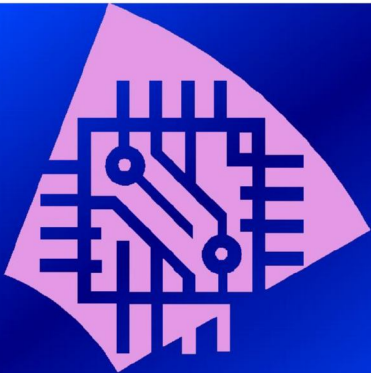


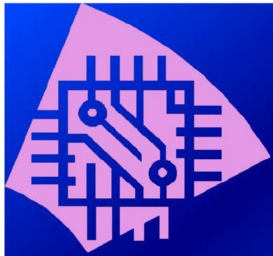


дисциплина “МАТЕРИАЛЫ И ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ”

Модуль №1 Проводящие и резистивные материалы
и элементы на их основе

ТЕМА 1.1 Основные сведения о строении
материалов и их
классификация

ЛЕКЦИЯ 1.2 **СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА
МАТЕРИАЛОВ**

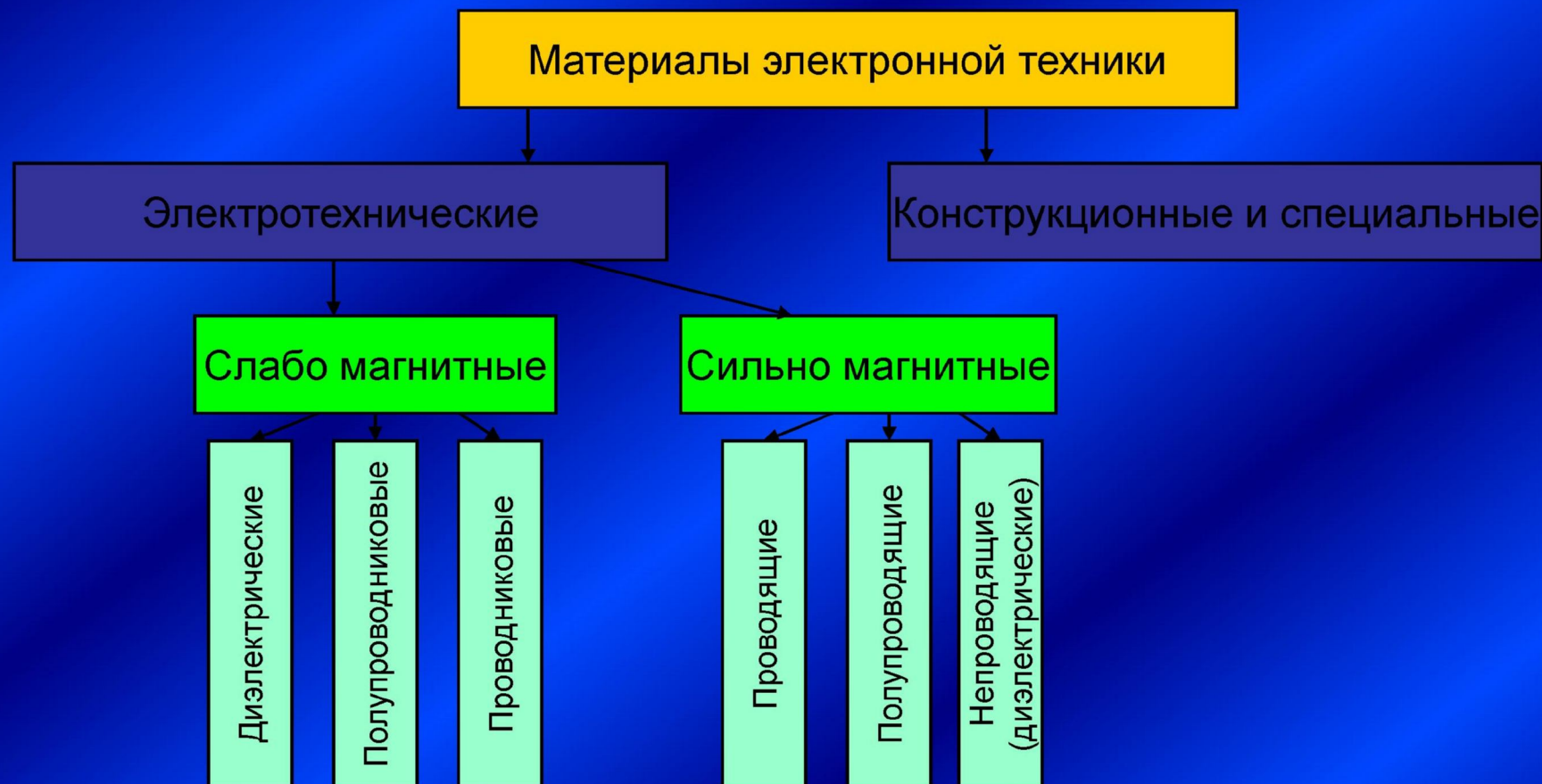


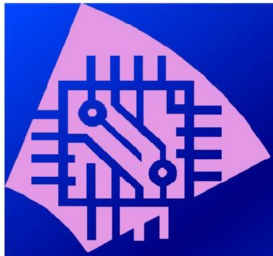
План лекции

- 1.2.1. Общая классификация материалов по электрическим и магнитным свойствам
- 1.2.2. Виды химической связи
- 1.2.3. Влияние агрегатного состояния на электрические свойства веществ
- 1.2.4. Особенности строения твёрдых тел
- 1.2.5. Монокристаллы и элементы структурной кристаллографии



1.2.1 Общая классификация материалов по электрическим и магнитным свойствам





Материалы с удельным электрическим сопротивлением

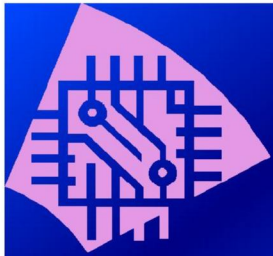
$$\rho < 10^{-5} \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

называются
проводниками

$$\rho > 10^8 \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

называются
диэлектриками

Для металлов проводящее состояние является основным, а для полупроводников и диэлектриков — возбужденным.



