Кристаллические и аморфные тела

900igr.net

- Долгое время казалось, что самое интересное в Физике - это исследования микромира и микрокосмоса. Именно там пытались найти ответы на набоилее важные, фундаментальные вопросы, объясняющие устройство окружающего мира. А сейчас образовался третий фронт исследований - изучение твёрдых тел.
- Почему же так важно исследовать твёрдые тела?
- Огромную роль, конечно, играет здесь практическая деятельность человека. Твёрдые тела - это металлы и диэлектрики, без которых немыслима электротехника, это - полупроводники, лежащие в основе современной электроники, магниты, сверх проводники, конструкционные материалы. Словом, можно утверждать, что научно-технический прогресс в значительной мере основан на использовании твёрдых тел.
- Но не только практическая сторона дела важна при их изучении. Сама внутренняя логика развития науки - физики твёрдого тела - привела к пониманию важного значения коллективных свойств больших систем.

- Анизотропия монокристаллов заключается в зависимости их физических свойств от направления. Поликристалл представляет собой соединение мелких, различным образом ориентированных монокристаллов (зерен) и не обладает анизотропией свойств. Большинство твердых тел имеют поликристаллическое строение (минералы, сплавы, керамика).

- Твёрдое тело состоит из миллиарда частиц, которые взаимодействуют между собой. Это обусловливает появление определённого порядка в системме и особых свойств всего количества микрочастиц.Так, коллективные свойства эллектронов определяют электропроводность твёрдый тел, а способность тела поглощать тепло - теплоёмкость - зависит от характера коллективных коллебаний атомов при тепловом движении. Коллективные свойства объясняют все основные закономерноести поведения твёрдых тел.Основными свойствами кристаллических тел являются: определенность температуры плавления, упругость, прочность, зависимость свойств от порядка расположения атомов, т. е. от типа кристаллической решетки.
Структура твёрдых тел многообразна.

- Аморфными называют вещества, у которых отсутствует порядок расположения атомов и молекул по всему объему этого вещества. В отличие от кристаллических веществ аморфные вещества изотропны. Это значит, что свойства одинаковы по всем направлениям. Переход из аморфного состояния в жидкое происходит постепенно, отсутствует определенная температура плавления. Аморфные тела не обладают упругостью, они пластичны. В аморфном состоянии находятся различные вещества: стекла, смолы, пластмассы и т. п.

Упругость — свойство тел восстанавливать свою форму и объем после прекращения действия внешних сил или других причин, вызвавших деформацию тел. Для упругих деформаций справедлив закон Гука, согласно которому упругие деформации прямо пропорциональны вызывающим их внешним воздействиям $a = E|c|$, где a — механическое напряжение, e — относительное удлинение, E — модуль Юнга (модуль упругости). Упругость обусловлена взаимодействием и тепловым движением частиц, из которых состоит вещество.

- Тело из любого материала при малых деформациях ведёт себя, как упругое. Его размеры и форма восстанавливаются при снятии нагрузки. В то же время все тела в той или иной мере могут испытывать пластичиские деформации.
- Механические свойства материалов разнообразны. Такие материалы, как резина или сталь обнаруживают упругие свойства при сравинительно больших напряжениях и деформациях. Поэтому такие материалы называют упругими

- **Пластичность.** Пластичность — свойство твердых тел под действием внешних сил изменять, не разрушаясь, свою форму и размеры и сохранять остаточные деформации после того, как действие этих сил прекратится
- У мокрой глины, пластилина или свинца область упругих деформаций мала. *Материалы, у которых незначительные нагрузки вызывают пластические деформации, называют пластичными.*
- Деление материалов на упругие и пластичные в значительной мере условно. В зависимостиот возникающих напряжений один и тот же материал будет вести себя или как упругий, или как пластичный. Так, при очень больших напряжениях сталь обнаруживает пластичные свойства. Это широко используют при штамповке стальных изделий с помощью пресса, создоющего огромную нагрузку.
- Холодная сталь или железо с трудом поддаются ковке молотом. Но после сильного нагрева им легко придать посредствам ковки любую форму. Свинец пластичный и при комнатной температуре, но приобретает ярко выраженные упругие свойства, если его охладить до температуры ниже -100 С0.

