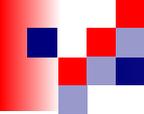


# Материаловедение

Строение и основные  
свойства металлов



# Литература:

1. Лившиц Б.Г. Металлография. М.: Metallurgy, 1971 или 1990.
2. Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов. М.: Metallurgy, 1984. 360 с. (Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева, 3-е изд., перераб. и доп. М. Машиностроение 1990)
3. Научные основы материаловедения./ Под ред. Б.Н.Арзамасова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана. 1994, 366 с.
4. Солнцев Ю.П. Материаловедение. Academia; 2007 г.; 493 стр.
5. Зарипов Н.Г. Методы металлографического анализа. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Материаловедение». Уфа, 1999.
6. Зарипов Н.Г., Зарипова Р.Г. Структура сплавов в равновесном состоянии. Методические указания к лабораторным работам по курсу "Материаловедение". Уфа, 1999.

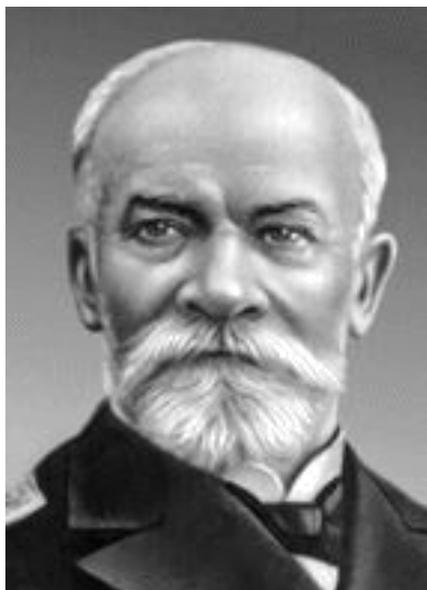


## **Павел Петрович Аносов**

П.П. Аносовым впервые было введено в практику и распространено понятие о макроструктуре как о показателе качества металла, а также обосновано выявление макроструктуры травлением и применение микроскопа для изучения макроструктуры как метода исследования.

П.П. Аносов - зачинатель производства специальных сталей - титановых, марганцевых, хромистых и других.

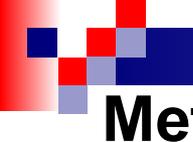
В 1837 г. из выплавленного булата Павел Петрович изготовил первый клинок. С этого времени на Златоустовской фабрике началось массовое производство булатных сабель и шашек.



## Дмитрий Константинович Чернов

[20. 10(1.11). 1839, Петербург, - 2.1.1921, Ялта], русский учёный в области металлургии, металловедения, термич. обработки металлов.

В 1866-68 в результате практич. изучения причин брака при изготовлении орудийных поковок, а также глубокого анализа работ своих предшественников П. П. Аносова, П. М. Обухова, А. С. Лаврова и Н. В. Калакуцкого по вопросам выплавки, разливки и ковки стальных слитков Чернов Д. К. **установил зависимость структуры и свойств стали от её горячей механич. и термич. обработки.** Чернов Д. К. открыл критич. температуры, при которых в стали в результате её нагревания или охлаждения в твёрдом состоянии происходят **фазовые превращения**, существенно изменяющие структуру и свойства металла.



**Металлы** – это вещества, которые имеют в твердом состоянии кристаллическую решетку и коллективизированные электроны.

Среди всех известных элементов, металлов - подавляющее большинство - 76. Такие элементы как Si, Ge, As, Se, Te относят к полупроводникам (их свойства находятся между свойствами металлов и неметаллов).

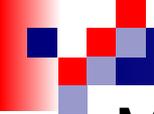
Металлы делятся на **простые** и **переходные**.

**Простые** – металлы с полностью заполненными или полностью незаполненными электронами d- и f-оболочки.

Пример.

**Переходные** – металлы, где электронные уровни заполнены непоследовательно.

Пример.



Металлы обладают рядом характерных свойств:

- высокой тепло- и электропроводностью;
- положительным температурным коэффициентом электро-сопротивления;
- термоэлектронной эмиссией;
- хорошей отражательной способностью;
- повышенной способностью к пластической деформации.