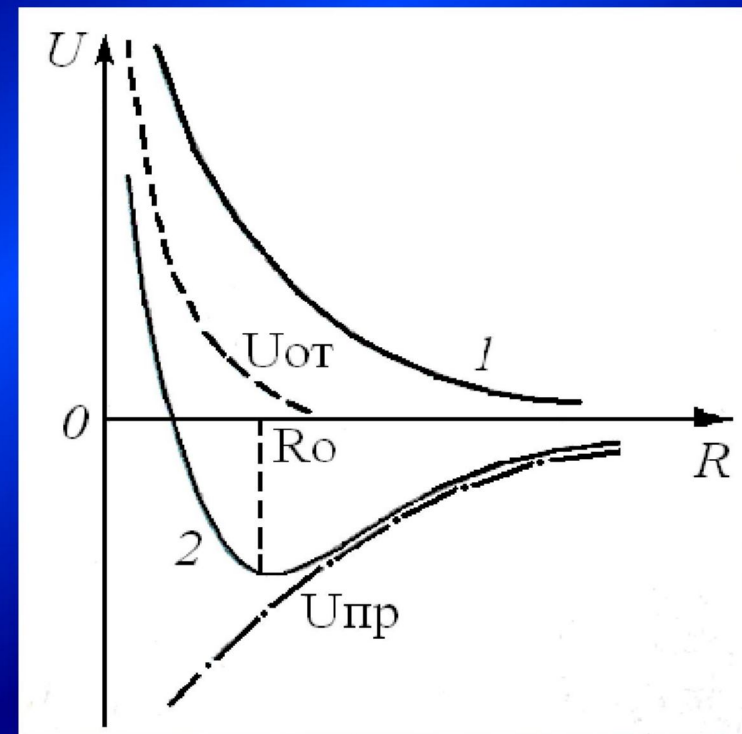
ТЕМА 1.1 Основные сведения о строении материалов и их классификация

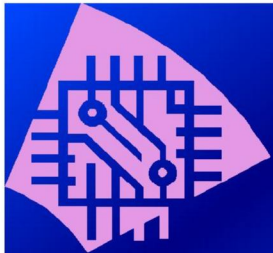
Зависимость потенциальной энергии U двух атомов от расстояния R между их ядрами.

В случае 1 энергия везде положительна и увеличивается при уменьшении расстояния.

В случае 2 потенциальная энергия имеет минимум при некотором расстоянии R_0 . Здесь возможно образование устойчивой двухатомной молекулы.

Кривую потенциальной энергии типа 2 можно истолковать как результат существования двух сил: притяжения и отталкивания.

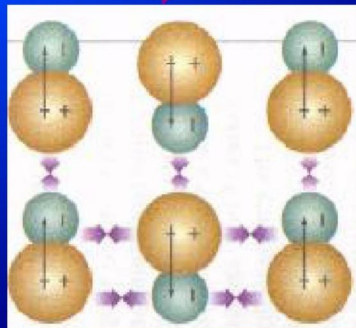




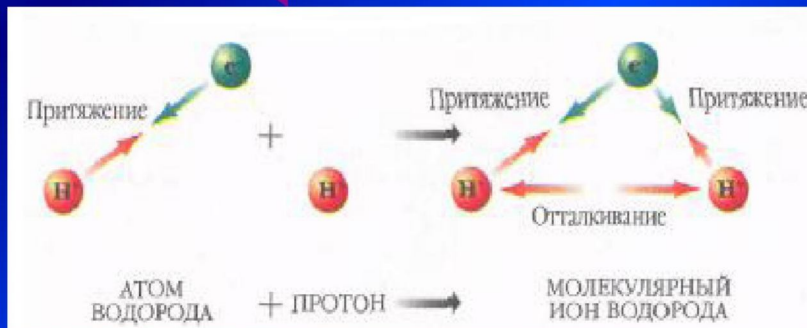
1.2.2. Виды химической связи

Основные типы химической связи

Ионная
(гетерополярная)



Ковалентная
(гомеополярная)

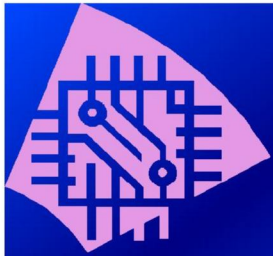


Ван-дер-
вальсовская

(молекулярная)

Металлическая

В типичных проводниках существенную роль играют только два первых типа связи



ТЕМА 1.1 Основные сведения о строении материалов и их классификация

Ионная связь.

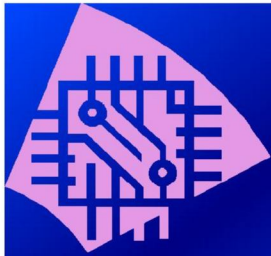
В случае ионной связи силы притяжения – кулоновские электростатические силы.

Полную энергию взаимодействия можно представить в виде интерполяционной формулы:

$$U = \frac{a}{R^m} - \frac{e^2}{R}$$

где a и m - некоторые постоянные, характеризующие силы отталкивания. При $m > 1$ зависимость $U(R)$ изображается кривой типа 2.

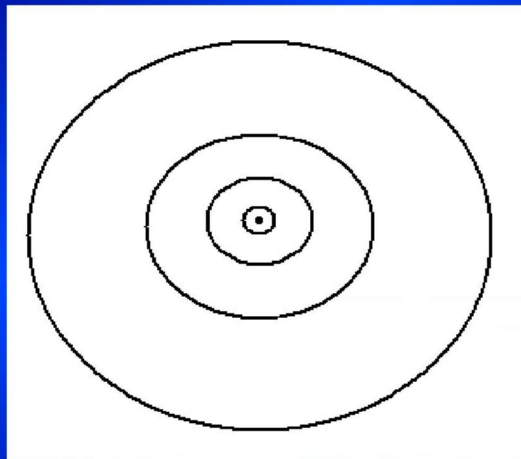
e^2/R - часть энергии взаимодействия точечных зарядов

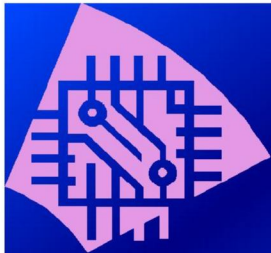


Ковалентная связь.