- **Хрупкость.** Большое значение на приктике имеет свойство твёрдых тел, называемое хрупкостью. Материал называют хрупким, если он разрушается при небольших деформациях. Изделия из стекла и форфора крупкие, так как они разбиваются на куски при падении на пол даже с небольшой высоты. Чугун, мрамор, янтарь также обладают повышенной хрупкостью, и, наоборот, сталь, медь, свинец не являются хрупкими.
- У всех хрупких материалов напряжение очень быстро растёт с увеличением деформации, они разрушаются при весьма малых деформациях. Так, чугун разрушается при относительном удлинении e » 0,45%. У стали же при e » 0,45% деформация остаётся упругой и разрушение происходит при e » 15%.
- Пластичные свойства у хрупких материалов практически не проявляются.
- Даны более или менее точные определения упругости, пластичности и хрупкости материалов. Мы теперь лучше представляем, что обозначают эти слова, нередко встречающиеся в обиходной жизни

- Проделаем опыт. Нам понадобятся кусок пластилина, стеариновая свеча и электрокамин. Поставим пластилин и свечу на равных расстояниях от камина. По прошествии некоторого времени часть стеарина расплавится (станет жидкостью), а часть - останется в виде твердого кусочка. Пластилин за то же время лишь немного размягчится. Еще через некоторое время весь стеарин расплавится, а пластилин - постепенно "разъедется" по поверхности стола, все более и более размягчаясь

- Итак, существуют тела, которые при плавлении не размягчаются, а из твердого состояния превращаются сразу в жидкость. Во время плавления таких тел всегда можно отделить жидкость от еще не расплавившейся (твердой) части тела. Эти тела - кристаллические. Существуют также твердые тела, которые при нагревании постепенно размягчаются, становятся все более текучими. Для таких тел невозможно указать температуру, при которой они превращаются в жидкость (плавятся). Эти тела называют аморфными.

- Проделаем следующий опыт. В стеклянную воронку бросим кусок смолы или воска и оставим в теплой комнате. По прошествии примерно месяца окажется, что воск принял форму воронки и даже начал вытекать из нее в виде "струи" (см. рисунок). В противоположность кристаллам, которые почти вечно сохраняют собственную форму, аморфные тела даже при невысоких температурах обладают текучестью. Поэтому их можно рассматривать как очень густые и вязкие жидкости.