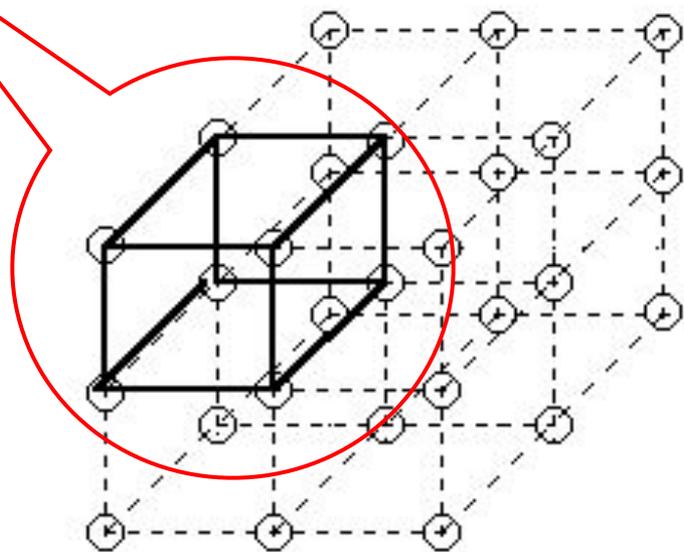
Атомы металла легко расстаются со своими валентными электронами. Ионизационный потенциал у металлов низок (4...9 эв), у неметаллов - более высокий (10 эв и выше). Ионизационный потенциал полупроводников C, Si, Ge, As, Se, Te,  $\alpha$ -Sn занимает промежуточные значения (8...10 эв).



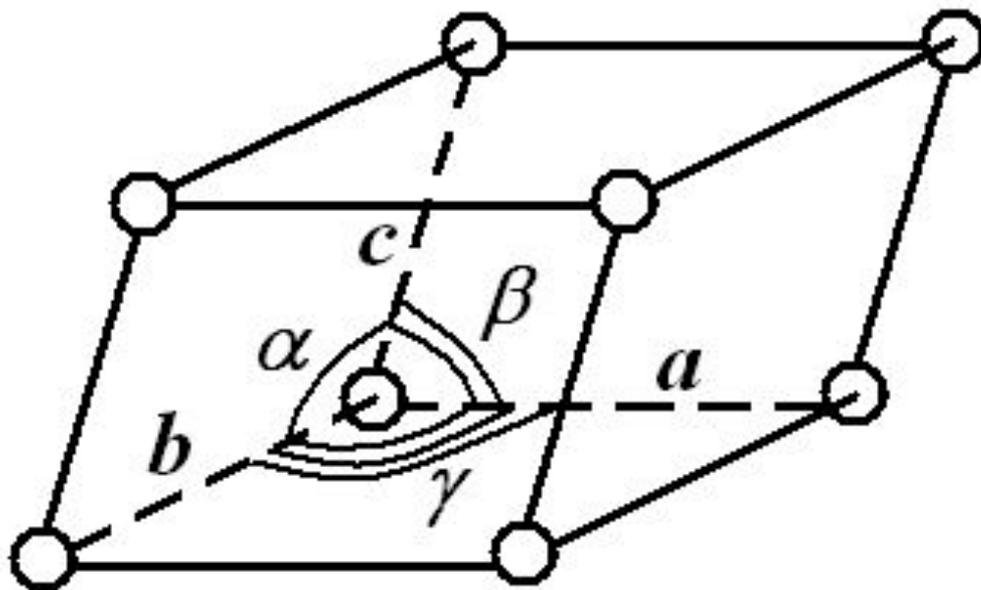
Металл можно рассматривать как коллектив положительных ионов, находящихся в среде свободных электронов. Взаимодействие между положительными ионами и коллективизированными электронами – основа *металлической связи*. Она не имеет направленного характера. Ионы сохраняют постоянное положение и образуют пространственную решетку кристалла. Электроны металла не фиксированы в определенных местах. Они заполняют все промежутки между ионами.

Сила связи в металлах определяется соотношением между силами отталкивания и силами притяжения между ионами и электронами. Атомы (ионы) располагаются на таком расстоянии друг от друга, чтобы энергия взаимодействия была минимальной.

Кристаллическая решетка представляет собой воображаемую пространственную сетку, в узлах которой располагаются атомы (ионы), образующие твердое кристаллическое тело. Наименьший объем кристалла, дающий представление об атомной структуре металла во всем объеме называется *элементарной кристаллической решеткой*.



Кристаллические пространственные решетки делят на 7 систем - *сингоний*, исходя из соотношения между осевыми единицами и углами. Стороны параллелепипеда обозначаются через вектора  $a$ ,  $b$  и  $c$ , которые называются *параметрами кристаллической решетки*, и углы  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$ . В результате получают 14 типов кристаллических решеток, которые называются решетками Браве.



