можна було проводити вимірювання, термометр повинен мати шкалу **3**.

Щоб виміряти температуру за допомогою рідинного термометра, його колбу розміщують у тому середовищі, температуру якого хочуть виміряти. Коли встановиться теплова рівновага між рідиною в колбі і середовищем (довжина стовпчика рідини в трубці перестане змінюватися), за шкалою визначають значення температури.

При побудові шкали вибирають дві основні (реперні, опорні) точки, яким приписують певні значення температури, й інтервал між ними ді-



**Рис. 4**



лять на кілька рівних частин. Значення кожної частини відповідає одиниці температури за даною шкалою.

Рідинні термометри мають ряд недоліків. Наприклад, використовуючи в термометрах властивість теплового розширення, ми вважаємо, що об'єм рідини змінюється однаково (рівномірно) на як завгодно великому температурному інтервалі. Насправді це не так. Причому в різних речовин ця нерівномірність проявляється різною мірою.

**5** Існують різні температурні шкали. Однією з найбільш поширених у практиці і добре відомих вам шкал є шкала Цельсія. Основними точками цієї шкали є температура танення чистого льоду за нормального атмосферного тиску і температура кипіння дистильованої води за нормального атмосферного тиску. Першій точці приписали значення  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а другій —  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Відстань між цими точками розділили на 100 рівних частин і отримали шкалу Цельсія. За одиницю температури за цією шкалою прийнятий  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

*Один градус Цельсія ( $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) — це одна сота частини інтервалу між температурою плавлення льоду і температурою кипіння води за нормального атмосферного тиску.*



*Андерс Цельсій (1701–1744) – шведський астроном і математик. Запропонував стоградусну шкалу для вимірювання температури.*

**6\*** Зрозуміло, що, вибираючи в якості основних різні точки і ділячи відстань між ними на різну кількість частин, можна отримати різні температурні шкали. Так, у США та Великобританії досі застосовують термометри зі шкалою Фаренгейта.

За  $0^{\circ}$  у цій шкалі Фаренгейт прийняв температуру найхолоднішої зими в Голландії в 1709 р. Таку температуру мала, складена ним, суміш льоду з нашатирем чи кухонною сіллю. Другу точку він отримав, занурюючи термометр у суміш льоду і води. Відстань між цими точками він розділив на 32 частини. Таким чином, за цією шкалою вода замерзає при  $32\text{ }^{\circ}\text{F}$ .

Свою шкалу Фаренгейт перевіряв, вимірюючи температуру людського тіла. Нову точку, що відповідає нормальній температурі тіла, він позна-

чив  $98\text{ }^{\circ}\text{F}$ . Пізніше він увів четверту точку — температуру кипіння води, яка дорівнює  $212\text{ }^{\circ}\text{F}$ .

У Франції використовувалася шкала Реомюра, запропонована в 1730 р. Основні точки цієї шкали — температура танення льоду ( $0\text{ }^{\circ}\text{R}$ ) і температура кипіння води ( $80\text{ }^{\circ}\text{R}$ ).

Існує ще шкала Кельвіна, де початковою точкою є абсолютний нуль. Одиницею температури є Кельвін, який дорівнює градусу за шкалою Цельсія. Нулю за шкалою Кельвіна відповідає  $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Найбільш поширені температурні шкали наведені на рисунку 5.

### Температурні шкали

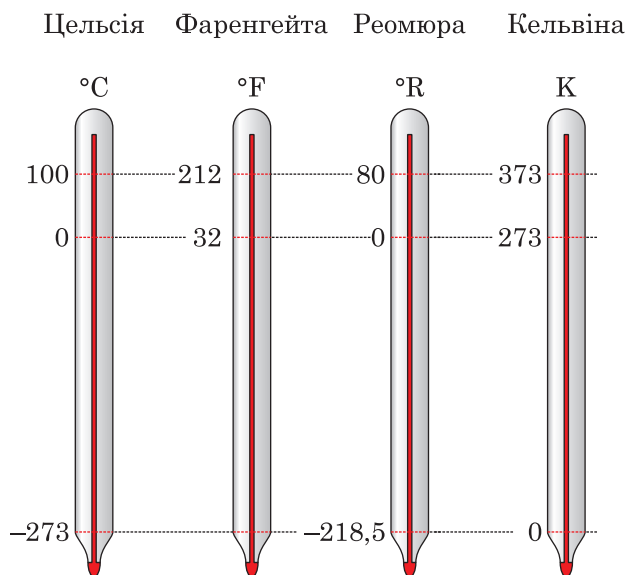


Рис. 5



### Запитання для самоперевірки

1. Наведіть приклади, коли тіла перебувають у стані теплової рівноваги і коли не перебувають у тепловій рівновазі.
2. Сформулюйте означення температури тіла.
3. Яку властивість тіл покладено в основу вимірювання температури?
4. Яка будова рідинного термометра?
5. Як будується шкала Цельсія?



