

§ 44. ПЛАВЛЕННЯ ТА КРИСТАЛІЗАЦІЯ ТВЕРДИХ ТІЛ

?! Чи замислювалися ви над тим, чому грудочка снігу, нагріта в руці, тане? А чи знаєте ви, чому утворюються крижані бурульки і коли вони утворюються — у відлигу чи, навпаки, в мороз? Як охолодити трохи снігу без морозильної камери? Чому шматочок свинцю можна розплавити в сталевій ложці, а шматочок сталі у свинцевій — не можна? Невдовзі ви напевне зможете відповісти на ці запитання.

1 Знайомимосся з процесами плавлення та кристалізації, дізнаємось про температуру плавлення

Якщо в морозяний день набрати надворі трохи снігу й занести до теплої кімнати, то через деякий час він розтане, або, як кажуть фізики, *розплавиться*.

Плавлення — це процес переходу речовини з твердого стану в рідкий.

Простежимо зміну температури снігу в процесі його танення в теплій кімнаті (рис. 44.1). На початку досліду температура снігу є нижчою за 0°C , сніг не тане, а його температура швидко

збільшується. Щойно стовпчик термометра досягає позначки 0°C , температура перестав збільшуватись, а в склянці починає з'являтися вода (сніг починає плавитися). Обережно перемішаємо воду із залишками снігу й відзначимо, що температура суміші залишається незмінною. І тільки після того як сніг повністю розплавиться, температура знову починає зростати.

З цього дослідів можна зробити щонайменше два висновки: по-перше, під час плавлення температура снігу не змінюється; по-друге, сніг починає плавитися тільки після досягнення ним температури 0°C .

Досліди показують: *практично всі кристалічні речовини плавляться після досягнення певної температури, і в процесі їхнього плавлення температура не змінюється.*

Температура плавлення — це температура, за якої тверда кристалічна речовина переходить у рідкий стан.

Так само як тверда речовина в разі досягнення певної температури перетворюється на рідину, рідини за певних умов тверднуть (кристалізуються). Наприклад, якщо ми винесемо воду на мороз або поставимо посудину з водою у морозильну камеру, то вода з часом кристалізується, перетворюючись на лід (рис. 44.2).

Кристалізація — це процес переходу речовини з рідкого стану в кристалічний.

Вимірюючи температуру речовин у процесі їх охолодження й подальшої кристалізації, доходимо висновків, які аналогічні висновкам щодо плавлення речовин: по-перше, *в процесі кристалізації температура речовини не змінюється*; по-друге, *процес кристалізації починається тільки після охолодження рідини до певної температури.*

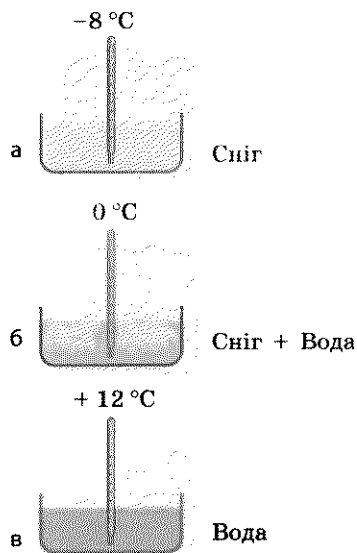


Рис. 44.1. Спостереження процесу танення снігу в кімнаті: а — за від'ємної температури вода перебуває у твердому стані; б — за температури 0°C сніг починає танути, і в процесі танення температура суміші незмінно дорівнює 0°C ; в — за додатної температури вода перебуває у рідкому стані



Рис. 44.2. Вода, яку вміщено в морозильну камеру, кристалізується, перетворюючись на лід

Вимірювання показують, що *температура кристалізації дорівнює температурі плавлення*.

Температури плавлення та кристалізації різних речовин досить сильно відрізняються (див. таблицю).

*Температура плавлення і кристалізації
деяких речовин за нормального атмосферного тиску*

Речовина	$t, ^\circ\text{C}$	Речовина	$t, ^\circ\text{C}$
Водень	-256	Алюміній	660
Спирт	-115	Срібло	962
Ртуть	-39	Золото	1065
Лід	0	Мідь	1087
Парафін	55	Чавун	1200
Нафталін	80	Сталь	1400
Олово	232	Залізо	1535
Свинець	327	Титан	1660
Цинк	420	Вольфрам	3387

У наведеній таблиці немає *аморфних речовин*, бо вони, як вам уже відомо із 7-го класу, не мають певної температури плавлення: нагріваючись, вони поступово м'якшають, а в ході охолодження поступово густішають. Надалі, вивчаючи процеси плавлення та кристалізації, ми розглядатимемо тільки кристалічні речовини.