Такая связь в наиболее чистом виде осуществляется в случае одинаковых, незаряженных (в целом) атомов.

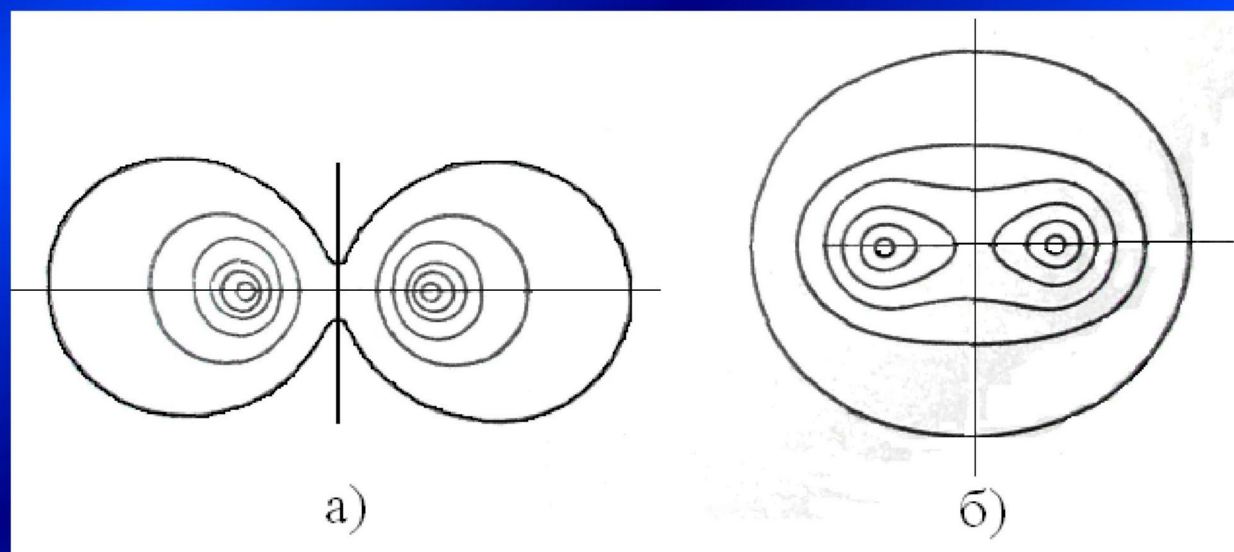
Распределение электронной плотности в основном состоянии атома водорода.



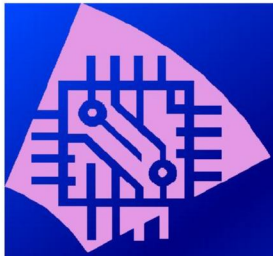


ТЕМА 1.1 Основные сведения о строении материалов и их классификация

Распределение электронной плотности у двух взаимодействующих атомов водорода.



- а) электронные спины параллельны (отталкивание);
- б) электронные спины антипараллельны (молекула H_2).



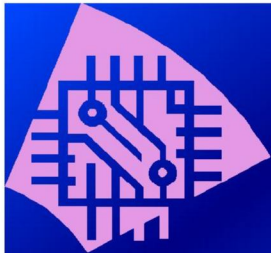
Важные свойства ковалентной (гомеополярной) связи:

- **Насыщаемость**

(При сближении с молекулой H_2 третьего атома H энергия взаимодействия изменяется только за счет классического взаимодействия, обменная же энергия при этом не возникает, поэтому третий атом H будет отталкиваться от молекулы H_2 .)

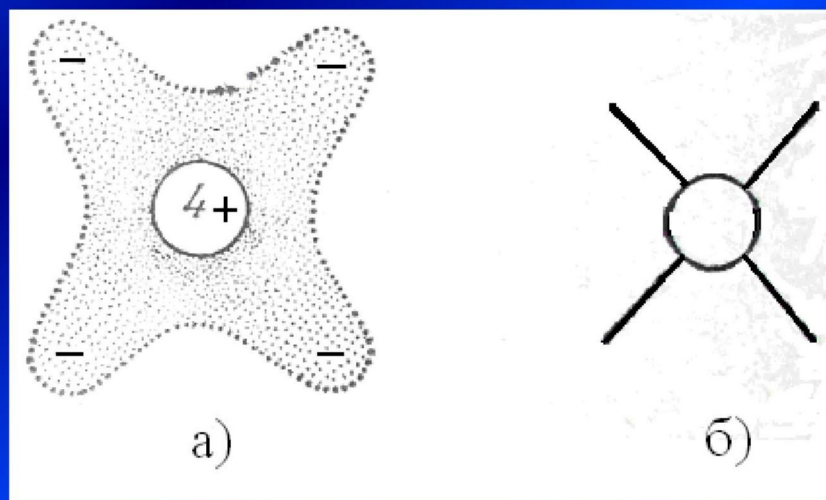
- **Пространственная направленность связей.**

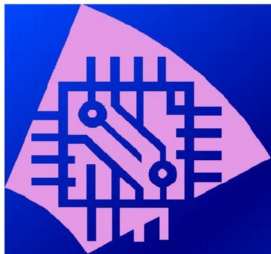
Она возникает потому, что результирующее электронное облако, образуемое валентными атомными электронами, вытянуто вдоль определенных направлений.



