

Свойства паров, жидкостей и твердых тел

Плавление — процесс перехода вещества из кристаллического (твердого) состояния в жидкое. Для большинства тел (объем при плавлении возрастает) плавление происходит при постоянной, возрастающей с ростом внешнего давления, температуре (точке) плавления $T_{\text{пл}}$.

Если при плавлении объем вещества уменьшается, то понижается с увеличением давления.

Кристаллизация (отвердевание) — процесс перехода вещества вследствие его охлаждения из жидкого состояния в твердое.

Удельная теплота

плавления — количество теплоты, необходимое для плавления единицы массы тела при его температуре плавления:

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

Единица удельной теплоты плавления: джоуль на килограмм (Дж/кг).



Парообразование — процесс перехода вещества из жидкого состояния в газообразное. Существует два способа перехода жидкости в парообразное состояние: испарение и кипение.

Испарение — парообразование, происходящее при любой температуре со свободной поверхности жидкости. Испарение твердых тел называют возгонкой или сублимацией. При испарении температура жидкости понижается.

Скорость испарения зависит от рода (состава), температуры и площади поверхности жидкости.

Вещество при кристаллизации выделяет такое же количество теплоты, которое поглощалось при его плавлении, причем температуры кристаллизации и плавления равны (рис. 3.8).



Рис. 3.8

за над испаряющейся поверхностью также влияет на скорость испарения.

Кипение — парообразование во всем объеме жидкости при постоянной, зависящей от давления, температуре кипения T_k . С ростом внешнего давления температура кипения возрастает, и наоборот. В процессе кипения Γ_k остается постоянной (рис. 3.9).



Рис. 3.9

Конденсация — процесс перехода вещества вследствие его охлаждения или сжатия из газообразного состояния в жидкое.

Удельная теплота парообразования — количество теплоты, необходимое для превращения единицы массы жидкости в пар при постоянной температуре:

$$r = \frac{Q}{m}.$$

Единица удельной теплоты парообразования: джоуль на килограмм (Дж/кг).

При парообразовании вещество поглощает такое же количество теплоты, которое выделялось при его конденсации. Заметим, что время вскипания данной массы жидкости равно времени ее конденсации (рис. 3.9).

Удельная теплота сгорания

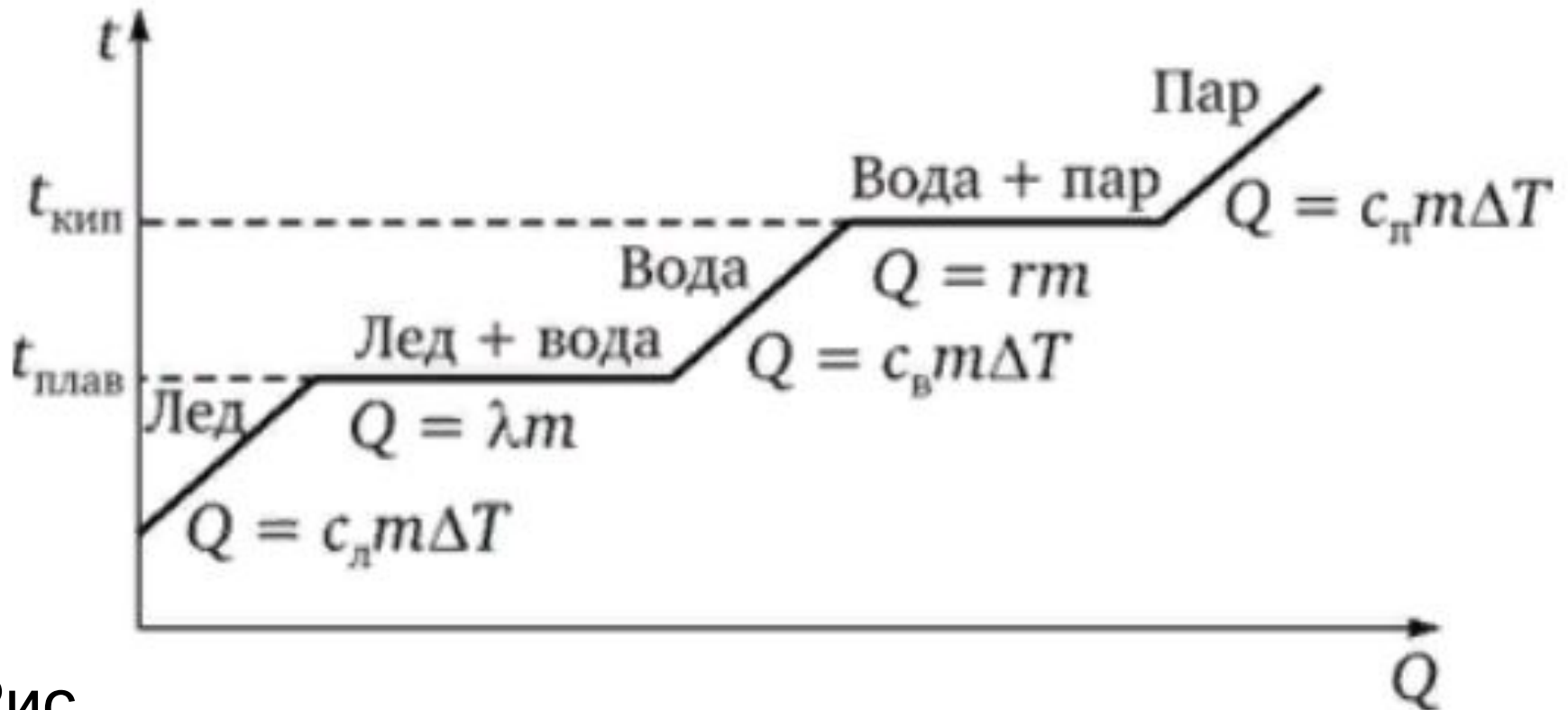
— количество теплоты, выделенное при полном сгорании единицы массы топлива при постоянной температуре горения:

$$q = \frac{Q}{m}.$$

Единица удельной теплоты сгорания: джоуль на килограмм (Дж/кг).

Кривая нагрева — зависимость температуры вещества от количества подводимого к нему тепла (энергии).

В качестве иллюстрации на рис. 3.10 приведена кривая нагрева воды.



Рис

При осуществлении теплообмена между телами, образующими изолированную термодинамическую систему, механическая работа внутри системы не совершается ($A = 0$). В данном случае согласно закону сохранения энергии алгебраическая сумма изменений внутренней энергии тел равна нулю:

$$\Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3 + \dots + \Delta U_n = 0 \text{ или } \sum_{i=1}^n \Delta U_i = 0,$$

Уравнение теплового баланса:

алгебраическая сумма количества теплоты, отданного телами (внутренняя энергия тел при этом уменьшается), и количества теплоты, полученного телами (внутренняя энергия тел увеличивается), для изолированной системы тел равна нулю

$$\sum_{i=1}^n Q_{i \text{ получ}} + \sum_{i=1}^n Q_{i \text{ отд}} = 0,$$

Теплоту, полученную телом, считают положительной, теплоту, отданную телом — отрицательной.

Следствие из уравнения теплового баланса: при теплообмене количество теплоты $Q_{\text{отд}}$, отданное одним телом, равно по модулю количеству теплоты $Q_{\text{получ}}$, полученному другим телом:

$$Q_{\text{отд}} = -Q_{\text{получ}}$$

Расчет количества теплоты:

а) при нагревании знак «+», охлаждении знак «-»

$$Q = \pm C\Delta T = \pm cm\Delta T;$$

б) плавлении знак «+», кристаллизации знак «-»

$$Q = \pm \lambda m;$$

в) парообразовании знак «+», конденсации знак «-»

$$Q = \pm rm;$$

г) сгорании вещества

$$Q = qm.$$

C, c — соответственно теплоемкость и удельная теплоемкость тел
(связь: $C = cm$);

λ — удельная теплота плавления;

r — удельная теплота парообразования;

q — удельная теплота сгорания;

m — масса тела;

ΔT — изменение температуры ($\Delta T = T_K - T_H$;
 T_H, T_K — соответственно начальная и конечная температура тела).

Насыщенный пар — газ, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью. Насыщенный пар имеет максимальные плотность и давление при заданной температуре, а концентрация его молекул не зависит от его объема при этой температуре.

