

## § 46. ВИПАРОВУВАННЯ ТА КОНДЕНСАЦІЯ

**?! Чому, виходячи з річки спекотного літнього дня, ми відчуваємо прохолоду? Куди зникають калюжі після дощу? Для чого в спеку собака висуває язика? Чому, якщо хочемо остудити руки, ми на них дмемо, а якщо хочемо зігріти, то дихаємо? Щодня можна поставити собі безліч таких запитань. У цьому параграфі ви знайдете відповіді на деякі з них.**

### **1** Знайомимосся з процесом випаровування

Будь-яка речовина може переходити з одного агрегатного стану в інший. За певних умов тверде тіло може перетворитися на рідину, рідина може знову стати твердою чи перетворитися на газ.

Процес переходу речовини з рідкого стану в газоподібний називають **пароутворенням**.

Рідина може перетворюватися на газ двома способами: *випаровуванням* і *кипінням*. Знайомство з пароутворенням рідини почнемо з процесу випаровування.

Якщо розлити воду, то через якийсь час калюжа зникне; речі, що промокли під дощем, обов'язково з часом стануть сухими; навіть масний слід, який лишився на асфальті від несправної машини, згодом стає майже непомітним. Усі ці явища можна пояснити випаровуванням рідини.

## **2** Пояснюємо процес випаровування та робимо висновки

Розглянемо процес випаровування з погляду атомно-молекулярної теорії. Уявіть собі молекули рідини. Вони завжди рухаються, постійно змінюючи швидкість свого руху.

Серед молекул рідини, які хаотично рухаються біля її поверхні, завжди знайдуться такі, що «намагаються» вилетіти з рідини. Ті з них, що в певну мить рухаються повільно, не зможуть подолати притягання сусідніх молекул і залишаться в рідині. Якщо ж поблизу поверхні опиниться «швидка» молекула, то її кінетичної енергії буде достатньо, щоб виконати роботу проти сил міжмолекулярного притягання, і молекула вилетить за межі рідини (рис. 46.1).

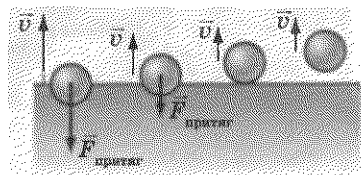
Після ознайомлення з механізмом випаровування можна зробити декілька висновків.

По-перше, той факт, що в рідині завжди є молекули, які рухаються досить швидко, дозволяє зробити висновок, що *випаровування рідин відбувається за будь-якої температури*.

По-друге, оскільки в процесі випаровування рідину залишають найшвидші молекули, то середня кінетична енергія решти молекул зменшується. Тому, *якщо рідина не отримує енергії ззовні, вона холодне*. До того ж під час випаровування виконується робота проти сил міжмолекулярного притягання та проти сил зовнішнього тиску, тому *процес випаровування супроводжується поглинанням енергії*. Саме тому, виходячи з річки після купання або перебуваючи в мокрому одязі, ми відчуваємо прохолоду.

## **3** З'ясовуємо, від чого залежить швидкість випаровування

Для того щоб швидко висушити одяг, ми зазвичай кладемо його на батарею опалення або прасуємо. Чому ми це робимо? Тому що *чим вища температура рідини, тим швидше вона випаровується*. Зі збільшенням температури рідини збільшується кількість «швидких» молекул, а отже, дедалі більша їх кількість має змогу подолати сили міжмолекулярного притягання й вилетіти за межі рідини.



**Рис. 46.1.** Молекула, яка вилітає з рідини, має подолати сили міжмолекулярного притягання, що тягнуть її назад у рідину

\* Процес пароутворення здійснюється і з поверхні твердих тіл (ви певне відчували запах нафталіну, помічали, що під час сильних морозів кудись зникають замерзлі калюжі тощо). Цей процес називають *сублімацією* (або *перегоном*).