ТЕМА 1.1 Основные сведения о строении материалов и их классификация

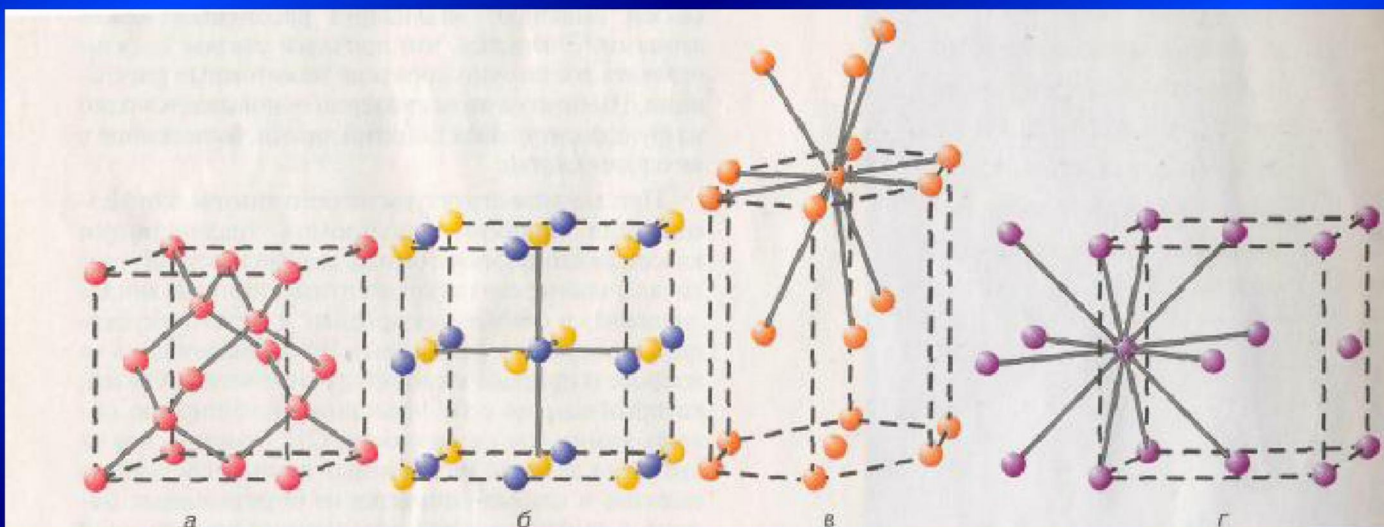
Электронное облако 2s- и 2p- электронов атома углерода (схематически) и четыре его направленные валентности



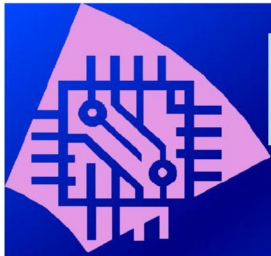


ТЕМА 1.1 Основные сведения о строении материалов и их классификация

Кристаллические структуры



а) алмаза; б) хлорида натрия; в) магния; г) ксенона.



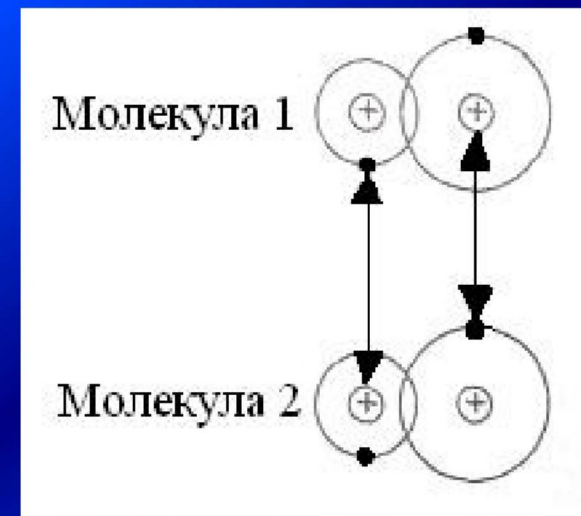
ТЕМА 1.1 Основные сведения о строении материалов и их классификация

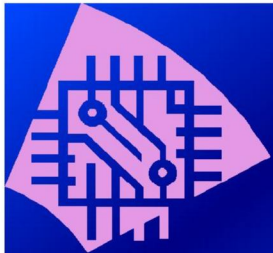
Молекулярная или Ван-дер-вальсовская связь.

Изучение поведения реальных газов показывает, что между (валентные) силы полностью отсутствуют, возникают нейтральными атомами даже в случае, когда гомеопольярные силы притяжения, быстро убывающие с расстоянием.

Молекулярное взаимодействие

Межмолекулярное притяжение возникает при согласованном движении валентных электронов в соседних молекулах

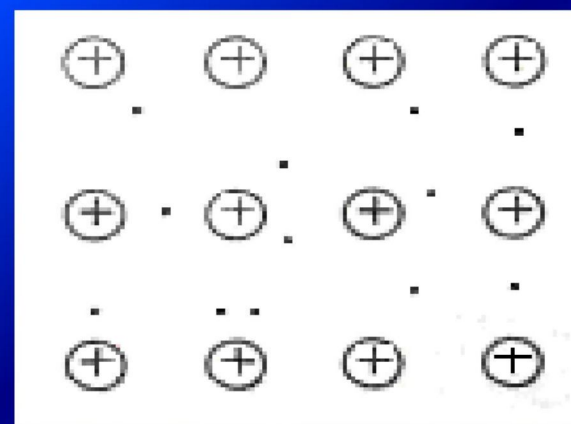




Металлическая связь.

Она возникает между атомами с небольшим числом валентных электронов, что характерно для металлов. При сближении таких атомов, как и при ковалентной связи, происходит перекрывание электронных оболочек и обобществление валентных электронов с той лишь разницей, что обобществленные электроны не локализуются вблизи своих атомов, а свободно перемещаются между атомами, образуя «электронный газ».

Схематичное изображение
расположения
электронов в структуре с
металлической связью





1.2.3. Влияние агрегатного состояния на электрические свойства веществ

Разновидности твердых тел

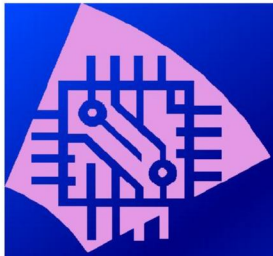


Кристаллические.

Кристаллические тела остаются твердыми, т.е. сохраняют приданную им форму до вполне определенной температуры, при которой они переходят в жидкое состояние. При охлаждении процесс идет в обратном направлении.