Зависимость давления для насыщенного пара (кривая 1) и для идеального газа (кривая 2) от температуры при изохорном нагревании представлена на рис. 3.11. В определенном интервале температур (участок AB) насыщенный пар с достаточной степенью точности подчиняется уравнению состояния идеального газа ($P = nkT$). Давление пара растет (участок BC) как вследствие повышения температуры T , так и из-за возрастания концентрации n молекул пара (т. е. $P \sim nT$). Когда вся жидкость испаряется (участок CD), пар перестает быть насыщенным и его давление возрастает в соответствии с законом

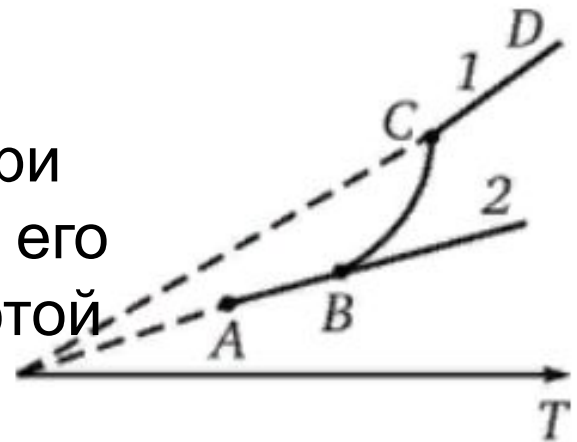


Рис. 3.11

Абсолютная влажность — плотность водяного пара при данных условиях, чаще всего выражаемая в г/м³. В метрологии абсолютная влажность оценивается по давлению P водяного пара, выраженного в мм рт.ст.

Точка росы — температура, при которой находящийся в воздухе пар становится насыщенным.

Относительная влажность — отношение парциального давления P водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре (абсолютная влажность), к давлению P_H насыщенного пара при той же температуре:

$$\varphi = \frac{P}{P_H} 100\%.$$

Параметры состояния насыщенного пара приближенно описываются уравнением Клапейрона — Менделеева в условиях, близких к нормальным.

Абсолютную влажность (плотность ρ) и давление пара P можно связать с применением уравнения Клапейрона — Менделеева:

$$\rho = \frac{P\mu}{RT}.$$

Если $\rho/(PT) = \text{const}$, то относительная влажность прямо пропорциональна плотности пара:

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} 100\%,$$

где ρ_0 — плотность насыщенного пара.

Кристаллические и аморфные

тела

У кристаллических тел есть строго упорядоченное положение мельчайших частиц. Эти частички образуют правильную кристаллическую решетку (рис. 1).

Примечание: Атомы кристаллических тел располагаются в узлах кристаллической решетки. Связи между атомами обозначены линиями. Эти линии у различных кристаллических тел образуют разные пространственные фигуры.

Аморфные тела не обладают строгой упорядоченностью мельчайших частиц — молекул, из которых они состоят. У аморфных тел порядок есть, но он не так выражен, как у кристаллических тел. Аморфное тело по своему строению больше похоже на очень вязкую жидкость, чем на твердое тело. Поэтому, аморфные тела обладают текучестью.

