

§ 39. ПИТОМА ТЕПЛОЄМНІСТЬ РЕЧОВИНИ. КІЛЬКІСТЬ ТЕПЛОТИ, ЩО ПОГЛИНАЄТЬСЯ РЕЧОВИНОЮ В ХОДІ НАГРІВАННЯ АБО ВИДІЛЯЄТЬСЯ ПІД ЧАС ОХОЛОДЖЕННЯ

?! На запитання: «Що швидше нагріється: два чи три кілограми рідини?» — хтось швиденько відповість, що два: зрозуміло ж бо, що три кілограми нагріватимуться довше. І ця відповідь, можливо, буде правильною, а можливо — ні. Отже, не кваптеся з висновками, з'ясуємо все послідовно.

1 З'ясовуємо, від чого залежить кількість теплоти, що необхідна для нагрівання тіла

Якщо в однакові посудини помістити дві рідини масами 0,2 і 0,3 кг і за допомогою однакових нагрівників нагріти їх від 20 до 100 °С, рідина якої маси нагріється швидше?

Поміркуємо над цим запитанням. По-перше, є очевидним: якщо рідина одна й та сама, наприклад, це вода, то для нагрівання 0,3 кг води потрібно більше часу, а отже, і більша кількість теплоти, ніж для нагрівання 0,2 кг. Це означає, що *кількість теплоти,*

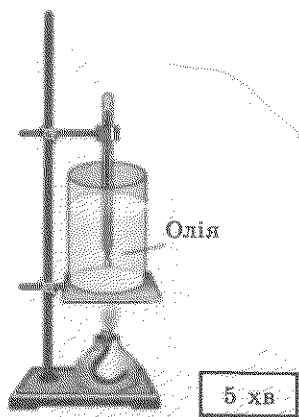
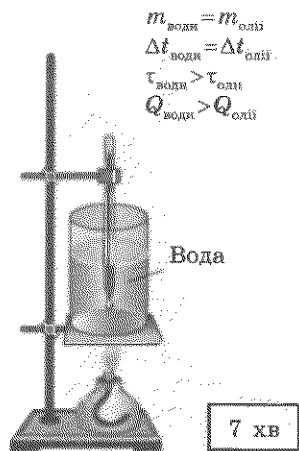


Рис. 39.1. Досліди з вивчення залежності кількості теплоти, яка необхідна для нагрівання речовини, від роду речовини. Узято різні речовини однакової маси. Для однакової зміни їхньої температури потрібен різний час, тобто різна кількість теплоти

$$(\tau_{\text{води}} > \tau_{\text{олії}} \Rightarrow Q_{\text{води}} > Q_{\text{олії}})$$

необхідна для нагрівання тіла, залежить від маси цього тіла.

По-друге, згадаємо до речі, що нагрівання певної кількості води від 20 до 100 °С потребуватиме більше часу, ніж нагрівання тієї самої кількості води від 20 до, наприклад, 50 °С. Отже, чим більше в ході нагрівання змінюється температура тіла, тим більшу кількість теплоти необхідно йому передати.

Проте ми не знаємо, про які рідини йдеться в запитанні, і тому не можемо однозначно відповісти, яка з них нагріється швидше. Адже необхідна для нагрівання кількість теплоти залежить від роду речовини. Доведемо це за допомогою досліду.

Візьмемо 0,3 кг води і 0,3 кг олії та нагріємо обидві рідини від 20 до 100 °С. Вимірявши час нагрівання, помітимо, що олія нагріється швидше, а отже, одержить меншу кількість теплоти, ніж вода (рис. 39.1). Тобто кількість теплоти, яку необхідно передати речовині для певної зміни її температури, залежить від роду речовини.

Змінюючи масу речовини, її рід, спосіб нагрівання, зважаючи на теплові втрати й намагаючись звести їх до мінімуму, вчені довели, що кількість теплоти, яка поглинається тілом під час нагрівання:

- пропорційна масі тіла ($Q \sim m$);
- пропорційна зміні температури тіла ($Q \sim \Delta t$);
- залежить від роду речовини, з якої тіло виготовлене (складається).

