

## Уважаемые студенты!

### Задание:

1. Прочтите приведенный ниже конспект лекции.
2. Напишите конспект лекции в тетрадь объемом не менее 5 страниц рукописного текста.
3. Ответьте письменно на контрольные вопросы.
4. Письменный отчет конспекта лекции и ответов на вопросы в виде фото предоставьте преподавателю на e-mail ([tamara\\_grechko@mail.ru](mailto:tamara_grechko@mail.ru)).

**Обратите внимание!!!** В случае возникновения вопросов по теоретическому материалу лекции обращайтесь для консультации к преподавателю по тел. 0721355729 (Ватсап).

С уважением, Гречко Тамара Ивановна!

## Лекция

**Тема: Модель строения твердых тел**

**Цель: Изучить** механические свойства твердых тел, плавление и кристаллизация твердых тел

### План

1. Твёрдые тела . Их строение.
2. Механические свойства твердых тел.
3. Плавление и кристаллизация твердых тел.

#### 1 Твёрдые тела . Их строение

**Твёрдые тела** - вещества, длительное время сохраняющие свою форму объём

В твердых кристаллических телах молекулы образуют упорядоченные структуры во всем объеме кристалла и могут совершать тепловые колебания около фиксированных центров. Молекулы в кристаллах привязаны к определенным местам и не могут перемещаться по всему объему тела. Этим объясняется то, что твердые тела сохраняют свою форму и объем.

По своим физическим свойствам и молекулярной структуре твердые тела делятся на два класса – **аморфные** и **кристаллические** тела.

Молекулы и атомы **в аморфных телах** располагаются хаотично, образуя лишь большие локальные группы, содержащие несколько частиц (**ближний порядок**). В своей структуре аморфные тела очень близки к жидкостям. Для аморфных тел, как и для жидкостей, характерен ближний порядок в расположении частиц, но, в отличие от жидкостей, подвижность частиц мала.

Их свойства (механические, тепловые, электрические, оптические) по всем направлениям одинаковы, т.е. аморфные тела изотропны. **Изотропность** – *независимость всех физических свойств (механических, оптических и т. д.) от направления.*

Примерами аморфных тел могут служить стекло, различные затвердевшие масла (янтарь), воск, смола, пластики и т. д. Аморфные тела являются переохлажденными жидкостями (жидкости с большой вязкостью).

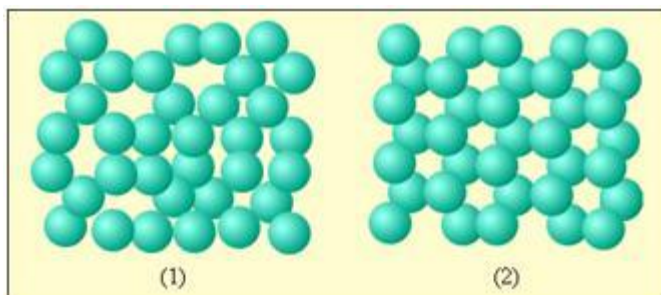
Характерной особенностью аморфных тел является отсутствие у них определенной точки плавления, т.е. нельзя указать температуру, выше которой будет жидкое состояние, а ниже – твердое. Если аморфное тело нагревать, то оно постепенно размягчается, и переход в жидкое состояние занимает значительный интервал температур. Со временем в аморфных телах происходит кристаллизация, поэтому стекло с течением времени теряет прозрачность, мутнеет. В последнее время очень широкое практическое применение получили органические аморфные полимеры. Молекулы полимеров состоят из большого числа одинаковых повторяющихся звеньев – полимерных цепочек, соединенных химическими связями. К полимерам относятся крахмал, белок, каучук, пластмасса, резина, капрон и др. вещества. Полимеры обладают прочностью и эластичностью, некоторые из них могут выдерживать растяжение, превышающее их первоначальную длину в 5–10 раз.

**В кристаллических телах** частицы располагаются в строгом порядке, образуя пространственные периодически повторяющиеся структуры во всем объеме тела. Для наглядного представления таких структур используются пространственные **кристаллические решетки**, в узлах которых располагаются центры атомов или молекул данного вещества.