Кристаллическое тело

Аморфное тело

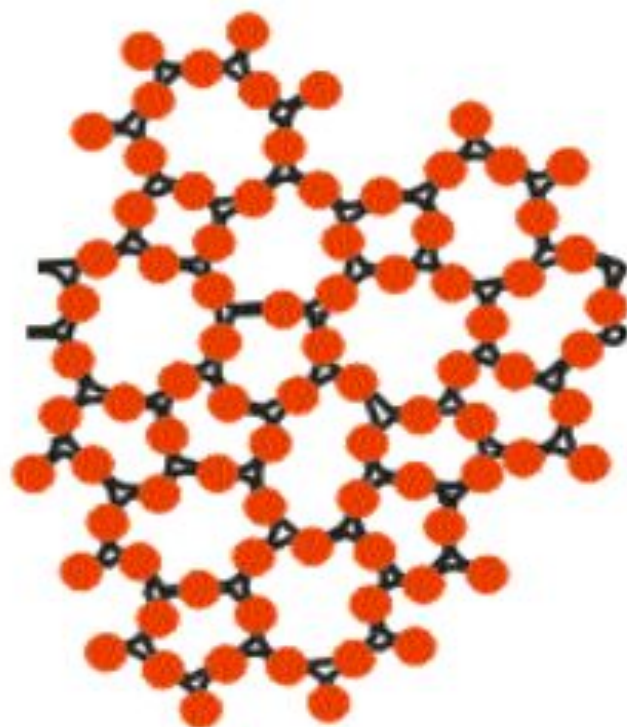
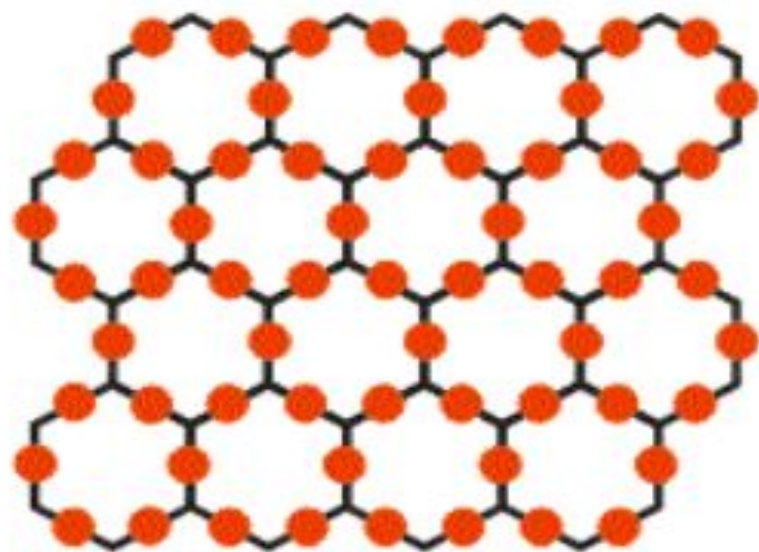


Рис.1. Кристаллические тела имеют более упорядоченную структуру в твердом состоянии, чем аморфные тела



Рис. 2. Сравниваем свойства кристаллических и аморфных тел

Плавление аморфных тел

Аморфные тела конкретной температуры плавления не имеют. Строение аморфных тел больше похоже на очень вязкую жидкость, чем на твердое кристаллическое тело. Во время нагревания они будут становиться более текучими, все больше проявляя свойство жидкости. При этом, хрупкость, присущая твердому состоянию, будет исчезать.

Одновременно с плавлением, температура аморфных тел будет повышаться.

Важно!

Одновременно с плавлением, температура аморфных тел будет непрерывно повышаться. Потому, что такие тела не имеют конкретной температуры

Примеры аморфных тел

- канифоль (смола хвойных деревьев);
- стекло;
- эбонит;
- сургуч;
- различные пластмассы;

Примечание:

Эбонит («Эбенос» др.-греч. — чёрное дерево) – это вулканизированный каучук с добавлением большого количества серы, до 50 % от массы каучука. Цвет эбонита обычно тёмно-бурый или чёрный. Этот материал не проводит электрических ток – то есть, является хорошим изолятором.

Плавление кристаллических тел

Чтобы кристаллическое тело начало плавиться, его нужно нагреть до определенной температуры. Одни кристаллические тела будут плавиться при низкой температуре, а другие – при высокой. То есть, у каждого вещества своя температура плавления. Ее можно найти в справочнике физики. При этом, пока вещество не расплавится, его температура изменяться не будет.

Важно! Кристаллические тела имеют конкретную температуру плавления. Пока кристаллическое вещество полностью не расплавится, его температура не изменится!

Примечания:

1. Кристаллические вещества плавятся при той же температуре, при которой они будут превращаться в твердое тело (кристаллизоваться).
2. Чтобы жидкое вещество начало кристаллизоваться, оно сначала должно остыть до определенной температуры.
3. Температура плавления и температура кристаллизации – это одна и та же температура.

Примеры кристаллических тел

- лед;
- свинец;
- алюминий;
- ртуть;
- железо;
- золото;
- серебро;

Как на графике выглядит процесс плавления кристаллического тела

Рассмотрим переход из твердого состояния в жидкое — плавление и, обратно — кристаллизацию, на примере льда.

