

Тепловий рух

Ви дізнаєтесь

- Як рухаються і взаємодіють між собою молекули
- Чому рух молекул називають тепловим

Пригадайте

- Положення молекулярно-кінетичного вчення про будову речовини

Теплові явища. У природі відбуваються явища, які ми пов'язуємо з теплом і холодом: нагрівання й охолодження, плавлення й тверднення, випаровування й конденсація. Такі явища називають *тепловими*. Теплові явища можуть супроводжуватися зміною агрегатного стану речовини.

Питання: що таке теплота, як її можна виміряти, як вона передається від одного тіла до іншого — цікавили багатьох дослідників ще з давніх часів. Те, що теплові явища пов'язані із внутрішнім рухом і взаємодією частинок тіла, учені довели завдяки тривалим спостереженням, дослідженням і дискусіям.

Перші спроби пояснити теплові явища належать філософам давнини, які розглядали вогонь і пов'язану з ним теплоту як одну зі стихій, що разом із землею, водою й повітрям входить до складу всіх тіл.

У той самий час деякі дослідники робили спроби пов'язати теплоту з рухом. Що могло бути підставою для таких спроб? Відповідь може видатись очевидною, адже всім відомо, що внаслідок удару або тертя тіла нагріваються. Проте процес узгодження наукових пояснень теплових явищ на основі внутрішнього руху та взаємодії частинок речовини був складним і тривалим. Адже людина неспроможна безпосередньо бачити частинки речовини й спостерігати особливості їхнього руху.

Як саме фізикам вдалося пояснити тепловий стан тіла — головна проблема, яку ми будемо досліджувати в цьому розділі.

Почнемо з дослідів, що переконливо доводять: речовина складається із мікрочастинок (молекул, атомів), які постійно й хаотично¹ рухаються та взаємодіють між собою.

Наші дослідження будуть пов'язані з мікрочастинками, яких ми не можемо побачити неозброєним оком. Тому для опису цих частинок, зображення їх на малюнках ми будемо користуватися фізичним моделюванням. Пригадуєте, досліджуючи механічний рух, ми використовували фізичну модель — *матеріальну точку*, тобто в певних умовах нехтували розмірами тіла.

¹ **Хаотично** (від старогрец. *χάος*) — безладно, неорганізовано, неконтрольовано.

Досліджуючи теплові явища, також будемо вдаватися до моделювання, зокрема, до схематичного та графічного зображення *структурних часток речовини у вигляді кульок*. Хоча насправді внутрішня будова речовини є іншою. Як відомо, структурними частками різних речовин можуть бути атоми, йони, молекули та інші частинки. Для пояснення деяких процесів, коли не важливо, яка саме частинка є структурною, вживається узагальнений термін «молекула».

Одним із найсучасніших досягнень людства є нанотехнології, які дозволили вченим «зазирнути» в таємниці мікросвіту. Сучасні нанотехнології дають змогу не лише отримати зображення молекул й атомів (мал. 1), а й створити нові їхні комбінації для отримання матеріалів із наперед заданими властивостями.

Явища, що підтверджують рух молекул.

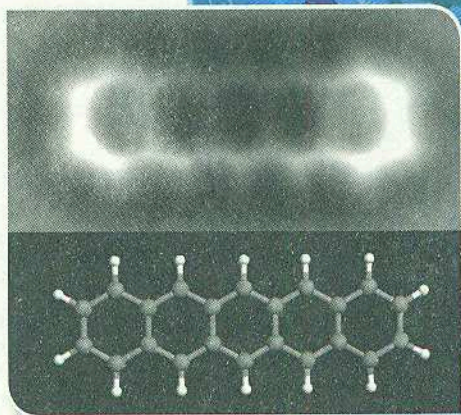
Поспостерігайте, що відбуватиметься, якщо налити в посудину томатного соку, а потім акуратно, щоб не відбувалося змішування, долити води й залишити розчин на 2–3 дні. Ви помітите, що з часом почне змінюватися колір рідини: спершу на межі двох рідин, а згодом — і в усьому об'ємі (мал. 2).

Як це можна пояснити? Очевидно, що молекули однієї речовини (наприклад, томатного соку) внаслідок руху можуть проникати між молекули іншої (наприклад, води) без жодного зовнішнього втручання. У цей же час молекули води також проникають між молекули томатного соку.

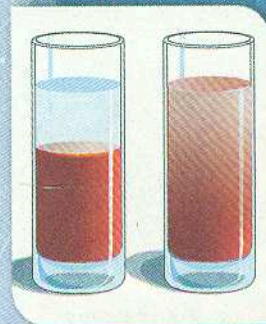
Це явище має назву *дифузія*.

Дифузія — явище взаємного проникнення частинок однієї речовини у проміжки між частинками іншої при їх безпосередньому контакті. Явище дифузії зумовлене безладним рухом частинок речовини.

Дифузія спостерігається в газах, рідинах і твердих тілах. Відмінність у характері руху й взаємодії молекул у твердому, рідкому та газоподібному станах зумовлює різну швидкість дифузії. Наприклад, щоб аромат парфумів поширився кімнатою, потрібно декілька секунд, а щоб цукор повністю розчинився у воді — кілька хвилин.