Сингония	Соотн. м/у осями	Углы между осями	Возможные типы кристалл. решеток
Кубическая	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Примитивн., ОЦК, ГЦК
Гексагональная	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = 90^\circ$ $\gamma = 120^\circ$	Примитивная
Тетрагональная	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Примитивная и ОЦК
Ромбоэдрическая	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$	Примитивная
Ромбическая	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Примитивная, базоцентрированная, ОЦК и ГЦК
Моноклинная	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \gamma = 90^\circ$ $\beta \neq 90^\circ$	Примитивная, базоцентрированная
Триклинная	$a \neq b \neq c$	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$	Примитивная

Металлы образуют кристаллические решетки:  
кубическую объемноцентрированную (ОЦК),  
кубическую гранецентрированную (ГЦК),  
гексагональную (ГП).

Плотность кристаллической решетки характеризуется **координационным числом**, т.е. числом ближайших соседних атомов, окружающих данный атом. Чем выше к. ч. - тем больше плотность упаковки атомов.

В ОЦК решетке - наименьшее расстояние  $d = 0,5a\sqrt{3}$ .  
На этом расстоянии находятся 8 атомов.  $K = 8$ .  
Коэффициент заполнения - **0,68**.

В ГЦК решетке - наименьшее расстояние  $d = 0,5a\sqrt{2}$ .  
 $K = 12$ . Коэффициент заполнения - **0,74**.

В ГП решетке - наибольшая плотность атомов при  $c/a=1,633$ .  $K = 12$ . Коэффициент заполнения - **0,74**.



Для обозначения плоскостей пространственной решетки кристалла используют **индексы Миллера**.

Порядок определения индексов для данной плоскости:

1. Найти точки пересечения данной плоскости со всеми тремя осями координат в кристалле.
2. Взять обратную величину от найденных чисел.
3. Привести индексы к наименьшим целочисленным значениям, сохраняя при этом их соотношение.
4. Заключить индексы в круглые скобки (hkl).

Для обозначения плоскостей ГП решетки пользуются **индексами Миллера-Браве** (hkil), где  $i = -(h+k)$ .

Кристаллографические направления обозначаются индексами  $[u \ v \ w]$ , где  $u \ v \ w$  - простые числа, пропорциональны координатам выбранного узла вдоль осей  $X \ Y \ Z$ , который лежит на прямой, проходящей через начало координат, выраженных в осевых единицах. Примеры.