*Частицы в кристаллах образуют пространственные периодически повторяющиеся структуры, которые называют **кристаллические решетки**.*

*Точки в кристаллической решетке, соответствующие наиболее устойчивому положению равновесия частиц твердого тела, называются **узлами решетки**.*

Правильное расположение частиц в узлах кристаллической решетки называют **дальним порядком**.



*Пример ближнего порядка молекул аморфного тела и дальнего порядка молекул кристаллического вещества:*

*1 – аморфное тело; 2 – твердое тело.*

Правильное расположение частиц в решетке является причиной **анизотропии** кристаллов.

**Анизотропия** кристаллов заключается в зависимости некоторых физических свойств кристаллов от направления (скорость распространения света, теплопроводность, модуль упругости).

Кристаллические тела могут быть **монокристаллами** и **поликристаллами**.

*Крупные одиночные кристаллы называют монокристаллами.*

**Поликристаллы** состоят из многих сросшихся между собой хаотически ориентированных маленьких кристалликов, которые называются **кристаллитами**.

Большие монокристаллы редко встречаются в природе и технике. Чаще всего кристаллические твердые тела, в том числе и те, которые получают искусственно, являются поликристаллами.

Монокристаллы анизотропны. В отличие от монокристаллов, поликристаллические тела изотропны, то есть их свойства одинаковы во всех направлениях. Поликристаллическое строение твердого тела можно обнаружить с помощью микроскопа, а иногда оно видно и невооруженным глазом (чугун).

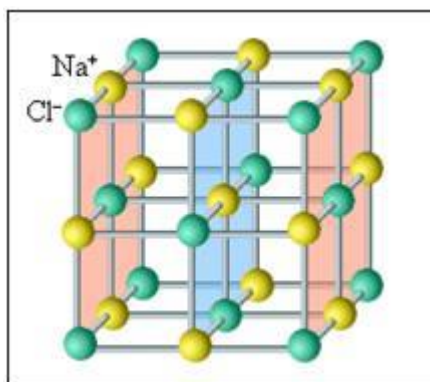
Многие вещества могут существовать в нескольких кристаллических модификациях (фазах), отличающихся физическими свойствами. Это явление называется **полиморфизмом**.

Переход из одной модификации в другую называется **полиморфным переходом**.

Интересным и важным примером полиморфного перехода является превращение графита в алмаз. Этот переход при производстве искусственных алмазов осуществляется при давлениях 60–100 тысяч атмосфер и температурах 00–2000 К.

В зависимости от характера сил взаимодействия и природы частиц, входящих в узлах кристаллической решетки, различают **четыре типа кристаллических решеток**.

**1. Ионные кристаллы.** В узлах кристаллической решетки находятся ионы (положительно и отрицательно заряженные) атомов, которые входят в состав молекулы данного вещества. Связь между ними обусловлена электрическими (кулоновскими) силами взаимодействия (притяжения) между разноименными ионами.



Примером ионной решетки служит кристалл каменной соли (NaCl). Кристаллическая решетка поваренной соли содержит ионы  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$ , не объединенные попарно в молекулы NaCl. (следует помнить, что частицы в кристаллах плотно упакованы, так что расстояние между их центрами приблизительно равно размеру частиц. В изображении кристаллических решеток указывается только положение центров частиц)

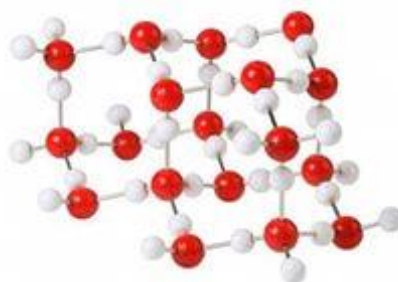
**2. Атомные кристаллы.** В узлах кристаллической решетки находятся нейтральные атомы. Между ними существует ковалентная связь (связь, при

торой каждые два соседних атома удерживаются рядом силами притяжения, возникающими при взаимном обмене между этими атомами двумя валентными электронами).

Примером атомных кристаллов являются алмаз, графит, германий, кремний.