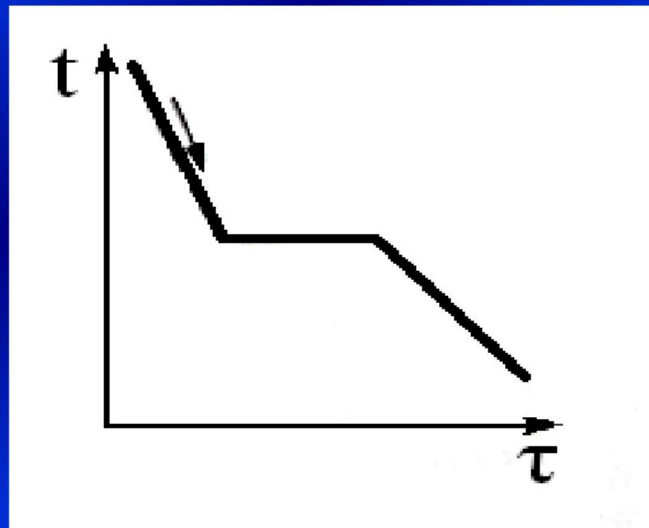
Аморфные.

Аморфные тела при нагреве размягчаются в большом температурном интервале, становятся вязкими, а затем переходят в жидкое состояние. При охлаждении процесс идет в обратном направлении.

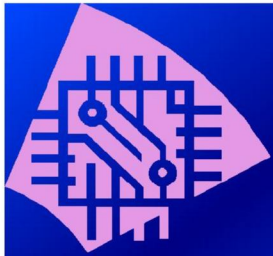


ТЕМА 1.1 Основные сведения о строении материалов и их классификация

Кривая охлаждения при кристаллизации металла



Кристаллическое состояние твердого тела более стабильно, чем аморфное.

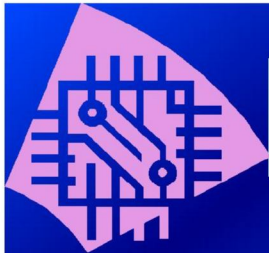


1.2.4. Особенности строения твёрдых тел

Свойства кристаллов зависят от:

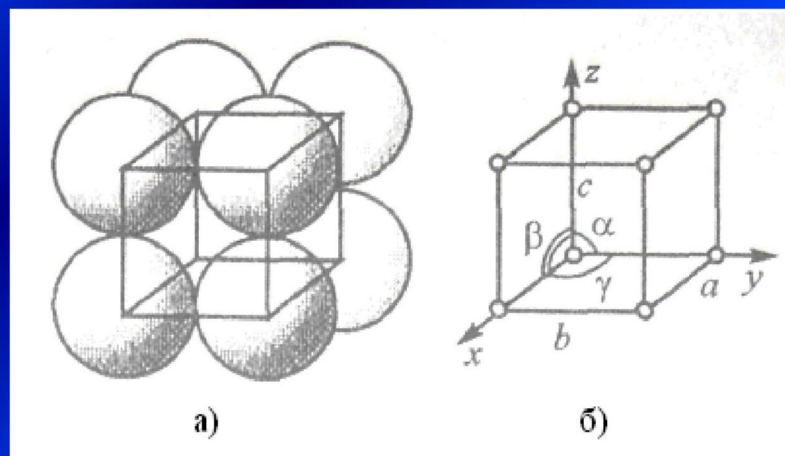
- электронного строения атомов и характера взаимодействия их в кристалле;
- пространственного расположения частиц;
- химического состава;

В зависимости от размеров структурных составляющих и применяемых методов их выявления используют следующие понятия: тонкая структура, микро- и макроструктура.



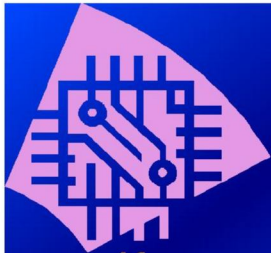
1.2.5. Монокристаллы, элементы структурной кристаллографии

Расположение частиц в кристалле



а) - пространственное изображение;

б) -схема

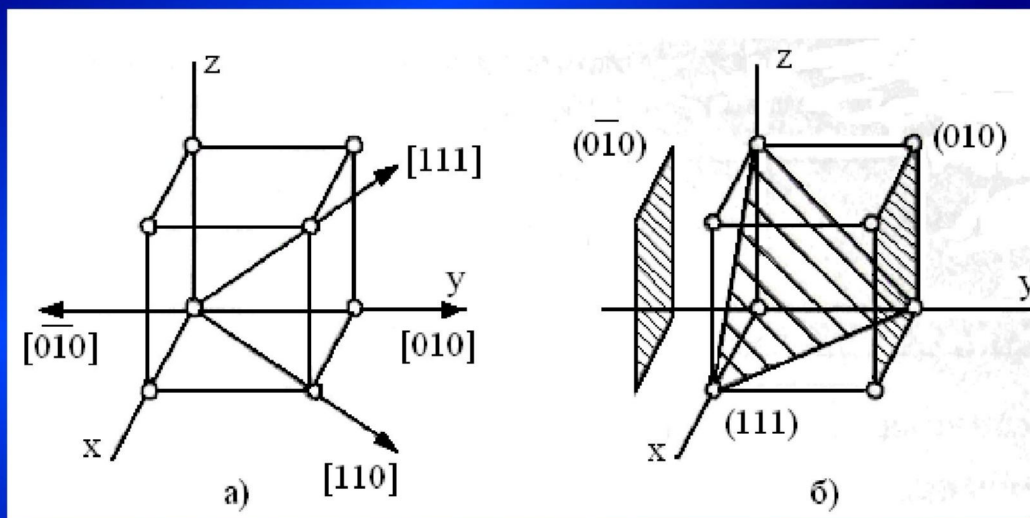


ТЕМА 1.1 Основные сведения о строении материалов и их классификация

Как известно монокристаллы анизотропны, для определения электрических, механических и других свойств необходимо указывать расположение кристаллографических плоскостей и направления в кристаллах, для этого используют индексы Миллера.

В кубических кристаллах индексы (100) относятся к плоскости параллельной осям Y и Z , индексы (010) – к плоскости, параллельной осям X и Z , а (001) – к плоскости, параллельной осям X и Y . В кристаллах с ортогональными осями эти плоскости вместе с тем перпендикулярны соответственно осям X , Y и Z .