Це твердження можна записати формулою

$$Q = cm\Delta t,$$

де Q — кількість теплоти; m — маса речовини; Δt — зміна температури; c — коефіцієнт пропорційності, що визначається родом речовини. У фізиці цей коефіцієнт має назву *питома теплоємність речовини*.

За формулою $Q = cm\Delta t$ також визначають кількість теплоти, що виділяється під час охолодження тіла.

2 Даємо визначення питомої теплоємності речовини

Ми вже зазначали, що *питома теплоємність є характеристикою речовини*. З'ясуємо фізичний зміст питомої теплоємності речовини. Якщо маса речовини дорівнює 1 кг ($m=1\text{ кг}$), а зміна температури під час нагрівання склала 1°C ($\Delta t=1^\circ\text{C}$), то з формули $Q=cm\Delta t$ отримуємо, що чисельне значення кількості теплоти дорівнює чисельному значенню питомої теплоємності речовини: $\{Q\}=\{c\}$.

Питома теплоємність речовини — це фізична величина, яка характеризує речовину і чисельно дорівнює кількості теплоти, яку необхідно передати речовині масою 1 кг, щоб нагріти її на 1°C .

Питому теплоємність позначають символом c і визначають за формулою

$$c = \frac{Q}{m\Delta t}$$

З формули для визначення питомої теплоємності дістанемо її одиницю — **джоуль на кілограм-градус Цельсія** $\left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}\right)^*$.

Питома теплоємність показує, на скільки джоулів змінюється внутрішня енергія речовини масою 1 кг у разі зміни температури на 1°C .

3 Порівнюємо питомі теплоємності різних речовин

Питомі теплоємності різних речовин і матеріалів можуть суттєво відрізнятися. Так, питома теплоємність золота становить

$130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$, що означає: під час нагрівання 1 кг золота на 1°C воно

поглинає 130 Дж теплоти, а якщо 1 кг золота охолоне на 1°C , то при цьому виділиться 130 Дж теплоти. Питома ж теплоємність соняш-

никової олії становить $1700 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$, тобто під час нагрівання 1 кг

олії на 1°C вона поглинає 1700 Дж теплоти, а в процесі охолодження 1 кг олії на 1°C виділяє 1700 Дж теплоти.

Питома теплоємність речовини в різних агрегатних станах є різною. Наприклад, питома теплоємність води становить

$4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$, а льоду — $2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$; заліза у твердому стані —

$460 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$, а розплавленого заліза — $830 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$.

Значення питомих теплоємностей речовин визначають дослідним шляхом.

* У СІ питому теплоємність вимірюють у $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{K}}$; числові значення питомої теплоємності, поданої в $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$ і $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{K}}$, є однаковими.

У таблицях 1–3 наведено питомі теплоємності деяких речовин у різних агрегатних станах*.

Таблиця 1. Питома теплоємність речовин у твердому стані

Речовина	$c, \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$	Речовина	$c, \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$
Золото	130	Сталь	500
Свинець	140	Чавун	540
Олово	230	Графіт	750
Срібло	250	Скло	840
Мідь	400	Цегла	880
Цинк	400	Алюміній	920
Латунь	400	Лід	2100
Залізо	460	Дерево (дуб)	2400

Таблиця 2. Питома теплоємність речовин у рідкому стані

Речовина	$c, \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$	Речовина	$c, \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$
Ртуть	140	Гас	2100
Залізо	830	Ефір	2350
Алюміній	1080	Спирт	2500
Олія соняшникова	1700	Вода	4200

Таблиця 3. Питома теплоємність речовин у газоподібному стані (за умов сталого тиску)

Речовина	$c, \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$	Речовина	$c, \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$
Вуглекислий газ	830	Водяна пара	2200
Кисень	920	Гелій	5210
Повітря	1000	Водень	14 300

* Точніше, у разі зміни температури питома теплоємність речовини змінюється навіть без зміни агрегатного стану. Однак для не дуже точних обчислень цією зміною нехтують. За низьких температур такою зміною нехтувати не можна.