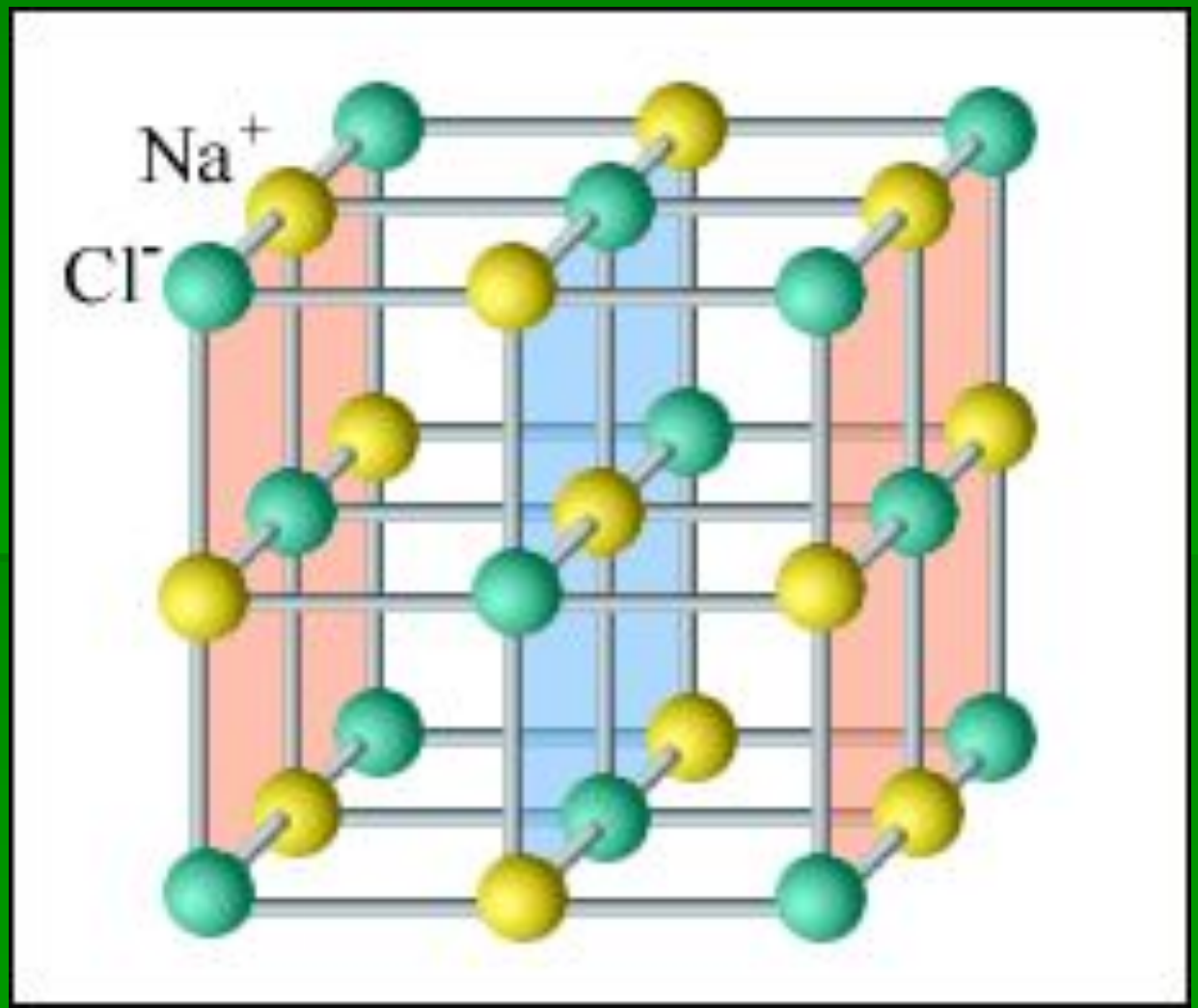
- По своим физическим свойствам и молекулярной структуре твердые тела разделяются на два класса – ***аморфные*** и ***кристаллические*** тела.

- характерной особенностью аморфных тел является их **изотропность**, т. е. независимость всех физических свойств (механических, оптических и т. д.) от направления. Молекулы и атомы в изотропных твердых телах располагаются хаотично, образуя лишь небольшие локальные группы, содержащие несколько частиц (ближний порядок). По своей структуре аморфные тела очень близки к жидкостям

- Примерами аморфных тел могут служить стекло, различные затвердевшие смолы (янтарь), пластики и т. д. Если аморфное тело нагревать, то оно постепенно размягчается, и переход в жидкое состояние занимает значительный интервал температур. 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..

- Чаще всего кристаллическая решетка строится из ионов (положительно и отрицательно заряженных) атомов, которые входят в состав молекулы данного вещества. Например, решетка поваренной соли содержит ионы Na^+ и $Cl^–$, не объединенные попарно в молекулы NaCl (рис. 3.6.1). Такие кристаллы называются **ионными**

Рисунок 3.6.1. Кристаллическая решетка поваренной соли.



