

# ТЕПЛОВІ ЯВИЩА



- Тепловий рух • Температура тіла • Вимірювання температури
- Розширення твердих тіл, рідин і газів • Внутрішня енергія та способи її зміни • Теплообмін • Види теплообміну • Кількість теплоти • Питома теплоємність речовини • Тепловий баланс • Фізичні властивості твердих тіл, рідин і газів • Агрегатні стани речовини • Плавлення і кристалізація твердих тіл • Питома теплота плавлення речовини • Випаровування і конденсація рідин • Питома теплота пароутворення речовини • Згоряння палива • Теплові двигуни • Екологічні проблеми використання теплових двигунів • Закон збереження енергії в механічних і теплових процесах
- Коефіцієнт корисної дії (ККД) теплового двигуна

## § 1. ТЕПЛОВИЙ РУХ. ТЕМПЕРАТУРА ТІЛА. ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

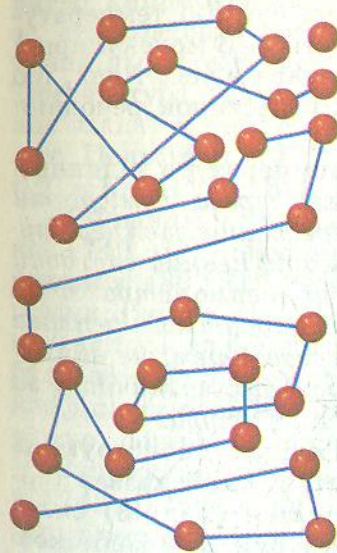
З уроків фізики в 7 класі ви знаєте, що тіла складаються з молекул. Молекули перебувають у безперервному хаотичному (безладному) русі й взаємодіють між собою. Кожна окрема молекула здійснює механічний рух, подібний до того, що ми вивчали. Рухаючись із вели-

кою швидкістю, вона зіштовхується з іншими молекулами й при цьому змінює напрямок руху. З малюнка 1 видно, що траєкторією окремої молекули в газах є складна ламана лінія. Спостерігати такий рух, навіть озброєним оком, неможливо через надзвичайно малі розміри частинок, що рухаються. Тільки проводячи спеціальні складні досліди, можна спостерігати механічний рух молекул.

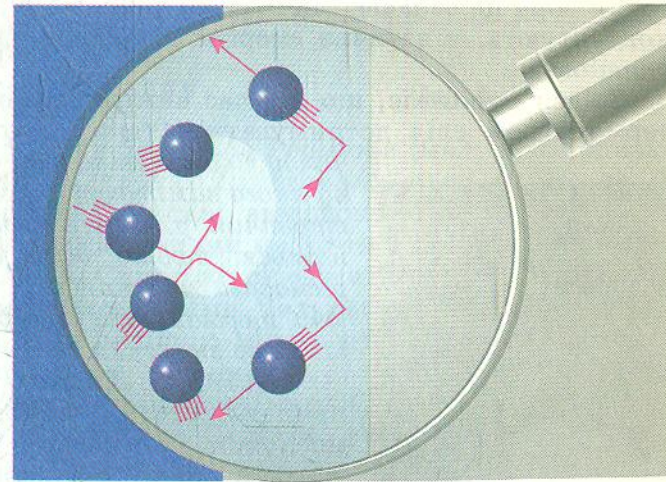
Дослідження ще більше ускладнюється через надзвичайно велику кількість рухливих частинок у тілах. Практично неможливо простежити за всіма «учасниками» руху: мільярди мільярдів маленьких частинок рухаються з великими швидкостями в різних напрямках, зіштовхуються одна з одною та зі стінками посудини, змінюють власні швидкості руху (мал. 2). Отже, можливості вивчення руху молекул засобами механіки дуже обмежені.

*Яким же способом можна дослідити механічні характеристики рухомих молекул у тілах: оцінити швидкості молекул, шляхи, які вони проходять між зіткненнями тощо?*

Слід враховувати, що в результаті безладного механічного руху молекул відбувається переміщення їх у просторі і при цьому змінюється тепловий стан тіла. Що швидше рухаються молекули, то вища температура тіла, і навпаки: якщо підвищується температура тіла, то збільшується й швидкість руху молекул. Тому хаотичний рух величезних кількостей молекул вивчають методами фізики теплових явищ, а сам такий рух називають **тепловим**.



Мал. 1



Мал. 2

**Тепловий рух** – це безладний (хаотичний) рух молекул і атомів, який визначає температуру тіла.

Знання про будову речовини та тепловий рух дають змогу пояснити різні теплові явища.

яких мають різну масу, наприклад, в одній – кисень, а в другій – азот. Досліди свідчать, що за однакової температури молекули обох речовин мають однакові середні кінетичні енергії.

Таким чином, доходимо висновку, що *температура тіла* – це фізична характеристика теплового стану речовини (з якої складається тіло), ступінь нагрітості тіла. Визначається вона середньою кінетичною енергією хаотичного руху частинок речовини.

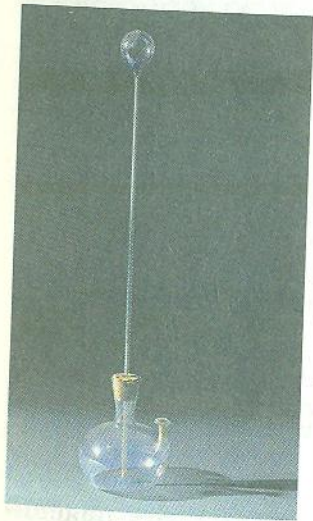
Кілька століть тому наука ще не визнавала теорію молекулярної і атомної будови речовини, тому уявлення про температуру тіла виникло не у зв'язку з рухом молекул і атомів у ньому, а від порівняння відчуттів тепла або холоду, хоча вони неточні й часто суб'єктивні. Для об'єктивних вимірювань температури під час контакту з досліджуваним середовищем було створено спеціальні прилади – **термометри**. Дія термометрів ґрунтується на різних фізичних явищах, які залежать від температури: тепловому розширенні рідин, газів, твердих тіл, зміні з температурою електричних властивостей речовини тощо. Найчастіше використовують рідинні термометри, за допомогою яких можна вимірювати температуру в широких межах.