## Завдання 2

1. Чи перебуває полум'я багаття в тепловій рівновазі з навколишнім повітрям?
2. Чому трубка, яка використовується в рідинному термометрі, має бути тонкою?
3. Яку рідину використовують у побутових термометрах?
4. Накресліть шкалу термометра, межі вимірювання якого — від  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а ціна поділки дорівнює  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Позначте на шкалі температуру  $8,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- 5\*. Температура повітря в кімнаті  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Яка температура повітря за шкалою Фаренгейта та за шкалою Реомюра?

### §3. Залежність розмірів фізичних тіл від температури

- ✓ Що називається фізичним тілом, речовиною?
- ✓ Які явища доводять складну будову речовини?

**1** Ви вже знаєте, що всі тіла складаються з дрібних частинок (молекул, атомів, йонів), між якими є проміжки. Досліди показують, що як правило при

нагріванні фізичні тіла розширюються, а при охолодженні — стискаються. Зміна розмірів тіла при його нагріванні називається **тепловим розширенням**.

Можна провести наступний дослід. Металева кулька вільно проходить крізь кільце (рис. 6, а). Підвісимо кульку на штативі й нагріємо в полум'ї спиртівки. Кулька через кільце не пройде (рис. 6, б). Це означає, що її об'єм збільшився, або, інакше кажучи, кулька при нагріванні розширилась. Розширення можливе завдяки тому, що частинки, з яких складається куль-

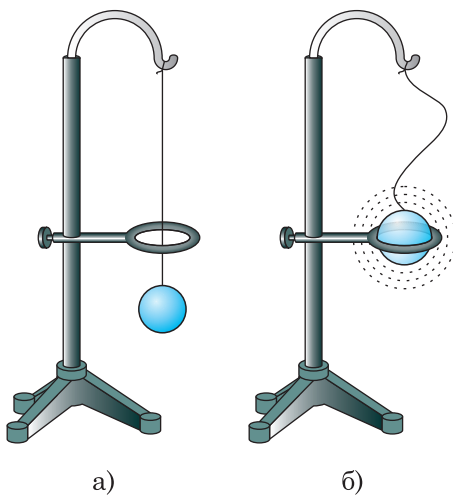


Рис. 6

ка, знаходяться на деяких відстанях одна від одної, тобто між ними є проміжки. При нагріванні ці проміжки збільшуються.

У твердого тіла розрізняють *лінійне розширення* — зміна розмірів (довжини, ширини, висоти) тіла та *об'ємне розширення тіла* — зміна об'єму тіла при нагріванні.

**2** Розширюються при нагріванні й рідини. Оскільки рідини не мають певної форми, то немає змісту говорити про лінійне розширення рідин. Об'ємне розширення рідин можна спостерігати на досліді. Наллємо в колбу воду і закриємо її корком, в яку вставлена скляна трубка так, щоб частина рідини була в трубці (рис. 7, а). Якщо воду в колбі нагріти, то через деякий час можна помітити підвищення рівня води в трубці (рис. 7, б).

**3** Дослідно встановлено, що тверді тіла та рідини при нагріванні розширюються значно менше, ніж гази. Розширення газів можна спостерігати на такому досліді.

Зануримо шийку колби з повітрям у посудину з водою (рис. 8). Нагріємо колбу полум'ям спиртівки чи просто руками. При цьому з неї почнуть виходити бульбашки повітря і підніматися вгору. Це пояснюється тим, що під час нагрівання повітря розширюється і частково виходить із колби.