- В каждой пространственной решетке можно выделить структурный элемент минимального размера, который называется ***элементарной ячейкой***. Вся кристаллическая решетка может быть построена путем параллельного переноса (**трансляции**) элементарной ячейки по некоторым направлениям.
- Теоретически доказано, что всего может существовать 230 различных пространственных кристаллических структур. Большинство из них (но не все) обнаружены в природе или созданы искусственно

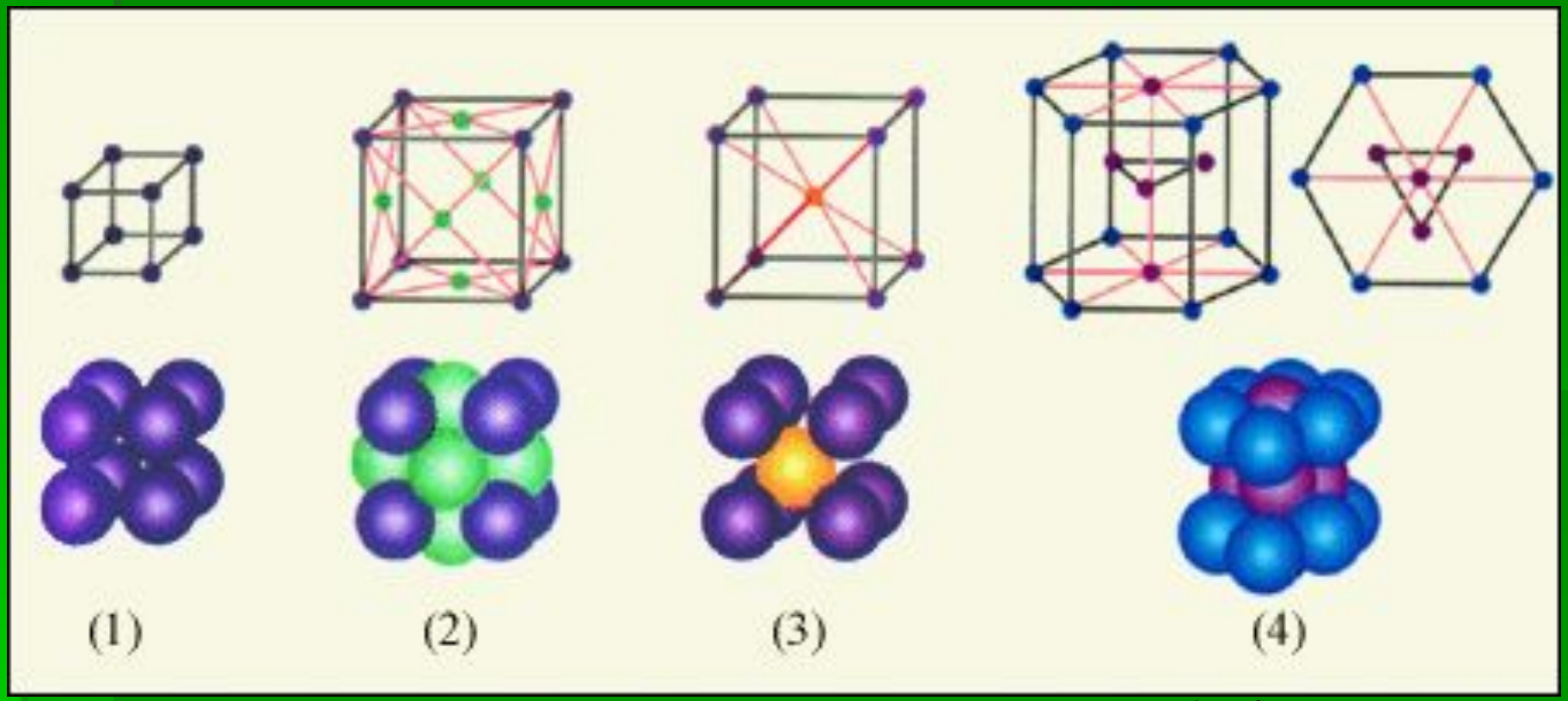
- Кристаллические решетки металлов часто имеют форму шестигранной призмы (цинк, магний), гранецентрированного куба (медь, золото) или объемно центрированного куба (железо).
- Кристаллические тела могут быть **монокристаллами** и **поликристаллами**. Поликристаллические тела состоят из многих сросшихся 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 получаются искусственно, являются поликристаллами.

- В отличие от монокристаллов, поликристаллические тела изотропны, т. е. 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 1500–2000 К.**

- Структуры кристаллических решеток экспериментально изучаются с помощью дифракции рентгеновского излучения на монокристаллах или поликристаллических образцах.
- На рис. 3.6.2 приведены примеры простых кристаллических решеток. 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.