Возьмем лед при начальной температуре «-40» градусов по Цельсию (рис. 3) и поместим его в кастрюльку.

Поставим эту кастрюльку на газовую плиту и начнем нагревать лед.

Процесс нагревания льда изображается наклонной линией синего цвета.

Потому, что время идет, а температура льда повышается. Во время нагревания льда от отрицательной температуры до нуля градусов, в емкости будет содержаться только твердый лед.

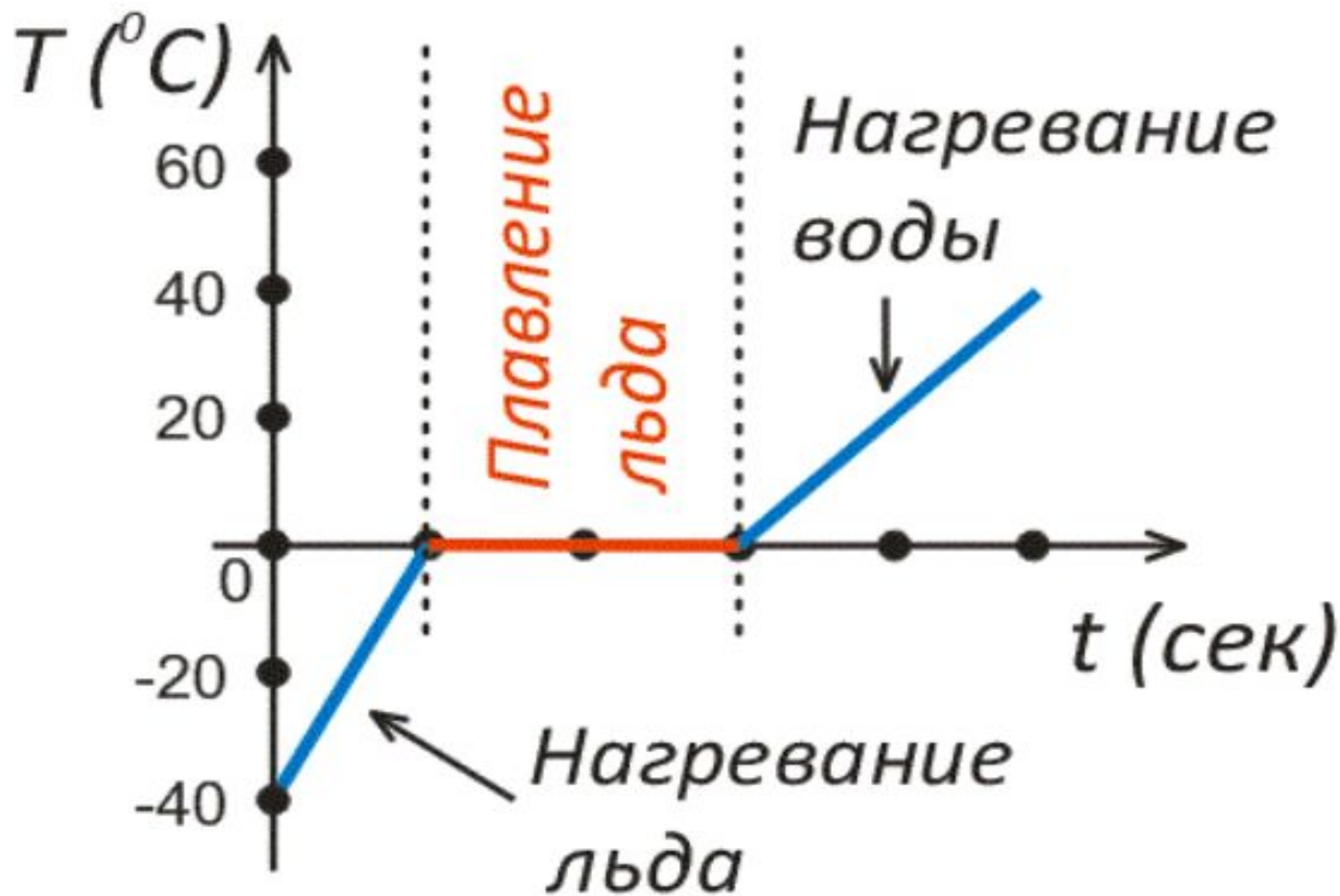


Рис.3. Процесс плавления – это горизонтальная линия на температурном графике

Как только будет достигнута температура плавления льда – «0» градусов по Цельсию, лед начнет превращаться в жидкость. В кастрюльке начнет понемногу появляться вода. То есть, будет присутствовать и лед, и вода одновременно. Постепенно воды становится все больше, а льда – все меньше.