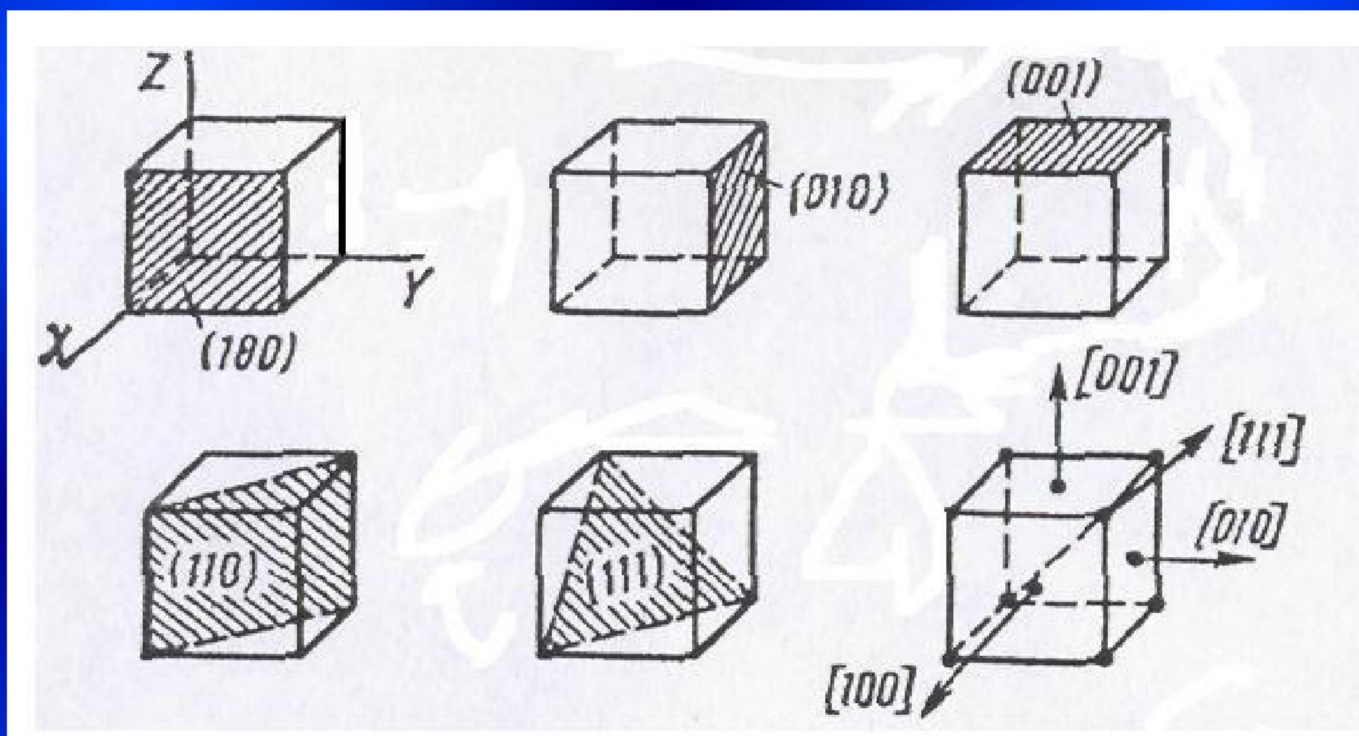
Кристаллографические
индексы
направлений (а) и
плоскостей (б)

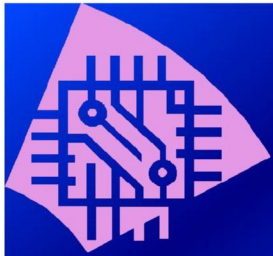




ТЕМА 1.1 Основные сведения о строении материалов и их классификация

Примеры обозначения кристаллографических плоскостей и направлений в кубических кристаллах с помощью индексов Миллера





ТЕМА 1.1 Основные сведения о строении материалов и их классификация

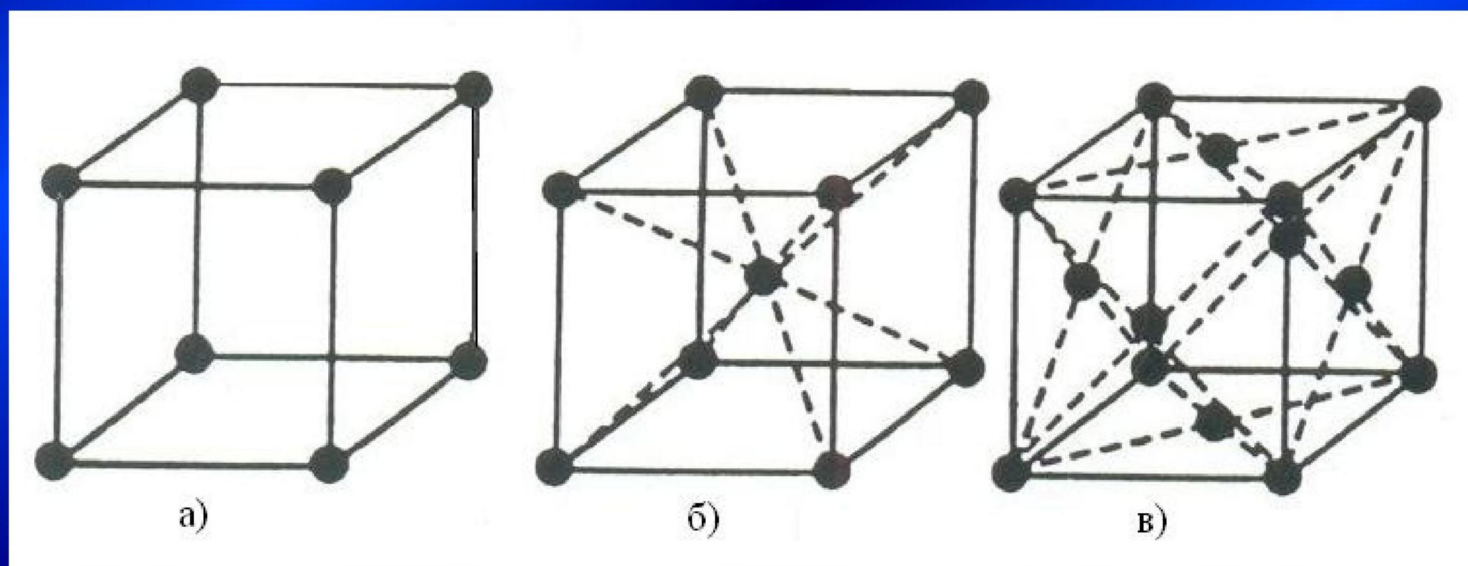
Анизотропия - это зависимость свойств кристалла от направления, возникающая в результате упорядоченного расположения атомов (ионов, молекул) в пространстве.