Рисунок **3.6.2.**
Простые кристаллические решетки**: 1 –** простая кубическая решетка**; 2 –** гранецентрированная кубическая решетка**; 3 –** объемноцентрированная кубическая решетка**; 4 –** гексагональная решетка**.**

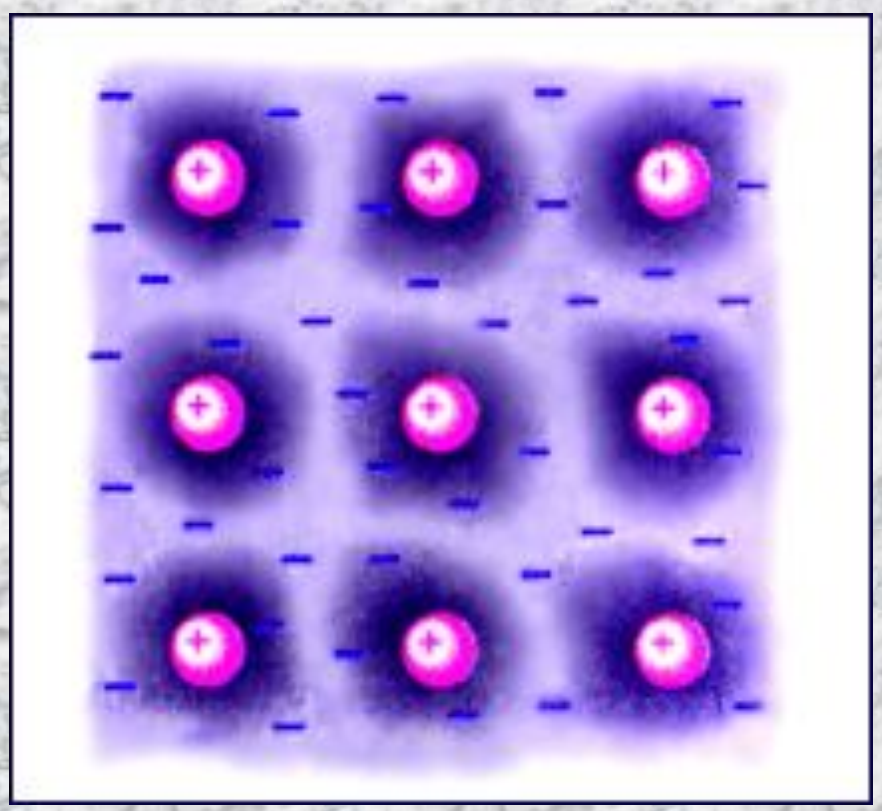


- В **простой кубической решетке** частицы располагаются в вершинах куба. В **гранецентрированной решетке** частицы располагаются не только в вершинах куба, но и в центрах каждой его грани. Изображенная на рис. 3.6.1 решетка поваренной соли состоит из двух вложенных друг в друга гранецентрированных решеток, состоящих из Na^+ и Cl^-. В **объемноцентрированной кубической решетке** дополнительная частица располагается в центре каждой элементарной кубической ячейки.

- Кристаллические структуры металлов имеют важную особенность. Положительно заряженные ионы металла, образующие кристаллическую решетку, удерживаются вблизи положений равновесия силами взаимодействия с **«газом свободных электронов»** (рис. 3.6.3). Электронный газ образуется за счет одного или нескольких электронов, отданных каждым атомом. Свободные электроны способны блуждать по всему объему кристалла.

Рисунок 3.6.3.

Структура металлического кристалла.



- В 1959 г. английский физик Д. Бернал провёл интересные опыты: он взял много маленьких пластилиновых шариков одинакового размера, обволял их в меловой пудре и спресовал в большой ком. В результате шарики деформировались в многогранники. Оказалось, что при этом образовывались преимущественно пятиугольные грани, а многогранники в среднем имели 13,3 грани. Так что какой-то порядок в аморфных веществах определённо есть.
- Свойства Аморфных тел. Все аморфные тела изотропны, т.е. их физические свойства одинаковы по всем направлениям. К аморфным телам относятся стекло, смола, канифоль, сахарный леденец и др.