Мы продолжаем подавать тепловую энергию. Но температура льда во время плавления не меняется до тех пор, пока весь лед не расплавится и не превратится в жидкость.

Поэтому на графике температуры плавление кристаллических тел изображается горизонтальной линией. На рисунке 3 эта линия выделена красным цветом.

Примечания:

- Чтобы тело расплавить, ему нужно передать тепловую энергию. Значит, при плавлении, тепловая энергия поглощается телом.
- При плавлении кристаллических тел, вся полученная тепловая энергия тратится на разрушение кристаллической решетки.

Поэтому кристаллические тела имеют конкретную температуру плавления. Она не будет повышаться до тех пор, пока все кристаллическое тело полностью не расплавится.

Когда лед полностью расплавится, в кастрюльке будет присутствовать только жидкая вода. На рисунке 3 это — крайняя правая точка на горизонтальной красной линии. Если продолжать подводить тепловую энергию, температура воды начнет повышаться. Идет процесс нагревания воды. На графике процесс нагревания — это еще одна наклонная прямая линия, она располагается

Как на графике выглядит процесс кристаллизации для кристаллического тела

Давайте теперь прекратим нагревание воды, вынесем кастрюльку на мороз и, оставим ее там на какое-то время. Вода начнет охлаждаться, ее температура будет понижаться. На рисунке 4 это отражено убывающей до нуля прямой наклонной синей линией. Когда вода охладится до нуля градусов, начнется процесс превращения жидкости в твердое тело – лед. Потому, что ноль градусов Цельсия – это температура не только плавления, но и кристаллизации льда. Вначале начнут появляться маленькие льдинки. Этому соответствует левая часть красной горизонтальной линии на графике 4.