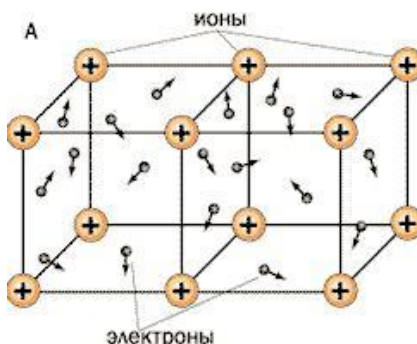
**3. Молекулярные кристаллы.** В узлах кристаллической решетки находятся молекулы, ориентированные определенным образом. Между молекулами действуют силы притяжения, характерные для взаимодействия молекул.

К молекулярным кристаллам относятся нафталин, парафин, сухой лед  $\text{CO}_2$ , лед  $\text{H}_2\text{O}$ .



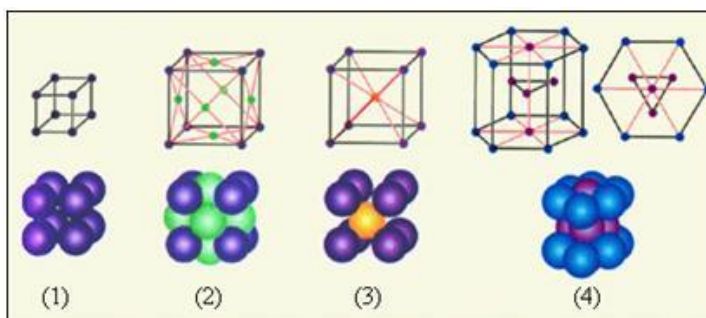
**4. Металлические кристаллы.** В узлах кристаллической решетки находятся положительные ионы металла, между которыми движутся свободные (валентные) электроны, образующие электронный газ. Связь в металлических кристаллах обеспечивается силами притяжения между положительными ионами, находящимися в узлах решетки, и отрицательным электронным газом.

Эти силы притяжения уравновешиваются силами отталкивания между одноименными ионами.



### Конфигурации кристаллических решеток (дополнительно)

По геометрической конфигурации кристаллические решетки можно разделить на кубические и гексагональные.



Простые кристаллические решетки:

1 – простая кубическая решетка;

2 – гранецентрированная кубическая решетка;

*3 – объемноцентрированная кубическая решетка;*

*4 – гексагональная решетка.*

**В простой кубической решетке** частицы располагаются в вершинах куба. **гранецентрированной решетке** частицы располагаются не только в вершинах куба, но и в центрах каждой его грани. Изображенная на рис. 4 решетка поваренной соли состоит из двух вложенных друг в друга гранецентрированных решеток, стоящих из  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$ .

**В объемноцентрированной кубической решетке** дополнительная частица располагается в центре каждой элементарной кубической ячейки.

В настоящее время большой интерес вызывает новый класс веществ – **жидкие кристаллы**.

Это почти прозрачные вещества, проявляющие одновременно свойства жидкости и кристалла. Жидкие кристаллы открыл в 1888 г. австрийский ботаник Ф. РЕЙНИТЦЕР. Он обратил внимание, что у кристаллов холестерилбензоата и лестерилацетата было две точки плавления и, соответственно, два разных жидких состояния — мутное (от 145 °С до 179 °С) и прозрачное (выше 179 °С).

Жидкие кристаллы находят широкое практическое применение. Многие вещества в жидкокристаллическом состоянии обладают весьма ценным качеством: которые их свойства резко изменяются при незначительном изменении внешних условий (температура, длина волны облучаемого света, электрическое и магнитное поле и т. д.). Оптическую ось в жидких кристаллах можно легко ориентировать электрическим полем. Этот эффект используется при построении жидкокристаллических индикаторов и экранов. На основе жидких кристаллов разработан преобразователь инфракрасного изображения в видимое, применяемый в медицине, военном деле и других отраслях. Некоторые жидкие кристаллы весьма чувствительны к присутствию паров различных химических веществ: при наличии в воздухе ничтожно малой концентрации этих веществ структура жидкого кристалла меняется, что сопровождается изменением его цвета.