- Аморфные тела занимают промежуточное положение между кристаллическими твёрдыми телами и жидкостями. Их атомы или моллекулы распологаются в относительном порядке. Понимание структуры твёрдых тел (кристаллических и аморфных) позволяет создавать материалы с заданными свойствами.
- Деформация твёрдого тела - изменение его формы или объёма. Растяните резиновый шнур за концы. Очевидно, участки шнура сместятся друг относительно друга; шнур окажется деформированным - станет длиннее и тоньше. Деформация возникает всегда, когда различные части тела под действием сил перемещаются неодинаково

- Шнур, после прекращения действия на него сил, возвращается в исходное состояние. Деформации, которые полностью исчезают после прекращения действия внешних сил называются упругими. Кроме резинового шнура, упругие деформации испытывают пружина, стальные шарики при столкновении и т.д.
- Теперь сожмите кусочек пластилина. В ваших руках он легко примет любую форму. Первоначальная форма пластилина не восстановится сама собой. Пластилин “не помнит” какая форма бы у него сначала. Деформации, которые не исчезают после прекращения действия внешних сил, называются пластическими. Пластическую деформацию, при небольших, но не кратковременных воздействиях испытывают воск, клина, свинец.

- Дефомация растяжения (сжатия). Если к одному стержню, закреплённому одним концом, приложить силу F вдоль оси стержня в направлении от этого конца), то стержень подвергнется дефомации растящения. Дефомацию растяжения характеризуют абсолютным удлиннением.
- Dl = l - l0
- и относительным удлинением
- e = Dl / l0
- где l0 - начальная длинна, а l - конечная длинна стержня.
- Деформацию растяжения оспытывают тросы, канаты, цепи в подъёмных устройствах, стяжки между вагонами и т.д.
- При малых растяжениях (l0<< l), деформации большинства тел упругие.

- Если на тот же стержень подействовать силой F, направленной к закреплённому концу (рис. 3), то стержень подвергнется деформации сжатия. В этом случае относительная деформация отрицательна: $e < 0$.
- При растяжении или сжатии изменяется площадь поперечного сечения тела. Это можно обнаружить, если растянуть резиновую трубку, на которую предварительно надето металлическое кольцо. При достаточно сильном растяжении кольцо падает. При сжатии, наоборот, площадь поперечного сечения тела увеличивается

- Деформация сдвига. Возьмём резиновый брусок с начерченными на его поверхности горизонтальнми и вертикальными линиями и закрепим на столе. Сверху к бруску прикрепим рейку и приложим к ней горизонтальную силу. Слои бруска ab, cd и др. Сдвинутся,оста-ваясь параллельными, а вертикальные грани, оставаясь плоскими, наклонятся на угол g .
- Деформацию, при которой происходит смещение слоёв тела друг относительно друга, называют деформацией сдвига.
- Если силу F увеличить в два раза, то и угол g увеличится в 2 раза. Опыты показывают, что при упругих деформациях угол сдвига g прямо пропорцианален модулю F приложенной силы.

- Все деформации твёрдых тел сводятся к растяжению (сжатию) и сдвигу. При упругих деформациях форма тела восстанавливается, а при пластических не восстанавливается.
- Тепловое движение вызывает колебания атомов (или ионов), из которых состоит твёрдое тело. Амплитуда колебаний обычно мала по сравнению с межатомными расстояниями, и атомы не покидают своих мест. Поскольку атомы в твёрдом теле связаны между собой, их колебания происходят согласованно, так что по телу с определённой скоростью распространяется волна.

- Для описания колебаний в твёрдых телах при низких температурах часто используют представления о квазичастицах - фононах.
- По своим электронным свойствам твёрдые тела разделяются на металлы, диэлектрики и полупроводники. Кроме того, при низких температурах возможно сверхпроводящее состояние, в котором сопротивление электрическому току равно нулю

Конец