4 Учимся розв'язувати задачі

Задача. Під час остигання цегляної печі масою 2 т від 60°C до 10°C виділилося 8,8 МДж теплоти. Користуючися даними задачі, визначте питому теплоємність цегли.

Дано:

$$m = 2000 \text{ кг}$$

$$t_1 = 60^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 10^\circ\text{C}$$

$$Q = 8,8 \text{ МДж} = 8800000 \text{ Дж}$$

$c = ?$

Аналіз фізичної проблеми

Питому теплоємність цегли можна знайти з формули, що визначає питому теплоємність речовини.

Пошук математичної моделі, розв'язання та аналіз результатів

$$\text{Оскільки } c = \frac{Q}{m\Delta t}, \text{ а } \Delta t = t_1 - t_2,$$

$$\text{то дістанемо: } c = \frac{Q}{m(t_1 - t_2)}.$$

Перевіримо одиницю шуканої величини:

$$[c] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot (^\circ\text{C} - ^\circ\text{C})} = \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}.$$

Визначимо значення шуканої величини:

$$\{c\} = \frac{8800000}{2000(60 - 10)} = 880; \quad c = 880 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}.$$

Проаналізуємо результат: одержане значення питомої теплоємності збігається з даними таблиці (див. с. 194), отже, задачу розв'язано правильно.

Відповідь: питома теплоємність цегли дорівнює $880 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$.

! Підбиваємо підсумки

Дослідним шляхом можна встановити, що кількість теплоти, яка поглинається тілом під час нагрівання або виділяється під час його охолодження, пропорційна масі цього тіла, зміні його температури та залежить від роду речовини, з якої це тіло виготовлене (складається): $Q = cm\Delta t$.

Питомою теплоємністю речовини називають фізичну величину, що характеризує певну речовину й дорівнює кількості теплоти, яку необхідно передати речовині масою 1 кг, щоб нагріти її на 1°C .

Питому теплоємність речовини позначають символом c і вимірюють у $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$. Її можна обчислити за формулою $c = \frac{Q}{m\Delta t}$ або знайти у відповідних таблицях.



Контрольні запитання

1. Від чого залежить кількість теплоти, необхідна для нагрівання тіла?
2. За якою формулою обчислюють кількість теплоти, передану тілу в ході нагрівання або виділену ним під час охолодження?
3. Яким є фізичний зміст питомої теплоємності речовини?
4. Назвіть одиницю питомої теплоємності речовини.
5. Як відомо, $c = \frac{Q}{m\Delta t}$.

Чи можемо ми сказати, що питома теплоємність залежить від маси речовини? від зміни температури речовини? від кількості переданої теплоти?



Вправа № 39

1. Питома теплоємність срібла дорівнює $250 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$. Що це означає?
2. Чому в системах охолодження найчастіше використовують воду?
3. Чому біля моря перепади температур менші, ніж у глибині континенту?
4. Сталеву ложку масою 40 г нагріли в окропі. Яка кількість теплоти пішла на її нагрівання, якщо температура ложки збільшилася від 20 до 80 °C?
5. Для нагрівання на 160 °C деталі масою 250 г було передано 20 кДж теплоти. З якого матеріалу зроблено деталь?
6. Олію масою 0,3 кг і воду масою 0,2 кг нагрівають від 20 до 100 °C в однакових посудинах і за допомогою однакових нагрівників. Яка рідина нагріється швидше?
7. В алюмінієвій каструлі масою 500 г нагріли 1,5 кг води від 20 °C до кипіння. Яку кількість теплоти передано каструлі з водою?
8. Вивчаючи теплові властивості речовин, досліджували залежність зміни температури речовини від часу нагрівання. Для цього на однакових нагрівниках нагрівали мідне, алюмінієве та золоте тіла однакової маси. За результатами спостережень побудовано три графіки (див. рисунок). Визначте, якій речовині відповідає кожний графік.