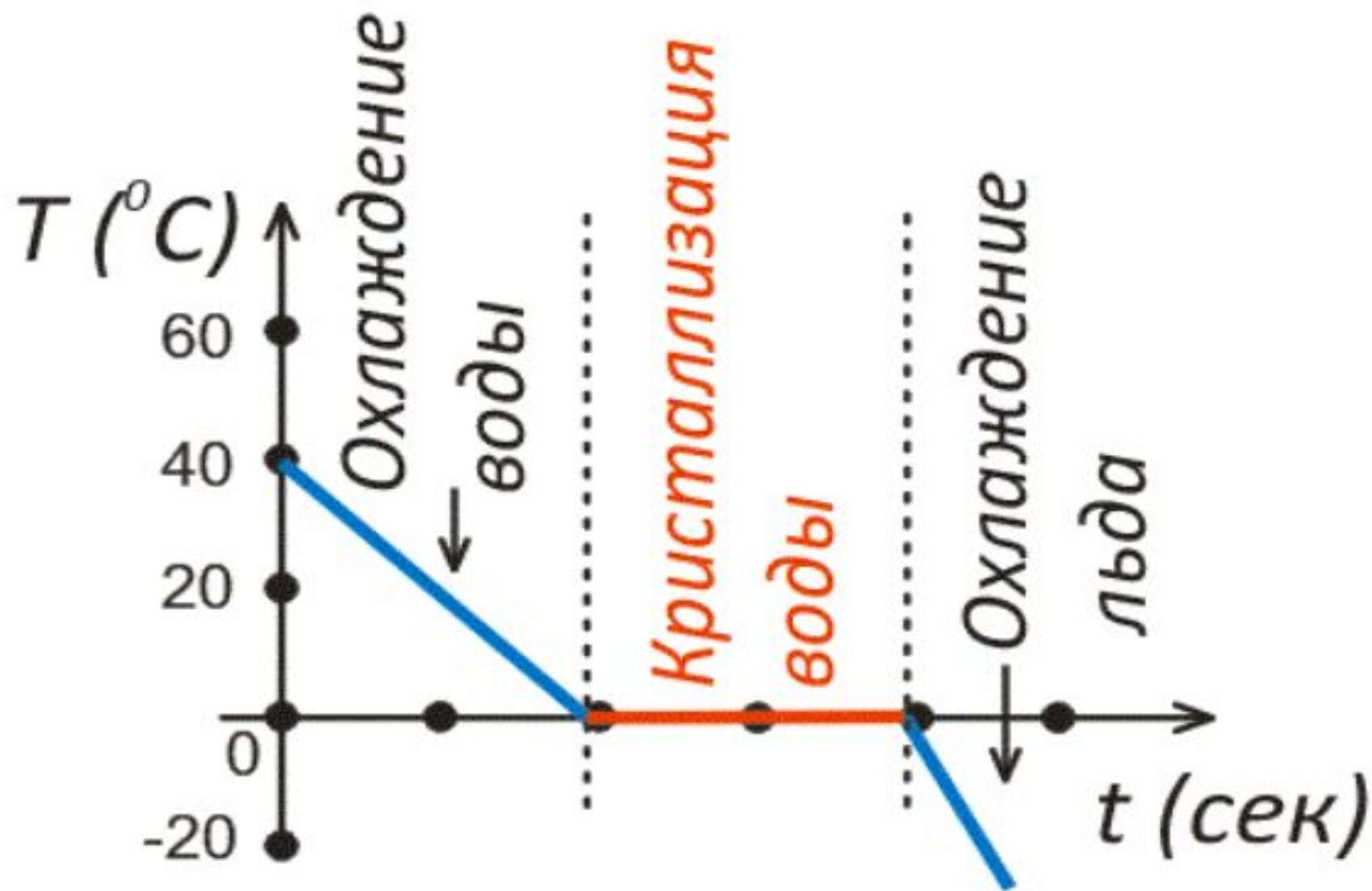


Рис. 4. Процесс кристаллизации – это горизонтальная линия на температурном графике

Примечание: Если в воде присутствуют пылинки, или другие мелкие примеси, то кристаллизация проходит быстрее. Такие мелкие примеси называют центрами кристаллизации.

Постепенно, количество льда увеличивается, а воды становится все меньше. При этом, температура воды и льда в кастрюльке продолжает оставаться равной нулю градусов по Цельсию.

Когда вся вода в кастрюльке превращается в лед – этому соответствует крайняя правая точка на красной линии на графике.

Только после этого температура льда начинает понижаться от нуля в отрицательную область температур. На рисунке это описано наклонной синей линией, примыкающей справа к горизонтальной красной линии.

Примечание: Чтобы тело перешло из жидкого состояния в твердое (кристаллизовалось), оно должно избавиться от избытка тепловой энергии. Значит, при кристаллизации, тепло отдает энергию окружающим телам. Физики скажут

Выводы

- Все тела в твердом состоянии по их строению можно разделить на аморфные и кристаллические.
- Переход из твердого в жидкое состояние – это плавление, а из жидкого в твердое состояние – кристаллизация;
- Аморфные тела конкретной температуры плавления не имеют. Их строение больше похоже на очень вязкую жидкость, чем на твердое кристаллическое тело.
- Одновременно с плавлением, температура аморфных тел будет повышаться.
- Кристаллическое тело плавится и кристаллизуются при одной и той же температуре. Эту температуру называют температурой плавления (кристаллизации). Т. е. пока происходят процессы плавления и кристаллизации, температура не меняется.

- Во время плавления тело получает тепловую энергию (количество теплоты), а во время кристаллизации тело отдает тепловую энергию в окружающее пространство.
- Сколько теплоты тело получило во время плавления, столько же оно отдаст в окружающую среду во время кристаллизации. Потому, что выполняется закон сохранения энергии (тепловой).
- Чтобы твердое тело превратить в жидкость, ему нужно сообщить (передать) тепловую энергию.
- Чтобы жидкое тело превратить в твердое, нужно избавить его от излишка тепловой энергии.
- Перед тем, как расплавить твердое кристаллическое вещество, нужно нагреть его до температуры плавления.
- Температуру плавления различных веществ можно найти в справочнике физики.