

§ 45. ПИТОМА ТЕПЛОТА ПЛАВЛЕННЯ



Ви вже знаєте, що під час переходу з твердого стану в рідкий речовина поглинає певну кількість теплоти і внутрішня енергія речовини збільшується, а перехід речовини з рідкого стану у твердий супроводжується виділенням теплоти та зменшенням внутрішньої енергії речовини. З'ясуємо, від чого залежить кількість теплоти, що необхідна для плавлення певної маси речовини, і яка кількість теплоти виділяється під час кристалізації.



Вводимо поняття питомої теплоти плавлення речовини

Вивчення процесів плавлення та кристалізації показало, що *кількість теплоти, яку необхідно витратити на плавлення певної маси речовини, дорівнює кількості теплоти, що виділяється під час її кристалізації.*

Досліди так само показують, що *зміна внутрішньої енергії речовини в ході цих процесів є прямо пропорційною масі речовини.*

Виникає запитання: чи однакову кількість теплоти необхідно витратити на плавлення різних речовин однакової маси?

Логічно припустити, що різну, адже сили взаємодії між частинками різних речовин є різними, тому на руйнування різних кристалічних ґраток напевне потрібна різна кількість енергії. І це справді так. Фізики порахували: наприклад, щоб розплавити 1 кг льоду, йому потрібно передати в 10 разів більше теплоти, ніж необхідно для плавлення 1 кг свинцю.

Питома теплота плавлення — фізична величина, що характеризує певну речовину й дорівнює кількості теплоти, яку необхідно передати твердій кристалічній речовині масою 1 кг, щоб за температури плавлення повністю перевести її в рідину.

Питому теплоту плавлення позначають символом λ («лямбда») і обчислюють за формулою

$$\lambda = \frac{Q}{m},$$

де Q — кількість теплоти, необхідна для плавлення речовини масою m .

З формули для визначення питомої теплоти плавлення дістанемо одиницю цієї величини в СІ — **джоуль на кілограм** $\left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right)$.

Питома теплота плавлення показує, на скільки за температури плавлення внутрішня енергія 1 кг речовини в рідкому стані більша, ніж внутрішня енергія 1 кг цієї речовини у твердому стані. У цьому полягає фізичний зміст питомої теплоти плавлення.

Питому теплоту плавлення визначають дослідним шляхом (рис. 45.1) і фіксують у таблицях.

*Питома теплота плавлення деяких речовин
(за нормального атмосферного тиску)*

Речовина	λ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	Речовина	λ , $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$
Алюміній	393	Срібло	87
Лід	332	Сталь	84
Залізо	270	Золото	67
Мідь	213	Водень	59
Вольфрам	185	Олово	59
Парафін	150	Свинець	25
Платина	113	Кисень	14
Спирт	105	Ртуть	12

2 Обчислюємо кількість теплоти, що необхідна для плавлення речовини або виділяється під час її кристалізації

З формули для визначення питомої теплоти плавлення $\lambda = \frac{Q}{m}$ дістанемо формулу для обчислення кількості теплоти, яку необхідно передати твердій речовині масою m , щоб перетворити її на рідину за температури плавлення:

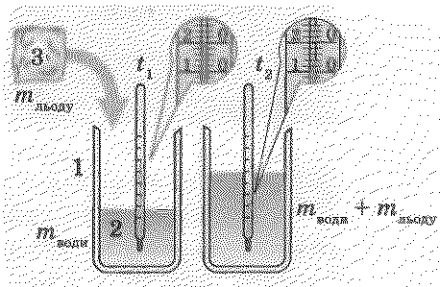
$$Q = \lambda m$$

Отже, щоб обчислити кількість теплоти, необхідну для плавлення кристалічної речовини, узятій за температури плавлення, потрібно питому теплоту плавлення цієї речовини помножити на її масу.

Зрозуміло, що кількість теплоти, яка виділяється під час кристалізації, розраховують за тією самою формулою: $Q = \lambda m$.

Рис. 45.1. Дослід щодо визначення питомої теплоти плавлення води. У калориметр (1), який містить відому масу води (2), занурюють лід (3) за температури 0°C . Вимірявши масу води після плавлення льоду і температуру води до і після плавлення льоду (t_1 і t_2), визначають питому теплоту плавлення льоду:

$$\lambda = \frac{c_{\text{води}} m_{\text{води}} (t_1 - t_2)}{m_{\text{льоду}}}$$



Задача. Яка кількість теплоти потрібна, щоб розплавити 5 кг свинцю, узятото за температури 27 °С?

Дано:

$$m = 5 \text{ кг}$$

$$t_1 = 27 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = 327 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

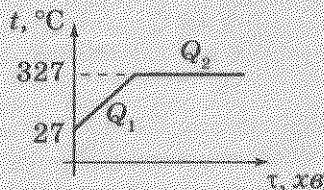
$$c = 140 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

$$\lambda = 25 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} = 25\,000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$Q = ?$$

Аналіз фізичної проблеми

Щоб розплавити свинець, його спочатку потрібно нагріти до температури плавлення. Знайдемо в таблиці (с. 220) температуру t_2 плавлення свинцю та побудуємо схематичний графік процесу:



Загальна кількість теплоти Q дорівнюватиме сумі кількості теплоти Q_1 , необхідної для нагрівання свинцю до температури плавлення, та кількості теплоти Q_2 , необхідної для плавлення. Питому теплоємність c і питому теплоту плавлення λ свинцю знайдемо в таблицях (відповідно див. с. 194, с. 225).

