



Переход металла в жидкое состояние при нагревании его до температуры плавления

В предыдущем параграфе мы рассматривали график плавления и отвердевания льда. Из графика видно, что, пока лёд плавится, температура его не меняется (см. рис. 18). И лишь после того, как весь лёд расплавится, температура образовавшейся жидкости начинает повышаться. Но ведь и во время процесса плавления лёд получает энергию от сгорающего в нагревателе топлива. А из закона сохранения энергии следует, что она не может исчезнуть. На что же расходуется энергия топлива во время плавления?

Мы знаем, что в кристаллах молекулы (или атомы) расположены в строгом порядке. Однако и в кристаллах они находятся в тепловом движении (колеблются). При нагревании тела средняя скорость движения молекул возрастает. Следовательно, возрастает и их средняя кинетическая энергия и температура. На графике это участок *AB* (см. рис. 18). Вследствие этого *размах колебаний* молекул (или атомов) *увеличивается*. Когда тело нагреется до температуры плавления, то *нарушится порядок в расположении частиц в кристаллах*. Кристаллы теряют свою форму. Вещество плавится, переходя из твёрдого состояния в жидкое.

Следовательно, вся энергия, которую получает кристаллическое тело после того, как оно уже нагрето до температуры плавления, расходуется на разрушение кристалла. В связи с этим температура тела перестаёт повышаться. На графике (см. рис. 18) это участок *BC*.

Опыты показывают, что для превращения различных кристаллических веществ одной и той же массы в жидкость при температуре плавления требуется разное количество теплоты.

Физическая величина, показывающая, какое количество теплоты необходимо сообщить кристаллическому телу массой 1 кг, чтобы при температуре плавления полностью перевести его в жидкое состояние, называется удельной теплотой плавления.

Удельную теплоту плавления обозначают λ (греч. буква «лямбда»). Её единица — $1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$.

Определяют удельную теплоту плавления на опыте. Так, было установлено, что удельная теплота плавления льда равна $3,4 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$. Это означает, что для превращения куска льда массой 1 кг, взятого при 0°C , в воду такой же температуры требуется затратить $3,4 \cdot 10^5$ Дж энергии. А чтобы расплавить брусок из свинца массой 1 кг, взятого при его температуре плавления, потребуется затратить $2,5 \cdot 10^4$ Дж энергии.

Следовательно, *при температуре плавления внутренняя энергия вещества в жидком состоянии больше внутренней энергии такой же массы вещества в твёрдом состоянии.*

Чтобы вычислить количество теплоты Q , необходимое для плавления кристаллического тела массой m , взятого при его температуре плавления и нормальном атмосферном давлении, нужно удельную теплоту плавления λ умножить на массу тела m :

$$Q = \lambda m$$

$$Q = \lambda m.$$

Из этой формулы можно определить, что

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

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

Опыты показывают, что *при отвердевании кристаллического вещества выделяется точно такое же количество теплоты, которое поглощается при его плавлении.* Так, при отвердевании воды массой 1 кг при температуре 0°C выделяется количество теплоты, равное $3,4 \cdot 10^5$ Дж. Точно такое же количество теплоты требуется и для плавления льда массой 1 кг при температуре 0°C .

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

При отвердевании вещества всё происходит в обратном порядке. Скорость, а значит, и средняя кинетическая энергия молекул в ох-



Превращение льда
в воду

лаждённом расплавленном веществе уменьшаются. Силы притяжения теперь могут удерживать медленно движущиеся молекулы друг около друга. Вследствие этого *расположение частиц становится упорядоченным* — образуется кристалл. Выделяющаяся при кристаллизации энергия расходуется на поддержание постоянной температуры. На графике это участок EF (см. рис. 18).

Кристаллизация облегчается, если в жидкости с самого начала присутствуют какие-либо посторонние частицы, например пылинки. Они становятся центрами кристаллизации. В обычных условиях в жидкости имеется множество центров кристаллизации, около которых и происходит образование кристалликов.

Таблица 4. Удельная теплота плавления некоторых веществ (при нормальном атмосферном давлении)

Вещество	$\lambda, \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$	Вещество	$\lambda, \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$
Алюминий	$3,9 \cdot 10^5$	Сталь	$0,84 \cdot 10^5$
Лёд	$3,4 \cdot 10^5$	Золото	$0,67 \cdot 10^5$
Железо	$2,7 \cdot 10^5$	Водород	$0,59 \cdot 10^5$
Медь	$2,1 \cdot 10^5$	Олово	$0,59 \cdot 10^5$
Парафин	$1,5 \cdot 10^5$	Свинец	$0,25 \cdot 10^5$
Спирт	$1,1 \cdot 10^5$	Кислород	$0,14 \cdot 10^5$
Серебро	$0,87 \cdot 10^5$	Ртуть	$0,12 \cdot 10^5$

При кристаллизации происходит выделение энергии и передача её окружающим телам.