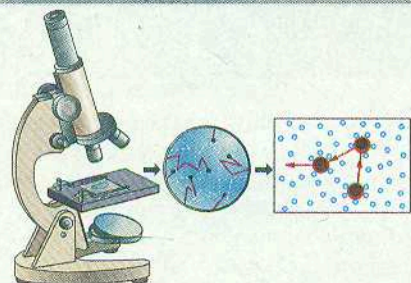
Мал. 1. Фотографія органічної молекули пентацена ($C_{22}H_{14}$), що складається із 22 атомів Карбону й 14 атомів Гідрогену. Розмір молекули 1,4 нм. Знизу — модель цієї молекули: сірі кульки — атоми Карбону, білі — Гідрогену



Мал. 2. Дослід зі спостереження дифузії в рідинах



Мал. 3. Дослід зі спостереження дифузії у твердих тілах



Мал. 4. Спостереження й моделювання броунівського руху



Роберт Броун
(1773–1858)

Англійський (шотландський) учений (ботанік), який у 1827 р. першим спостерігав хаотичний рух мікрочастинок речовини — явище броунівського руху



Першим таке явище в 1827 р. спостерігав англійський ботанік Роберт Броун. За допомогою мікроскопа він розглядав спори плауна¹ у воді. Учений помітив, що спори рухаються. Сам Броун спочатку вважав, що це відбувається тому, що спори живі. Однак частинки продовжували хаотично рухатися навіть після кип'ятіння суміші. Причому при збільшенні температури суміші

¹ **Плаун**, або п'ядич, зелениця, — рід багаторічних, трав'янистих, вічнозелених спорових рослин. **Спори** (від грец. «сім'я, сіяння») — мікроскопічні одноклітинні, рідше багатоклітинні зачатки рослин, що служать для розмноження й поширення, а також збереження виду в несприятливих умовах.

Спостерігати явище дифузії у твердих тілах складніше, але можливо. В одному з дослідів добре відшліфовані свинцеву та золоту пластинки поклали одна на одну і притиснули тягарем. За кімнатної температури впродовж 5 років золото і свинець взаємно проникли одне в одне на відстань близько 1 мм (мал. 3).

Швидкість дифузії залежить не лише від агрегатного стану речовин, що взаємодіють. Якщо б дослід із дифузією рідин ви проводили в теплому місці та прохолодному, чи однаковим був би результат? Життєвий досвід і спостережливість підкажуть вам, що в теплому місці дифузія відбувається швидше.

Переконайтесь у тому, що молекули речовини постійно й хаотично рухаються, можна й за допомогою такого дослід. Розчинимо у воді невелику кількість фарби (сажі або молока). Візьмемо краплину цього слабкого розчину, нанесемо її на скельце та помісти-

мо на предметний столик мікроскопа. Спостерігаємо дивну картину: часточка фарби ніби оживає, вона рухається безладно в різних напрямках. Що змушує її рухатись?

Причина руху полягає в тому, що молекули води зіштовхуються з мікрочастиною фарби (або жиру молока чи крупинкою сажі), штовхають її з різних боків, і ці удари не компенсуються, оскільки кількість ударів-зіткнень у кожний момент часу з кожного боку різна. У результаті мікрочастинка рухається. Траєкторія її руху — ламана лінія (мал. 4).

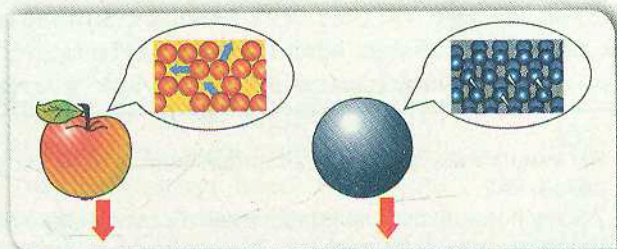
рух спор ставав інтенсивнішим. Згодом Броун спостерігав такий самий хаотичний рух дрібних частинок інших речовин (органічних і неорганічних). Однак він не зміг пояснити цього явища. Проте ім'я дослідника увійшло в історію фізики: рух завислих у рідині мікрочастинок названо на його честь — броунівським рухом.

Броунівський рух вивчали багато вчених. Пояснення цьому явищу дали в 1905–1906 рр. видатний німецький фізик А. Ейнштейн та польський учений М. Смолуховський.

Особливості теплового руху. Усі теплові явища зумовлені рухом і взаємодією частинок речовини (молекул). Таким чином, явище дифузії та броунівський рух є наочним підтвердженням хаотичного й безперервного руху мікрочастинок речовини. Причому швидкість руху молекул збільшується зі збільшенням температури речовини. Тому хаотичний рух молекул і називають тепловим.

Тепловим рухом називають безперервний, невпорядкований (хаотичний) рух молекул.

Рух яблука або залізної кульки — це приклад механічного руху, а рух молекул яблука або молекул заліза — це тепловий рух (мал. 5).



Мал. 5. Механічні й теплові рухи

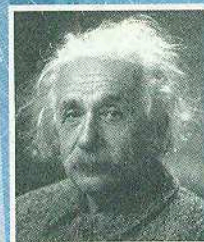
Чому виникла необхідність називати рух молекул тепловим? Адже кожна молекула здійснює механічний рух, має певну швидкість руху, кінетичну енергію. Головна відмінність теплового руху від механічного пояснюється тим, що речовина містить величезну кількість молекул (наприклад, за нормальних умов¹ в 1 м³

¹ **Нормальні умови** (скорочено н. у.) — значення тиску ($p = 101$ кПа) й температури ($t = 0$ °С), за яких проводять фізичні й хімічні експерименти, з метою спрощення порівнянь їх результатів.



**Мар'ян
Смолуховський**
(1872–1917)

Видатний польський учений. Професор і ректор Львівського університету. Один з основоположників молекулярної фізики



Альберт Ейнштейн
(1879–1955)

Видатний німецький та американський фізик-теоретик. Автор унікальних праць з теорії відносності, фотоелектричного ефекту, молекулярно-кінетичної теорії. Лауреат Нобелівської премії з фізики