Анизотропия присуща многим свойствам кристаллов. Наиболее сильно она проявляется в кристаллах со структурами, обладающими малой симметрией.

Анизотропия свойств проявляется при использовании монокристаллов, полученных искусственным путем.

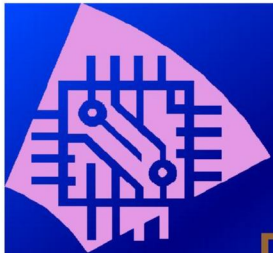


Типы элементарных ячеек кристаллических решеток



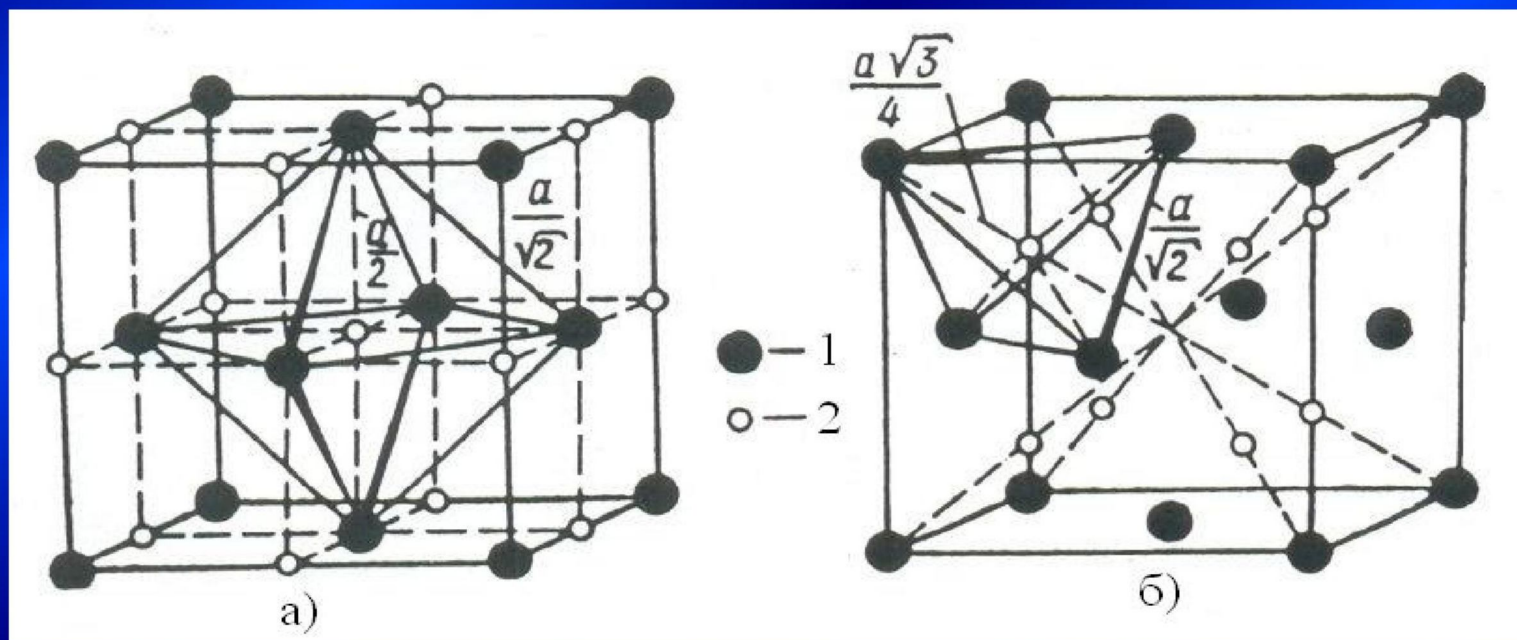
а) – простая;

б), в) – сложные.

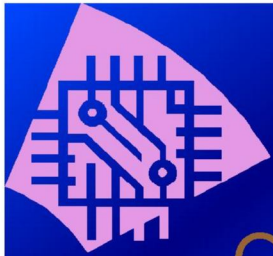


ТЕМА 1.1 Основные сведения о строении материалов и их классификация

Г. ц. к. решетка. Позиции октаэдрических (слева) и тетраэдрических (справа) пустот