2 Переконаємося, що процеси плавлення і кристалізації неможливі без передачі енергії

Якщо провести дослід із таненням снігу в холодильній камері, температура в якій є сталою й дорівнює 0°C , з'ясується таке.

Як і в досліді з таненням снігу в теплій кімнаті, температура снігу буде спочатку збільшуватися (правда, повільніше). Це означає, що збільшується внутрішня енергія снігу. Адже температура в камері вища від температури снігу, тому більш нагріте повітря в ній віддає певну кількість теплоти менш нагрітому снігу. Збільшення температури триватиме доти, доки температура снігу не досягне 0°C . І отут починається найцікавіше. Температура снігу сягнула температури плавлення, а сніг не тоне (рис. 44.3). Чому?

Згадайте: перший дослід проводився в теплій кімнаті (температура в якій була вищою від 0°C). Отже, протягом усього часу спостереження відбувався теплообмін між повітрям у кімнаті та снігом. При цьому весь час сніг *одержував* енергію, зокрема й тоді, коли його температура залишалася незмінною. І сніг при цьому танув. У другому досліді температура плавлення снігу й температура

повітря в холодильній камері є однаковими, тому теплообмін не відбувається. Сніг *не одержує енергії*, отже, *й не тане*.

Робимо висновок: *щоб речовина плавилася, потрібно, щоб вона отримувала енергію. А це означає, що за однакової температури внутрішня енергія речовини в рідкому стані більша від внутрішньої енергії речовини у твердому стані.*

Отже, якщо до холодильної камери з температурою повітря 0°C помістити теплу воду, то температура води буде зменшуватися до 0°C (тепла вода віддає енергію повітрю в камері). Однак після досягнення 0°C вода не кристалізуватиметься, оскільки тепер, щоб перейти в стан із меншою внутрішньою енергією, їй потрібно віддати довікілю деяку кількість теплоти, а у випадку теплової рівноваги теплообмін не відбувається.

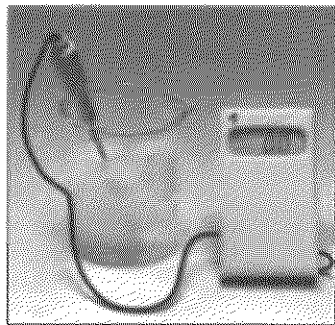


Рис. 44.3. У холодильній камері, де температура повітря становить 0°C , сніг досягає температури плавлення, але не тане

3 Будуємо графік і пояснюємо процеси плавлення та кристалізації речовини

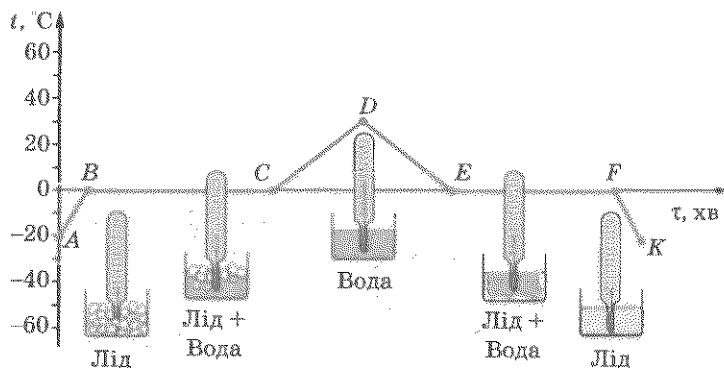
Для більш детального вивчення процесів плавлення та кристалізації речовини розглянемо графік залежності температури кристалічної речовини (льоду) від часу її нагрівання або охолодження (рис. 44.4).

Ділянка графіка від точки *A* до точки *D* відповідає передачі певної кількості теплоти від нагрівника речовині, а отже, відповідає збільшенню внутрішньої енергії речовини. Ділянка від точки *D* до точки *K* відповідає передачі теплоти від речовини холодильнику, а отже, відповідає зменшенню внутрішньої енергії речовини.

З графіка видно, що в момент початку спостереження (точка *A*) температура льоду становила -20°C . Під час подальшої роботи нагрівника температура льоду збільшується (ділянка *AB*). З погляду атомно-молекулярної теорії в цей час збільшується кінетична енергія коливального руху молекул води у вузлах кристалічної ґратки льоду.

Після досягнення температури 0°C лід починає плавитися, температура речовини не змінюється (ділянка *BC*), незважаючи на те що нагрівник продовжує працювати й передавати льоду певну кількість теплоти. Уся енергія, що надходить від нагрівника, іде на руйнування кристалічної ґратки льоду. У цей проміжок часу внутрішня енергія льоду зростає тільки за рахунок збільшення потенціальної енергії молекул.