#### **Жидкие кристаллы (дополнительно)**

Молекулы жидких кристаллов не образуют кристаллической решетки, но в силу своей формы (плоские, нитевидные) могут выстраиваться при незначительном воздействии в определенном порядке. Структура при этом приобретает свойства тонких или нитевидных кристаллов. Упорядоченное расположение молекул в жидких кристаллах наблюдается лишь по одному направлению. Структура, ответственная за жидким кристаллам, возникает в органических веществах, молекулы которых имеют нитевидную вытянутую форму или же форму плоских пластинок. Например, растворенное в воде мыло образует жидкие кристаллы. Молекула мыла имеет форму палочки. Тот конец молекулы, который имеет отрицательный заряд, тяготеет к молекулам воды, это является причиной упорядоченной ориентации молекул мыла по отношению к воде. Мыльный раствор (в воде) состоит из большого числа двойных слоев молекул мыла, разделенных прослойками воды. Двойные слои, образующие жидкий кристалл, обладают большой подвижностью, что определяет моющие свойства мыла. Частицы грязи и очищаемая поверхность покрываются слоями жидких кристаллов, легко скользящих один относительно другого. При небольшом механическом воздействии частички грязи,

волакиваемые «шубой» жидких кристаллов легко переходят в раствор и уносятся вместе с водой.

Жидкие кристаллы обнаруживаются в важнейших функциональных участках тела живых организмов. Распространенность жидкокристаллического состояния в живых тканях обусловлена его высокой чувствительностью к окружающей среде, гибкостью структуры и достаточной устойчивостью к внешним воздействиям. Для многих веществ с окружающей средой (основная особенность живой клетки) жидкие кристаллы являются идеальными образованиями, так как они могут растворять многие вещества, не изменяя своей жидкокристаллической структуры, легко меняться молекулами. При соответствующих условиях жидкие кристаллы могут набухать, а затем опять сжиматься, не теряя жидкокристаллического строения, мышечных волокнах они могут растягиваться и сжиматься, не разрушаясь. Большая прочность жидкокристаллических волокон необходима для формирования опорных тканей.

## 2 Механические свойства твердых тел

В твердых телах – аморфных и кристаллических – частицы (молекулы, атомы, ионы) совершают тепловые колебания около положений равновесия, в которых энергия их взаимодействия минимальна. При увеличении расстояния между частицами возникают силы притяжения, а при уменьшении – силы отталкивания. Силы взаимодействия между частицами обуславливают **механические свойства твердых тел**.

**Деформация** твердого тела является результатом изменения под действием внешних сил взаимного расположения частиц, из которых состоит тело, и расстояний между ними.

**Деформация** – изменение формы или объема тела.

Существует четыре основных вида деформаций твердых тел: **растяжение** и **сжатие**), **сдвиг**, **кручение**, **изгиб**.



При любом виде деформации в твердом теле происходит смещение частиц, из которых оно состоит, относительно друг друга. Это вызывает возникновение в

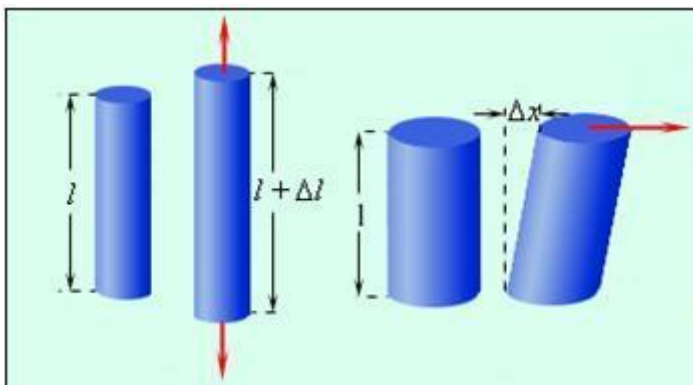
териале сил, препятствующих деформации – **сил упругости**. Они стремятся установить прежнюю форму и объем тела.

Свойство деформированных тел принимать свою первоначальную форму и свой объем после прекращения действия внешних сил называется **упругостью**.

**Упругая деформация** – деформация, которая полностью исчезает после снятия внешних нагрузок (деформирующих факторов).

**Пластическая деформация** – деформация тела, которая не исчезает после снятия внешних нагрузок на тело.

Простейшим видом деформации является **деформация растяжения или сжатия**.



1 – деформация растяжения; 2 – деформация сдвига

Ее можно характеризовать **абсолютным удлинением  $\Delta l$** , возникающим под действием внешней силы  $F$ . Связь между  $\Delta l$  и  $F$  зависит не только от механических свойств вещества, но и от геометрических размеров тела (его толщины и длины).