Досліди свідчать: під час контакту двох тіл, з яких одне гаряче, а друге холодне, їхні температури із часом вирівнюються, тобто гаряче тіло охолоджується, а холодне – нагрівається. Установлення теплової рівноваги між кількома тілами означає, що їхні температури стають однаковими і надалі вже не різнитимуться. З молекулярної точки зору це означає, що в стані теплової рівноваги в усіх тілах, що контактують, кінетична енергія безладного руху частинок речовини однакова.

Звідси випливає, що під час вимірювання температури рідинним термометром слід дотримуватися таких **правил**: треба помістити колбу термометра в те середовище, температуру якого вимірюють; зачекати певний час, доки стовпчик рідини в трубі термометра зупиниться, тобто доки встановиться теплова рівновага між колбою і середовищем; не виймати термометра із середовища, визначити за шкалою значення його температури.

У 1597 р. Галілео Галілей сконструював прилад-прототип термометра, який назвав термоскопом. Термоскоп Галілея (мал. 3) складався з тонкої скляної трубки з невеличкою колбою на верхньому кінці. Відкритий нижній кінець трубки опускали в посудину з водою, яка заповнювала й частину трубки. Коли повітря в колбі нагрівалося чи охолоджувалося, то стовпчик води у трубці опускався чи піднімався.

Оскільки висота стовпчика залежала як від температури, так і від атмосферного тиску,



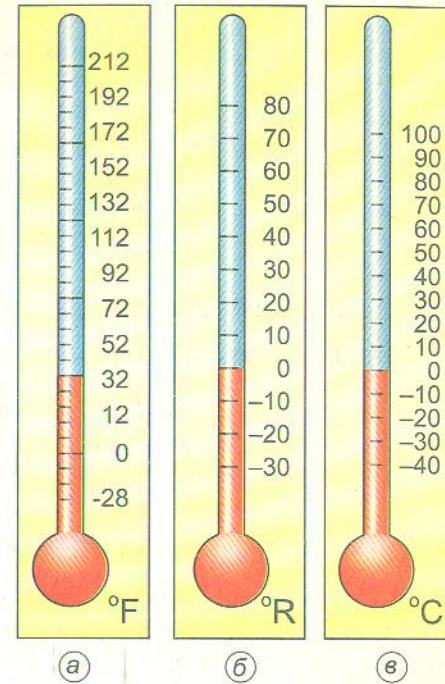
Мал. 3

вимірювати температуру термоскопом було неможливо, проте він давав змогу порівнювати температуру різних тіл в один і той самий час та в одному й тому самому місці. Уже тоді лікар і анатом Санкто-ріус із Падуанського університету, не знаючи про термоскоп Галілея, сконструював власний подібний термометр і застосовував його для вимірювання температури тіла людини.

Перший, майже аналогічний до сучасного, термометр (мал. 4, а) описав у 1724 р. Габріель Фаренгейт – складув із Голландії. Він запропонував шкалу, яка й нині використовується в Англії і, особливо, в США. У цій шкалі на 100 градусів розділений інтервал від температури найхолоднішої зими у місті, де жив Фаренгейт, до температури людського тіла. Нуль градусів Цельсія – це 32 градуси Фаренгейта, а градус Фаренгейта дорівнює 5/9 градуса Цельсія. На сьогодні прийняте таке визначення шкали Фаренгейта: температурна шкала, 1 градус якої (1 °F) дорівнює 1/180 різниці температур кипіння води і танення льоду за атмосферного тиску, а точка танення льоду має температуру +32 °F. Температура за шкалою Фаренгейта пов'язана з температурою за шкалою Цельсія ( $t$  °C) співвідношенням  $t$  °C = 5/9 ( $t$  °F – 32), 1 °F = 5/9 °C.

У Франції у практику ввійшла шкала Реомюра (мал. 4, б) (близько 1740 р.), побудована на точках замерзання води (0 °R) та її кипіння (80 °R). Реомюр на підставі вимірювань вивів, що вода розширюється між цими двома точками на 80 тисячних свого об'єму (правильне значення 0,084). Спиртові термометри Реомюра згодом було замінено ртутними термометрами Делюка (1740 р.), оскільки коефіцієнт розширення ртуті меншою мірою змінювався з температурою, порівняно зі спиртом.

Звичну для нас температурну шкалу (мал. 4, в) запропонував ще в 1742 р. шведський фізик Андерс Цельсій, який у своїх ртутних термометрах запровадив 100-градусну шкалу, яка широко використовується в побуті. У ній за 0 °C приймають точку замерзання води, а за 100 °C – точку кипіння води за нормального атмосферного тиску. Оскільки температура замерзання і кипіння води недостатньо добре визначена, шкалу Цельсія визначають через шкалу Кельвіна: 1 градус Цельсія дорівнює 1 кельвіну (1 °C = 1 K), абсолютний нуль 0 K приймається за –273,15 °C ( $T = (t + 273,15) K$ ). Нуль Цельсія – особлива точка для метеорології, оскільки замерзання атмосферної води істотно змінює навколишнє середовище.



Мал. 4