Рис. 44.4. Графік плавлення та кристалізації льоду (без дотримання масштабу)



Після того як весь лід розплавився й перетворився на воду (точка C), температура знову почала збільшуватися (ділянка CD), тобто почала зростати кінетична енергія руху молекул.

У той момент, коли температура сягнула 30°C (точка D), нагрівник вимкнули. Воду помістили в холодильник, і її температура почала падати (ділянка DE). Зниження температури свідчить про те, що кінетична енергія, а отже, швидкість руху молекул зменшуються.

Коли досягнуто температури кристалізації 0°C (точка E), швидкість молекул зменшується настільки, що вони вже не можуть перестрибувати з місця на місце. Вони поступово займають фіксоване положення (ділянка EF), і до моменту завершення кристалізації вже всі молекули коливаються тільки біля положення рівноваги. Вода переходить у стан із меншою внутрішньою енергією — повністю перетворюється на лід (точка F).

Під час подальшої роботи холодильника замерзла вода (лід) холодне, а кінетична енергія коливального руху молекул зменшується (ділянка FK).

Підбиваємо підсумки

Тепловий процес переходу речовини з твердого стану в рідкий називають плавленням. У процесі плавлення температура речовини не змінюється. Температура, за якої тверда кристалічна речовина переходить у рідкий стан, називається температурою плавлення.

За однакової температури внутрішня енергія речовини в рідкому стані більша від внутрішньої енергії речовини у твердому стані.

Щоб речовину перевести з твердого стану в рідкий, необхідно виконання двох обов'язкових умов: по-перше, потрібно нагріти речовину до температури плавлення; по-друге, під час плавлення речовина має одержувати енергію.

Процес переходу речовини з рідкого стану у твердий називають кристалізацією. Температура кристалізації дорівнює температурі плавлення.

Щоб речовину перевести з рідкого стану в кристалічний, так само мають бути виконані дві умови: по-перше, рідину потрібно охолодити до температури кристалізації; по-друге, під час кристалізації речовина повинна мати можливість віддавати енергію.

? Контрольні запитання

1. Який процес називають плавленням? 2. Як змінюється температура речовини в процесі плавлення? 3. Який процес називають кристалізацією? 4. Порівняйте температури плавлення і кристалізації речовини. 5. Чи танутиме лід у холодильнику, температура в якому становить 0°C ? А чи замерзатиме за такої температури вода? 6. Опишіть процеси, що відбуваються під час плавлення та кристалізації льоду.

✎ Вправа № 44

1. Чи можна розплавити сталь у свинцевій ложці? Обґрунтуйте свою відповідь.
2. У відрі з водою плавають шматки льоду. Що відбуватиметься: танутиме лід чи замерзатиме вода? Від чого це залежить?
3. На рис. 1 подано графіки плавлення деяких речовин. У якій з речовин вища температура плавлення? Яка з речовин на початку дослідів мала вищу температуру? Скориставшись таблицею на с. 220, визначте, про які речовини йдеться.
4. На рис. 2 наведено графік плавлення та кристалізації певної речовини. Якому стану речовини відповідають точки A, B, C і D графіка?

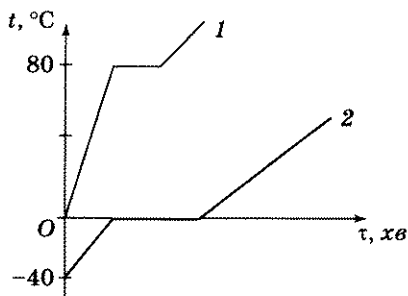


Рис. 1

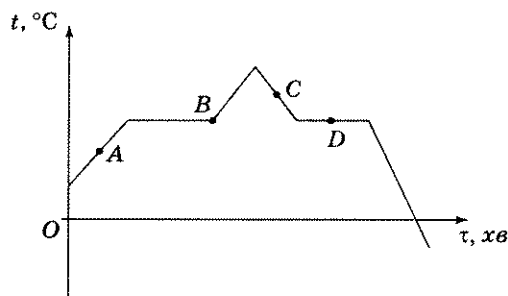


Рис. 2

9 Експериментальне завдання

Змішайте 100 г снігу, узятим за температури 0°C , з 30 г кухонної солі (1 столова ложка з гіркою). Сніг почне швидко танути й холонути. Якщо в такий розчин опустити шматочок картоплини, то він замерзне. Поясніть, чому. (Підказка: температура замерзання розчину солі набагато менша, ніж температура замерзання води.)