Отношение абсолютного удлинения  $\Delta l$  к первоначальной длине  $l$  образца называется **относительным удлинением** или **относительной деформацией  $\varepsilon$** :

$$\varepsilon = \Delta l / l$$

При растяжении  $\varepsilon > 0$ , при сжатии  $\varepsilon < 0$ .

Если принять направление внешней силы, стремящейся удлинить образец, за положительное, то  $F > 0$  при деформации растяжения и  $F < 0$  – при сжатии.

Отношение модуля внешней силы  $F$  к площади  $S$  сечения тела называется **механическим напряжением  $\sigma$** :

$$\sigma = F/S$$

За единицу механического напряжения в СИ принят **паскаль (Па)**. Механическое напряжение измеряется в единицах давления. Оно характеризует действие внутренних сил в деформированном твердом теле.

Связь между упругими деформациями и внутренними силами в материале впервые была установлена английским ученым Р. Гуком.

**Закон Гука:** механическое напряжение в упруго деформированном теле прямо пропорционально относительной деформации этого тела.

$$\sigma = k * \varepsilon$$

**$k$**  – коэффициент упругости (модуль упругости), характеризующий упругие свойства материала – зависимость механического напряжения от рода материала и внешних условий.

Другая форма записи **закона Гука:**  $\varepsilon = \sigma/E$

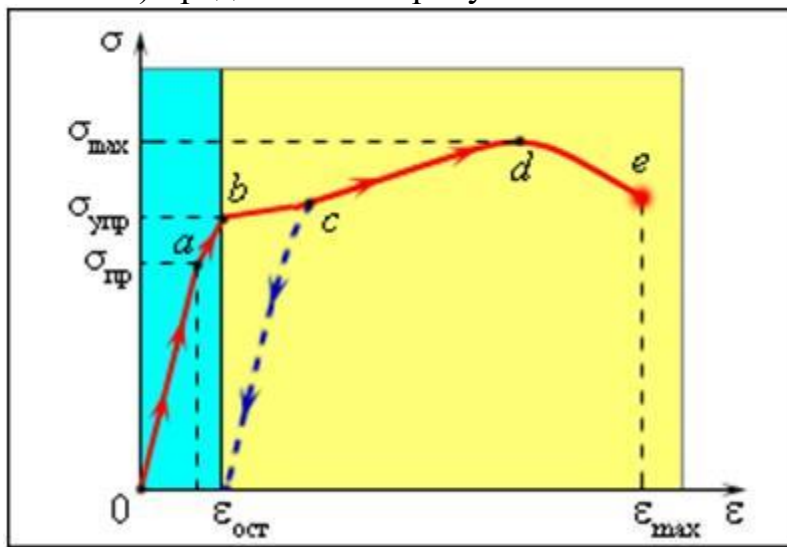
Коэффициент  $E$  в этом соотношении называется **модулем Юнга** – величина, обратная коэффициенту упругости.  $E = 1/k$

Зависимость между  $\epsilon$  и  $\sigma$  является одной из важнейших характеристик механических свойств твердых тел. Графическое изображение зависимости между  $\epsilon$  и  $\sigma$  называется **диаграммой растяжения**.

### Диаграмма растяжения (дополнительно)

По оси абсцисс откладывается относительное удлинение  $\epsilon$ , а по оси ординат – механическое напряжение  $\sigma$ .

Типичный пример диаграммы растяжения для металлов (таких как медь или мягкое железо) представлен на рисунке:



Типичная диаграмма растяжения для пластичного материала.

Голубая полоса – область упругих деформаций.

**Участок OA** на диаграмме – **упругая деформация**.

При малых деформациях (обычно существенно меньших 1 %) связь между  $\sigma$  и  $\epsilon$  **линейная**. Максимальное значение  $\sigma = \sigma_{гр}$ , при котором сохраняется линейная связь между  $\sigma$  и  $\epsilon$ , называется **пределом пропорциональности** (точка A).