Пошук математичної моделі, розв'язання

$$Q = Q_1 + Q_2; \quad (1)$$

$$Q_1 = cm(t_2 - t_1) \text{ — нагрівання}; \quad (2)$$

$$Q_2 = \lambda m \text{ — плавлення}. \quad (3)$$

Підставивши формули (2) і (3) у формулу (1), остаточно отримаємо:

$$Q = cm(t_2 - t_1) + \lambda m.$$

Перевіримо одиницю шуканої величини:

$$[Q] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}} \cdot \text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C} + \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot \text{кг} = \text{Дж} + \text{Дж} = \text{Дж}.$$

Визначимо значення шуканої величини:

$$\begin{aligned} \{Q\} &= 140 \cdot 5 \cdot (327 - 27) + 25\,000 \cdot 5 = 335\,000; \\ Q &= 335\,000 \text{ Дж} = 335 \text{ кДж}. \end{aligned}$$

Відповідь: необхідна кількість теплоти становить 335 кДж.



Підбиваємо підсумки

Фізична величина, що характеризує певну речовину й дорівнює кількості теплоти, яку необхідно передати 1 кг цієї речовини, узятото у твердому стані, щоб за температури плавлення

повністю перевести її в рідину, називається питомою теплотою плавлення λ .

Питома теплота плавлення показує, на скільки внутрішня енергія 1 кг речовини в рідкому стані, узятій за температури плавлення, більша, ніж внутрішня енергія 1 кг цієї речовини у твердому стані.

Питома теплота плавлення обчислюється за формулою $\lambda = \frac{Q}{m}$ і в СІ вимірюється в джоулях на кілограм $\left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}\right)$.

Кількість теплоти, яку необхідно витратити на плавлення певної речовини, узятій за температури плавлення, дорівнює кількості теплоти, що виділяється під час кристалізації цієї речовини. Цю кількість теплоти обчислюють за формулою $Q = \lambda m$.



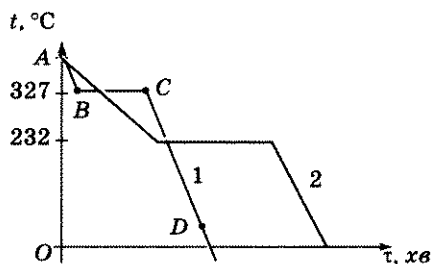
Контрольні запитання

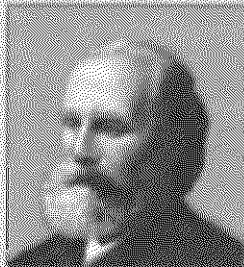
1. Від чого залежить кількість теплоти, що виділяється під час кристалізації речовини?
2. Що називають питомою теплотою плавлення речовини?
3. Яким є фізичний зміст питомої теплоти плавлення?
4. Як обчислити кількість теплоти, що необхідна для плавлення речовини або виділяється під час її кристалізації?



Вправа № 45

1. Питома теплота плавлення сталі становить 84 кДж/кг. Що це означає?
2. Яке з тіл має більшу внутрішню енергію: алюмінієвий брусок масою 1 кг, узятий за температури плавлення, чи 1 кг розплавленого алюмінію за тієї самої температури? На скільки більшу?
3. Яка кількість теплоти необхідна, щоб розплавити 500 г міді, узятій за температури плавлення?
4. Яка кількість теплоти виділиться під час кристалізації 100 кг сталі та подальшому її охолодженні до 0 °С? Початкова температура сталі дорівнює 1400 °С.
5. Яка кількість теплоти потрібна для перетворення 25 г льоду, узятото за температури -15 °С, на воду за температури 10 °С?
6. У гарячу воду поклали лід, маса якого дорівнює масі води. Після того як весь лід розтанув, температура води зменшилася до 0 °С. Якою була початкова температура води, якщо початкова температура льоду дорівнювала 0 °С?
7. На рисунку зображено графіки залежності температур від часу в процесі кристалізації двох речовин однакової маси. Яка речовина має вищу температуру плавлення? У якій з них більша питома теплота плавлення? Яка речовина має більшу питому теплоємність у твердому стані? Назвіть ці речовини.





ФІЗИКА ТА ТЕХНІКА В УКРАЇНІ

Михайло Петрович Авенаріус (1835–1895) закінчив Петербурзький університет, протягом 1865–1891 рр. працював у Київському університеті; член-кореспондент Петербурзької Академії наук. Учений був організатором і керівником київської школи фізиків-експериментаторів — першої фізичної школи в Україні.

Наукові праці М.П. Авенаріуса стосуються термоелектрики та молекулярної фізики. Вчений запропонував й обґрунтував одну з основних формул, яка описує явище термоелектрики (*закон Авенаріуса*). Про термоелектрику ви дізнаєтеся пізніше, у наступних курсах фізики.

У галузі молекулярної фізики вчений вивчав рідкий стан і пару речовин в умовах змінення температур і тисків. Протягом 1873–1877 рр. саме в київській лабораторії Авенаріус разом зі своїми учнями одержав кількісні характеристики цих процесів, які увійшли до фізичних довідників того часу та завдяки високій точності проведених вимірювань довгий час лишалися незмінними.