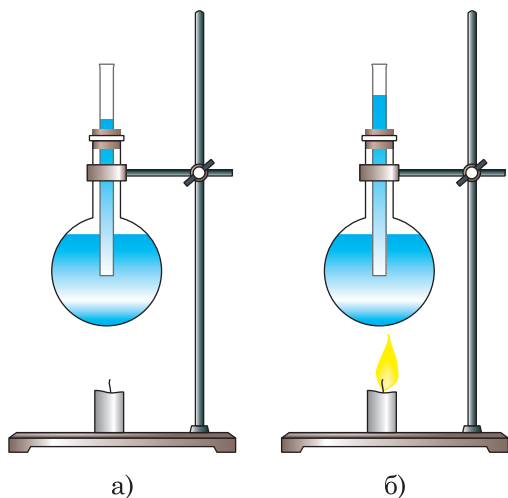


Рис. 7

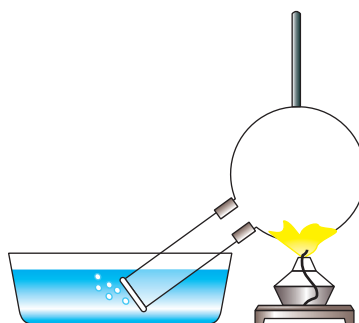


Рис. 8

**4** Отже, внаслідок нагрівання збільшується відстань між молекулами (атомами) речовини, внаслідок чого збільшується і об'єм тіла. При зменшенні температури відстань між молекулами зменшується і, відповідно, зменшується і об'єм тіла. Винятком є вода, чавун та деякі інші речовини. Вода, наприклад, розширюється тільки при нагріванні до температури, більшої за 4 °С, а при нагріванні від 0 °С до 4 °С об'єм води зменшується, а густина збільшується.

Різні тіла по-різному змінюють свої розміри при нагріванні, оскільки теплове розширення тіл залежить від речовини, з якої виготовлене тіло.

**5\*** Для того, щоб визначити, яким чином залежать розміри твердого тіла від температури, потрібно знати, як змінюються лінійні розміри тіла при збільшенні температури на 1 °С.

Фізична величина, яка чисельно дорівнює відношенню зміни довжини тіла до його початкової довжини при нагріванні на 1 °С, називається **температурним коефіцієнтом лінійного розширення** і позначається літерою  $\alpha$ :

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

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

Відповідно довжина тіла при температурі  $t$ :

$$l = l_0(1 + \alpha(t - t_0)).$$

Одиницею коефіцієнта лінійного розширення є **1/°С**. Температурні коефіцієнти лінійного розширення деяких речовин подано в таблиці 1.

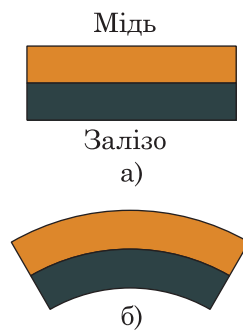
*Таблиця 1*

### Температурні коефіцієнти лінійного розширення деяких речовин

Тверда речовина	$\alpha$ , 1/°С	Тверда речовина	$\alpha$ , 1/°С
Цегла	0,000005	Мідь	0,000017
Скло	0,000009	Срібло	0,000019
Сталь	0,000012	Алюміній	0,000024
Золото	0,000014	Свинець	0,000029

**6** Теплове розширення враховується в техніці. Залізничні рейки, як і всі тіла, змінюють свою довжину при охолодженні і нагріванні. Якби рейки щільно прилягали одна до одної, то при зміні температури в них виникали би великі напруження, які могли б призвести до їхнього руйнування. Тому, вкладаючи рейки, між ділянками завдовжки 100 – 150 м залишають зазор. Зимом цей зазор збільшується, а літом — зменшується.

Властивість тіл, виготовлених з різних речовин, по-різному змінювати свою довжину при нагріванні також широко використовується. Візьмемо дві пластинки, виготовлені, наприклад, з міді та заліза, з'єднаємо їх (рис. 9, а) і будемо нагрівати. Мідна пластинка розширюється сильніше, ніж залізна, тому пластинки прогнуться (рис. 9, б). Такі пластинки називають *біметалевими*. Їх використовують у термометрах і регуляторах температури.



**Рис. 9**



### Запитання для самоперевірки

1. Що відбувається з тілами при нагріванні?
2. Чи змінюються розміри молекул при нагріванні?
3. Яка причинна розширення тіл при нагріванні?
4. Які речовини розширюються при нагріванні найбільше?
5. Наведіть приклади дослідів, що підтверджують розширення твердих тіл, рідин та газів при нагріванні.
6. Які особливості теплового розширення води?



### Завдання 3

1. Чому стовпчик термометра «піднімається» при підвищенні температури середовища?