На линейном участке выполняется **закон Гука**:  $\epsilon = \sigma/E$

**Участок AB** – еще упругая деформация. При дальнейшем увеличении напряжения связь между  $\sigma$  и  $\epsilon$  становится нелинейной, однако при снятии напряжения деформация практически полностью исчезает, то есть восстанавливаются размеры тела. Максимальное напряжение на этом участке  $\sigma_{упр}$  называется **пределом упругости**.

Если  $\sigma > \sigma_{упр}$ , образец после снятия напряжения уже не восстанавливает свои первоначальные размеры и у тела сохраняется **остаточная деформация**  $\epsilon_{ост}$ .

**Участки BC, CD и DE** – **пластическая деформация**.

На **участке BC** деформация происходит почти без увеличения напряжения. Это явление называется **текучестью** материала.

В **точке D** достигается **наибольшее напряжение**  $\sigma_{max}$ , которое способен выдержать материал без разрушения – **предел прочности**.

В **точке E** происходит **разрушение** материала.

Для расчета различных конструкций необходимо знать **механические свойства твердых тел**.



**Прочность** – способность материала выдерживать нагрузки без разрушения.

У многих материалов предел прочности значительно больше предела ругости. Такие материалы называют **вязкими**. К ним относятся медь, цинк, лезо.

Материалы, у которых отсутствует область упругих деформаций, зывают **пластическими**. К ним относят воск, глину, пластилин.

В технике материалы различают по **твердости**. Из двух материалов более ердым считается тот, который оставляет царапины на поверхности другого. Из иродных материалов наибольшей твердостью отличается алмаз.

Материалы, у которых разрушение происходит при небольших деформациях лшь незначительно превышающих область упругих деформаций) зываются **хрупкими** (стекло, фарфор, чугун).

### **3 Плавление и кристаллизация твердых тел**

Вещество существует в твердом кристаллическом состоянии при ределенных значениях давления и температуры. В этом состоянии вещество ходится до тех пор, пока кинетической энергии атомов недостаточно, чтобы еодолеть силы взаимного притяжения. Эти силы удерживают атомы на некотором состоянии друг относительно друга, не позволяя им перемещаться. При этом атом лблется около положения своего равновесия. При нагревании твердого тела нетическая энергия атомов или молекул возрастает. При этом амплитуды лбаний могут стать настолько большими, что уже будут сравнимы с периодом шетки, произойдет нарушение дальнего порядка, кристаллическая решетка начнет зрушаться. При дальнейшем увеличении температуры происходит **плавление ердых тел**.

**Плавление** – переход вещества из твердого состояния в жидкое.

*При плавлении температура тела остается постоянной.* Все переданное телу пло идет на разрушение кристалла. При плавлении кристаллическое тело ходится одновременно в твердом и жидком состояниях.

После разрушения кристалла и образования жидкости подводимая теплота ет на нагревание жидкости.

*Температура плавления зависит от рода кристаллического тела.*

При плавлении изменяется плотность и объем вещества. У большинства ществ объем при плавлении увеличивается, а при отвердевании уменьшается. При ом изменяется и плотность: при плавлении плотность уменьшается, а при вердевании увеличивается. Например, кристаллики твердого нафталина или рафина тонут в расплавленном нафталине (парафине). Но лед плавает в воде. кже ведут себя висмут, галлий, германий, кремний, чугун, т.е. при плавлении их отность увеличивается, а при отвердевании уменьшается. При плавлении они лмаются (объем уменьшается), а при отвердевании расширяются (объем еличивается).

*Температура плавления зависит от атмосферного давления.*

В тех случаях, когда объем вещества при плавлении возрастает, увеличение ешнего давления приводит к увеличению температуры плавления (т.к. увеличение вления затрудняет процесс плавления). Если же объем вещества при плавлении

уменьшается, то увеличение внешнего давления ведет к понижению температуры плавления этого вещества (т.к. повышенное давление помогает процессу плавления в данном случае).

Чтобы перевести в жидкость твердое тело массой  $m$  при температуре плавления, ему надо сообщить количество теплоты

$$Q = \lambda m$$

где  $\lambda$  – удельная теплота плавления – количество теплоты, необходимое, чтобы перевести в жидкость твердое тело массой 1 кг при температуре плавления.

$$\lambda = Q / m \text{ [ Дж/кг ]}$$

При плавлении увеличивается внутренняя энергия тела.

