

## Количество теплоты

Темы кодификатора ЕГЭ: количество теплоты, удельная теплоёмкость вещества, уравнение теплового баланса.

Как мы знаем, одним из способов изменения внутренней энергии является теплопередача (теплообмен). Предположим, что тело участвует в теплообмене с другими телами, и при этом не совершается механическая работа — ни самим телом, ни другими телами над этим телом.

Если в процессе теплообмена внутренняя энергия тела изменилась на величину  $\Delta U$ , то говорят, что тело получило соответствующее количество теплоты:  $Q = \Delta U$ .

Если при этом величина  $\Delta U$  отрицательна, т. е. тело отдавало энергию, то говорят также, что тело *отдавало тепло*. Например, вместо формально верной, но несколько нелепой фразы «тело получило  $-5$  Дж тепла» мы скажем: «тело отдало  $5$  Дж тепла».

### Удельная теплоёмкость вещества

Предположим, что в процессе теплообмена агрегатное состояние вещества тела не изменяется (не происходит плавление, кристаллизация, парообразование или конденсация). Начальную температуру тела обозначим  $t_1$ , конечную температуру —  $t_2$ .

Опыт показывает, что количество теплоты, полученное телом, прямо пропорционально массе тела  $m$  и разности конечной и начальной температур:

$$Q = cm(t_2 - t_1).$$

Коэффициент пропорциональности  $c$  называется *удельной теплоёмкостью вещества* тела. Удельная теплоёмкость не зависит от формы и размеров тела. Удельные теплоёмкости различных веществ можно найти в таблицах.

Введя обозначение  $\Delta t = t_2 - t_1$ , получим также:

$$Q = cm\Delta t.$$

Чтобы понять физический смысл удельной теплоёмкости, выразим её из последней формулы:

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

Мы видим, что *удельная теплоёмкость численно равна количеству теплоты, которое необходимо для нагревания  $1$  кг данного вещества на  $1^\circ\text{C}$  (или, что то же самое, на  $1$  К)*. Измеряется удельная теплоёмкость в Дж/(кг · °C) или в Дж/(кг · К).

Чем больше удельная теплоёмкость вещества, тем большее количество теплоты требуется для нагревания тела данной массы на заданное количество градусов.

В задачах часто фигурируют вода и лёд. Их удельные теплоёмкости желательнее помнить.

$$\begin{aligned} \text{Вода: } c &= 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}. \\ \text{Лёд: } c &= 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}. \end{aligned}$$

Произведение удельной теплоёмкости вещества на массу тела называется *теплоёмкостью тела* и обозначается  $C$ :

$$C = cm.$$

Соответственно, для количества теплоты имеем:

$$Q = C(t_2 - t_1).$$

## Уравнение теплового баланса

Рассмотрим два тела (обозначим их 1 и 2), которые образуют замкнутую систему. Это означает, что данные тела могут обмениваться энергией только друг с другом, но не с другими телами. Считаем также, что механическая работа не совершается — внутренняя энергия тел меняется только в процессе теплообмена.

Имеется фундаментальный закон природы, подтверждаемый всевозможными экспериментами — закон сохранения энергии. Он гласит, что *полная энергия замкнутой системы тел не меняется со временем*.

В данном случае закон сохранения энергии утверждает, что внутренняя энергия нашей системы будет оставаться одной и той же:  $U_1 + U_2 = \text{const}$ . Если изменение внутренней энергии первого тела равно  $\Delta U_1$ , а изменение внутренней энергии второго тела равно  $\Delta U_2$ , то суммарное изменение внутренней энергии будет равно нулю:

$$\Delta U_1 + \Delta U_2 = 0.$$

Но  $\Delta U_1 = Q_1$  — количество теплоты, полученное первым телом в процессе теплообмена; аналогично  $\Delta U_2 = Q_2$  — количество теплоты, полученное вторым телом в процессе теплообмена. Стало быть,

$$Q_1 + Q_2 = 0. \quad (1)$$

Пропусту говоря, сколько джоулей тепла отдало одно тело, ровно столько же джоулей получило второе тело. Так как система замкнута, ни один джоуль наружу не вышел.

Соотношение (1) называется *уравнением теплового баланса*.

В общем случае, когда  $n$  тел образуют замкнутую систему и обмениваются энергией только с помощью теплопередачи, из закона сохранения энергии с помощью тех же рассуждений получаем общее уравнение теплового баланса:

$$Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = 0. \quad (2)$$

В качестве простого примера применения уравнения теплового баланса рассмотрим следующую задачу.

*Смешали  $m_1 = 200$  г воды при температуре  $t_1 = 100^\circ\text{C}$  и  $m_2 = 300$  г воды при температуре  $t_2 = 20^\circ\text{C}$ . Найдите установившуюся температуру смеси.*

Обозначим искомую установившуюся температуру через  $\theta$ . Запишем уравнение теплового баланса (1):

$$cm_1(\theta - t_1) + cm_2(\theta - t_2) = 0,$$

где  $c$  — удельная теплоёмкость воды. Раскрываем скобки и находим:

$$\theta = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2} = 52^\circ\text{C}.$$