**Рис. 46.2.** Зі збільшенням площі поверхні (чай перелито з чашки в блюдце) швидкість випаровування збільшується. А оскільки в ході випаровування чай утрачає енергію, він швидше холодне (Б. М. Кустодієв «Бариня за чаєм»)



**Рис. 46.3.** Демонстрація залежності швидкості випаровування від роду рідини. Через хвилину фігурка, яку намальовано спиртом, повністю зникла (а); фігурка, намальована водою, залишилася частково (б); випаровування олії зовсім не помітне (в)

Звернемо увагу ще на один момент. Намагаючись швидко висушити одяг, ми не покладемо його на батарею жмутом, а розправимо, бо зім'ятий одяг висихає набагато повільніше. Чому? Тому що *швидкість випаровування залежить від площі вільної поверхні рідини*. Адже чим більша площа поверхні рідини, тим більше «швидких» молекул на цій поверхні опиняться і тим швидше рідина випаровується (рис. 46.2).

Намалюємо мокрою серветкою на склі або класній дошці три фігурки. Одну зобразимо серветкою, змоченою у спирті, другу — серветкою, змоченою у воді, третю — в олії (рис. 46.3). «Спиртова» фігурка миттю випарується, «водяна» протримається трохи довше, натомість «олійна» радуватиме нас кілька днів. Річ у тім, що сили притягання між молекулами різних рідин є різними, тому *швидкість випаровування залежить від роду рідини*. Очевидно, що швидше випаровуються ті рідини, молекули яких слабше взаємодіють одна з одною.

Життєвий досвід показує, що *швидкість випаровування залежить також від руху повітря*. Насправді, щоб швидко висушити волосся, ми вмикаємо фен на потужніший режим; щоб остудити обпечену руку, дмемо на неї. Білизна, вивішена на вітрі, сохне швидше, ніж у затишку. Таку залежність теж легко пояснити з погляду молекулярного руху. Біля поверхні рідини завжди існує «хмара» молекул, які повилітали з неї (рис. 46.4). Ці молекули хаотично рухаються, зіштовхуються одна з одною та з молекулами інших газів, що складають повітря. Унаслідок цього молекула рідини може так близько підлетіти до її поверхні, що її «захоплять» сили міжмолекулярної взаємодії та знову повернуть у рідину. А якщо є вітер, то він відносить молекули, що вилетіли, і не дає їм змоги повернутися.

Якби молекули, залишаючи рідину, зовсім не поверталися до неї, то швидкість випаровування була би просто колосальною. Наприклад, за кімнатної температури повна склянка води випарувалася би за 6 хвилин, адже за цих умов з  $1 \text{ см}^2$  води щосекунди вилітає  $10^{21}$  молекул.

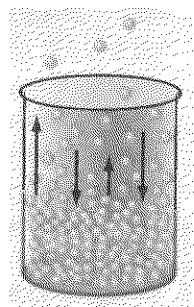
#### 4 Знайомимосся з процесом конденсації

Ми вже знаємо, що молекули весь час вилітають із рідини і певна їх кількість знову повертається. Таким чином, поряд із процесом випаровування, у ході якого рідина перетворюється на пару, існує зворотний процес, коли речовина з газоподібного стану переходить у рідкий.

Процес переходу речовини з газоподібного стану в рідкий називають **конденсацією**.

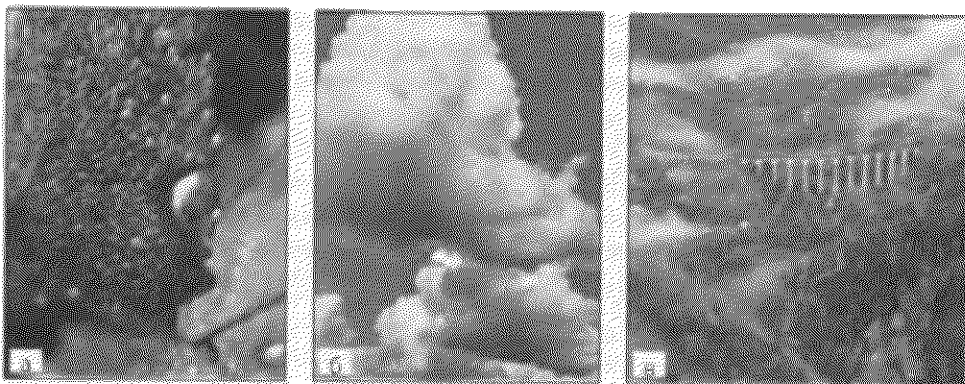
Процеси конденсації (від латин. *condensatio* — згущення, ущільнення) води в природі ми спостерігаємо щодня. Так, літнього ранку на листі рослин ми бачимо прозорі краплинки *роси* (рис. 46.5, а). Це водяна пара, яка вдень накопичується в повітрі внаслідок випаровування, а вночі, охолоджуючись, конденсується.