Если получившуюся при плавлении жидкость охладить до температуры плавления, то начнется обратный процесс.

**Кристаллизация (отвердевание)** – процесс перехода жидкости в твердое состояние.

Происходит сближение частиц жидкости и упорядочение их движения, в результате которого они начинают колебаться около узлов кристаллической сетки. Потенциальная энергия молекул при этом уменьшается, а т.к. температура кристаллизации постоянна (равна температуре плавления для данного вещества), процесс кристаллизации должен сопровождаться выделением тепла.

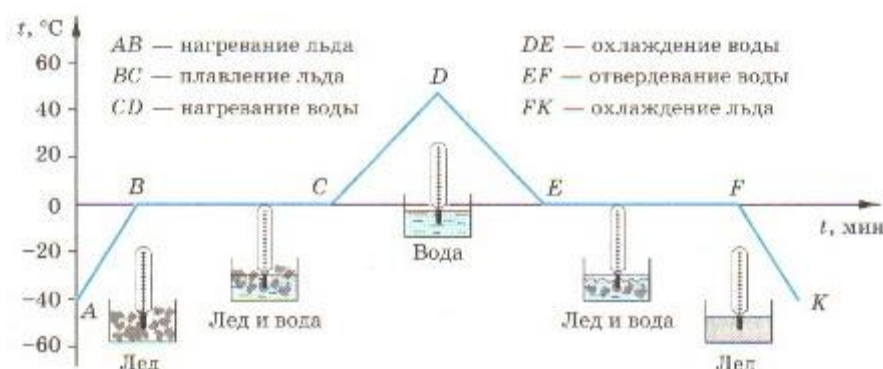
Процесс кристаллизации сопровождается выделением теплоты кристаллизации, которая равна теплоте плавления  $Q = \lambda m$

Процесс кристаллизации происходит в двухфазной системе вблизи центров кристаллизации. такими центрами могут быть пылинки, мельчайшие примеси.

Процессы плавления и кристаллизации можно представить на графике:



По графику можно определить:



- участок АВ – нагревание льда от  $-40^{\circ}\text{C}$  до температуры плавления  $0^{\circ}\text{C}$

- участок BC – плавление льда при температуре плавления
- участок CD – нагревание воды от 0 °C до температуры 50 °C
- участок DE – охлаждение воды от 50 °C до температуры кристаллизации (отвердевания) 0 °C

- участок EF – кристаллизация (отвердевание) воды при температуре плавления (кристаллизации)

- участок FK – охлаждение льда от 0 °C до температуры -40 °C

### **Сублимация (дополнительно)**

Многие твердые вещества обладают запахом – камфара, нафталин. Значит у этих веществ есть в воздухе. Это доказывает, что при определенных условиях твердые вещества могут переходить из твердого состояния в газообразное, минуя жидкое.

*Переход твердого состояния вещества в газообразное называется сублимацией или возгонкой («сублимаре» - возносить)*

Легко обнаружить возгонку (сублимацию) льда и снега: уменьшение инея на ветках со временем, высыхание оледеневшего белья зимой.

Часто можно наблюдать и обратный *переход из газообразного состояния посредством в твердое, минуя жидкое состояние – десублимация*. На окнах мой иногда можно видеть быстрый рост кристалликов льда в виде узоров на стеклах, которые образуются непосредственно из водяных паров, находящихся в воздухе.

Испарение твердых тел аналогично испарению жидкостей. Все твердые тела парятся, но их паров обычно так мало, что их невозможно обнаружить.

Процесс сублимации происходит как при нагревании твердого тела, так и без двода теплоты извне. При сублимации происходит охлаждение тела, т.к. его покидают наиболее быстрые молекулы (обладающие кинетической энергией, статочной для преодоления молекулярного притяжения и отрыва молекул от поверхности тела).