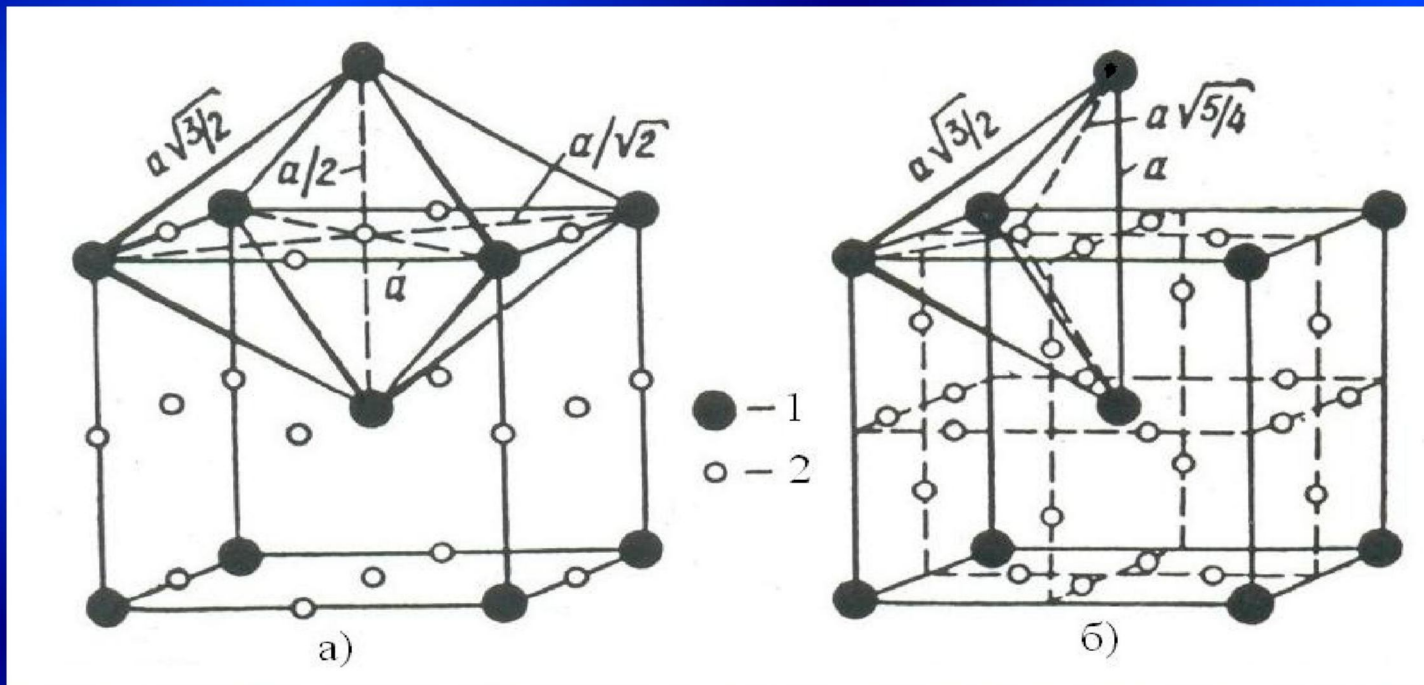


1 – атомы;
2 – пустоты.



ТЕМА 1.1 Основные сведения о строении материалов и их классификация

О. ц. к. решетка. Позиции октаэдрических (слева) и тетраэдрических (справа) пустот

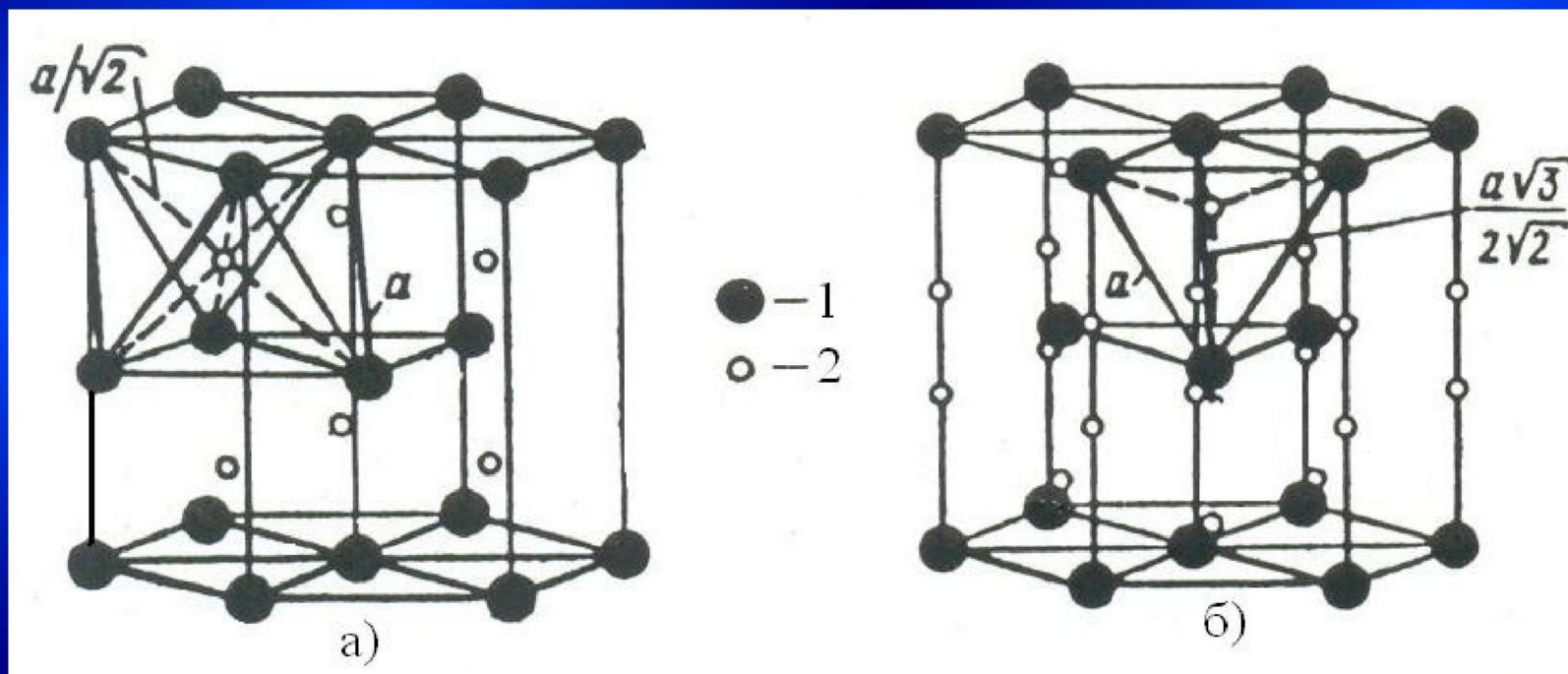


1 – атомы;
2 – пустоты.

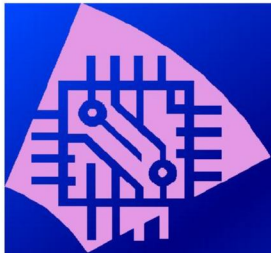


ТЕМА 1.1 Основные сведения о строении материалов и их классификация

Г. к. решетка. Позиции октаэдрических (слева) и тетраэдрических (справа) пустот



1 – атомы;
2 – пустоты.



ТЕМА 1.1 Основные сведения о строении материалов и их классификация

Структура алмаза (германия, кремния)