Коли вологе повітря піднімається у вищі шари атмосфери, то, охолоджуючись, воно утворює *хмари* (рис. 46.5, б). Хмари складаються з дрібних краплинок води, що утворилися внаслідок конденсації водяної пари. А коли вологе повітря охолоджується поблизу поверхні Землі, утворюється *туман* (рис. 46.5, в). Оскільки процес конденсації супроводжується виділенням енергії, то утворення туману затримує зниження температури повітря.



**Рис. 46.4.** Багато молекул, які залишили рідину, можуть знову повернутися в неї через тепловий рух

**Рис. 46.5.** Прояви конденсації в природі: випадання роси (а); утворення хмар (б); поява туману (в);



**!** Підбиваємо підсумки

Процес переходу речовини з рідкого стану в газоподібний називають пароутворенням. Процес пароутворення з поверхні рідини називається випаровуванням.

Випаровування відбувається за будь-якої температури, і воно є тим інтенсивнішим, чим вищою є температура рідини. Швидкість випаровування збільшується також зі збільшенням площі вільної поверхні рідини і внаслідок видалення пари, яка утворюється над рідиною. Крім того, інтенсивність випаровування залежить від роду рідини.

Поряд із процесом випаровування існує і процес конденсації. Конденсацією називають процес переходу речовини з газоподібного стану в рідкий.

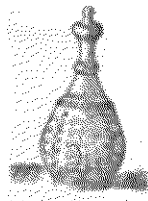
Процес випаровування відбувається з поглинанням енергії. Процес конденсації, навпаки, супроводжується виділенням енергії.

**? Контрольні запитання**

1. Що таке пароутворення?
2. Які способи пароутворення ви знаєте?
3. Що таке випаровування?
4. Від яких чинників і чому залежить швидкість випаровування? Наведіть приклади.
5. Що таке конденсація? Наведіть приклади конденсації в природі.

**✎ Вправа № 46**

1. Чому вода у відкритій посудині завжди трохи холодніша, ніж навколишнє повітря?
2. Для чого собака в спеку висуває язика?
3. Залишаючись тривалий час у мокрому одязі чи взутті, можна застудитися. Чому?
4. Чому, щоб волосся швидше висохло, його слід розчісувати й струшувати?
5. Коли калюжі після дощу висихають швидше: у теплу чи прохолодну погоду? Чому?
6. Чому після змочування руки спиртом відчуття холоду сильніше, ніж після змочування водою?
7. Навесні, коли інтенсивно тане сніг, над полями іноді утворюється туман. У міру його розсіювання стає помітним, що кількість снігу значно зменшилася. У народі кажуть: «Весняний туман сніг з'їдає». Поясніть це твердження з точки зору фізики.
8. У країнах Азії для питної води використовують спеціальні посудини зі слабо випаленої глини — алькарацца (див. рисунок). Вода, налита в такі посудини, може просочуватися крізь глину. Чому вода в них залишається прохолодною навіть у спекотний літній день?
9. Перебуваючи надворі в морозяний день, ви можете спостерігати «пару», що йде з рота людей. Що ви бачите насправді?



**🔍 Експериментальне завдання**

Візьміть добре зволожену та віджату бавовняну серветку, покладіть її на блюдце, а блюдце поставте в холодильну камеру. Переконайтеся, що через деякий час серветка затвердіє, а через кілька днів висохне. Напишіть звіт, у якому використайте інформацію про випаровування твердих тіл, знайдену в додатковій літературі та Інтернеті.