Процесс сублимации или возгонки наблюдается во Вселенной. При сближении кометой происходит возгонка поверхностного слоя ядер комет. Практически вся масса кометы сосредоточена в ядре, которое является единственной твердой частью кометы. Ядро кометы состоит из смеси пылинок, твердых кусочков вещества и мерзших газов (углекислый газ, аммиак, метан). В далеких от Солнца областях кометы не имеют хвостов. При приближении кометы к Солнцу ядро прогревается и из него выделяются газы и пыль. Они образуют вокруг ядра газовую оболочку, которая вместе с ядром составляет голову кометы. Газы и пыль, выбрасываемые в хвост кометы, отталкиваются под действия давления солнечного света и создают хвост кометы, всегда направленный в сторону, противоположную Солнцу. Чем ближе к Солнцу подходит комета, тем она ярче и тем длиннее её хвост вследствие большего её облучения и интенсивного выделения газов.

### **Тепловое расширение твердых тел (дополнительно)**

Известно, что при повышении температуры линейные размеры твердых тел увеличиваются, а при понижении уменьшаются. При нагревании увеличивается

ежнее расстояние между атомами и молекулами твердого тела, а значит и реальные размеры тела.

**Тепловым расширением** называют увеличение линейных размеров тела и его объема при повышении температуры.

Расширение твердых тел при нагревании происходит одинаково по всем направлениям. Однако на практике часто приходится учитывать расширение только в одном направлении.

**Линейное расширение** – изменение одного определенного размера твердого тела при изменении температуры.

Предположим, что твердое тело при начальной температуре  $T_0$  имеет длину  $l_0$ . При нагревании его до температуры  $T$  его длина увеличится до  $l$ , т.е. на  $\Delta l = l - l_0$

Относительное удлинение составит  $\Delta l / l_0$ .

Величина, равная отношению относительного удлинения тела к изменению температуры на  $\Delta T = T - T_0$ , называется **температурным коэффициентом линейного расширения**.

$$\alpha = (\Delta l / l_0) / \Delta T$$

Зависимость длины твердого тела от температуры определяется по формуле

$$l = l_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

Для большинства тел можно считать, что температурные коэффициенты линейного расширения практически не зависят от температуры.

**Объемное расширение** – изменение объема тела при возрастании температуры.

Предположим, что твердое тело при начальной температуре  $T_0$  имеет объем  $V_0$ . При нагревании его до температуры  $T$  его объем увеличится до  $V$ , т.е. на  $\Delta V = V - V_0$

Относительное увеличение объема  $\Delta V / V_0$

Величина, равная отношению относительного увеличения объема  $\Delta V / V_0$  тела к изменению температуры  $\Delta T = T - T_0$  называется **температурным коэффициентом объемного расширения**.

$$\beta = (\Delta V / V_0) / \Delta T$$

Между температурными коэффициентами линейного и объемного расширения существует связь

$$\beta = 3\alpha$$

Зависимость объема твердого тела от температуры определяется по формуле

$$V = V_0 (1 + \beta \Delta T)$$

Физический диктант

1. Твёрдые тела делятся на \_\_\_\_\_
2. Кристаллические тела это \_\_\_\_\_
3. Аморфные тела это \_\_\_\_\_
4. Основное отличие кристаллического состояния от аморфного состоит в том, что \_\_\_\_\_
5. Анизотропия это \_\_\_\_\_

6. Изотропия это \_\_\_\_\_
7. Может ли одно и то же вещество быть либо кристаллическим, либо аморфным? \_\_\_\_\_
8. Кристаллической решёткой называют \_\_\_\_\_
9. Перечислите типы кристаллических решёток \_\_\_\_\_
10. Если в узлах кристаллической решётки располагаются положительные ионы, то эта решётка называется \_\_\_\_\_
11. Если в узлах кристаллической решётки располагаются ионы, то эта решётка называется \_\_\_\_\_
12. Если в узлах кристаллической решётки располагаются молекулы, то эта решётка называется \_\_\_\_\_
13. Если в узлах кристаллической решётки располагаются атомы, то эта решётка называется \_\_\_\_\_
14. Самыми твердыми являются кристаллы с \_\_\_\_\_ решеткой
15. Деформацией тела называется \_\_\_\_\_
16. Деформация называется упругой, если \_\_\_\_\_
17. Перечислите виды упругих деформаций \_\_\_\_\_
18. Абсолютное удлинение это \_\_\_\_\_, оно находится по формуле \_\_\_\_\_
19. Относительное удлинение это \_\_\_\_\_, оно находится по формуле \_\_\_\_\_
20. Запишите формулу, выражающую закон Гука \_\_\_\_\_