Количество теплоты, выделяющееся при кристаллизации тела массой m , определяется также по формуле

$$Q = \lambda m.$$

Внутренняя энергия тела при этом уменьшается.

Пример. Для приготовления чая турист положил в котелок лёд массой 2 кг, имеющий температуру 0 °С. Какое количество теплоты необходимо для превращения этого льда в кипяток при температуре 100 °С? Энергию, израсходованную на нагревание котелка, не учитывать.

Какое количество теплоты понадобилось бы, если вместо льда турист взял из проруби воду той же массы при той же температуре?

Запишем условие задачи и решим её.

Нагревание льда в котелке

Дано:

$$m = 2 \text{ кг}$$

$$t_1 = 0 \text{ °С}$$

$$t_2 = 100 \text{ °С}$$

$$\lambda = 3,4 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$c = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$$

$$Q = ?$$

Решение:

Лёд прежде всего должен расплавиться, а для этого потребуется количество теплоты:

$$Q_1 = \lambda m,$$

$$Q_1 = 3,4 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 2 \text{ кг} = 6,8 \cdot 10^5 \text{ Дж}.$$

Для нагревания полученной из льда воды от 0 до

100 °С потребуется количество теплоты:

$$Q_2 = cm(t_2 - t_1),$$

$$Q_2 = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}} \cdot 2 \text{ кг} (100 \text{ °С} - 0 \text{ °С}) = 8,4 \cdot 10^5 \text{ Дж}.$$

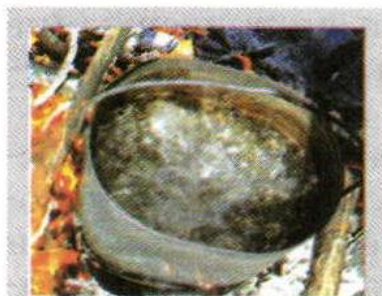
Общее количество теплоты:

$$Q = Q_1 + Q_2,$$

$$Q = 6,8 \cdot 10^5 \text{ Дж} + 8,4 \cdot 10^5 \text{ Дж} = 15,2 \cdot 10^5 \text{ Дж}.$$

Если бы вместо льда была взята вода массой 2 кг при температуре 0 °С, то понадобилось бы количество теплоты, необходимое только для её нагревания от 0 до 100 °С, т. е. $Q_2 = 8,4 \cdot 10^5 \text{ Дж}$.

Ответ: $Q = 15,2 \cdot 10^5 \text{ Дж}$.



Нагревание льда в котелке

Вопросы

1. Как объяснить процесс плавления тела на основе учения о строении вещества?
2. На что расходуется энергия топлива при плавлении кристаллического тела, нагретого до температуры плавления?

3. Что называется удельной теплотой плавления? 4. Как объяснить процесс отвердевания на основе учения о строении вещества? 5. Как вычисляют количество теплоты, необходимое для плавления кристаллического тела, взятого при температуре плавления? 6. Как вычислить количество теплоты, выделяющееся при кристаллизации тела, имеющего температуру плавления?



УПРАЖНЕНИЕ 12

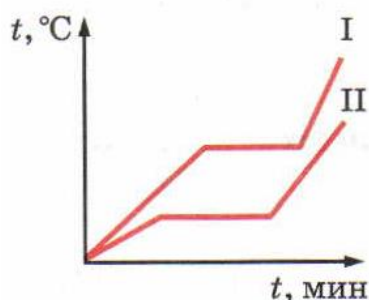


Рис. 19

1. На рисунке 19 изображены графики зависимости температуры от времени двух тел одинаковой массы. У какого из тел выше температура плавления? У какого тела больше удельная теплота плавления? Одинаковы ли удельные теплоёмкости тел?
2. Тающий лёд принесли в помещение, температура которого 0°C . Будет ли лёд в этом помещении продолжать таять?
3. В ведре с водой плавают куски льда. Общая температура воды и льда 0°C . Будет ли лёд таять или вода замерзать? От чего это зависит?

4. Сколько энергии нужно затратить, чтобы расплавить лёд массой 4 кг при температуре 0°C ?
5. Сколько энергии требуется затратить, чтобы расплавить свинец массой 20 кг при температуре плавления? Сколько энергии понадобится для этого, если начальная температура свинца 27°C ?



ЗАДАНИЕ

1. Поставьте на плиту две одинаковые жестяные банки. В одну налейте воду массой $0,5\text{ кг}$, в другую положите несколько кубиков льда той же массы. Заметьте, сколько времени потребуется, чтобы вода в обеих банках закипела. Напишите краткий отчёт о вашем опыте и объясните его результаты.
2. Прочитайте параграф «Аморфные тела. Плавление аморфных тел». Подготовьте по нему доклад.