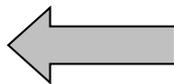
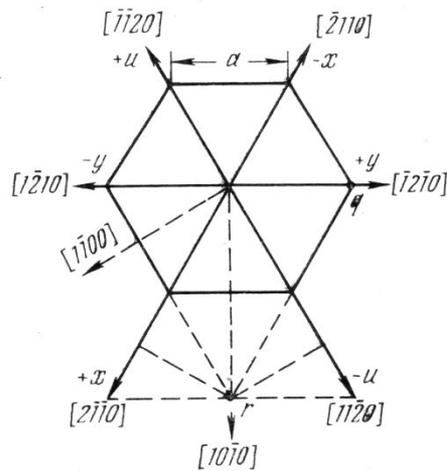
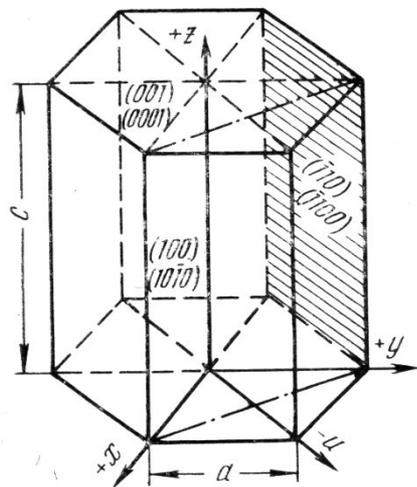
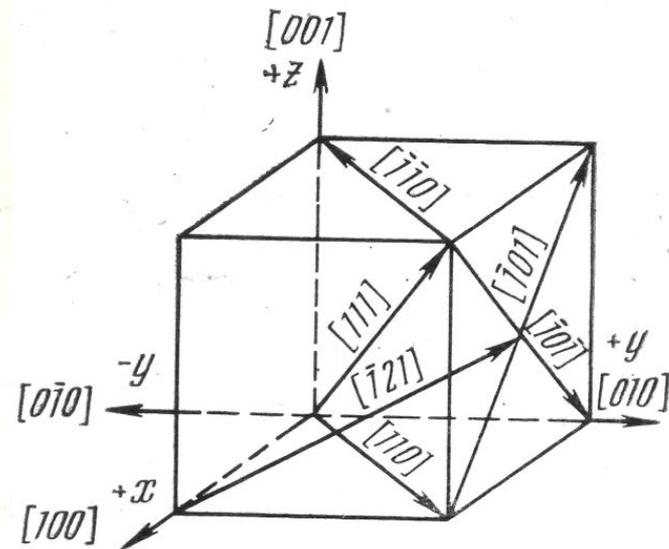
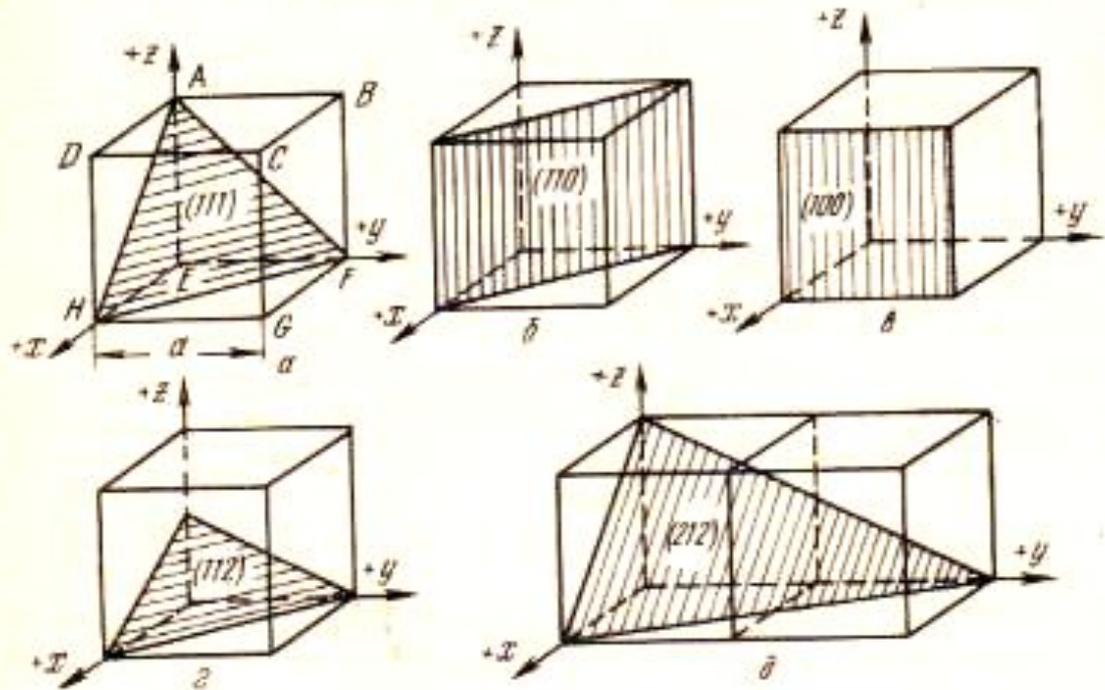
Наиболее плотноупакованными плоскостями для ОЦК решетки является (110), для ГЦК (111) и для ГП решетки (0001). Вследствие неодинаковой плотности атомов в различных плоскостях многие физические и механические свойства зависят от направления вырезки образцов. Подобная неодинаковость свойств по различным кристаллографическим направлениям называется **анизотропией**.

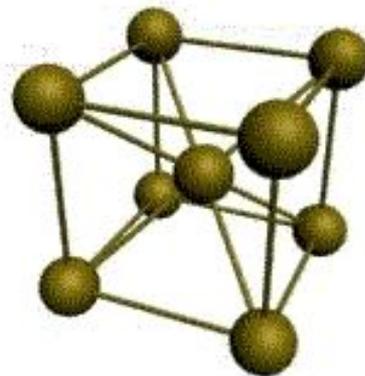
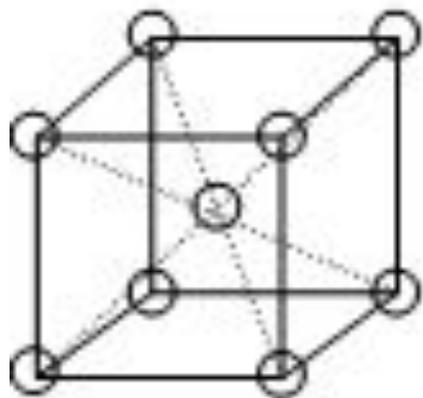
**Пример.** Для монокристалла чистой Си (ГЦК) предел прочности в направлении [100] составляет  $146 \text{ МН/м}^2$ , а в направлении [110] -  $350 \text{ МН/м}^2$ .

Преимущественная ориентировка кристаллографических плоскостей относительно какого-либо направления называется **текстурой**.

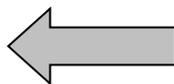


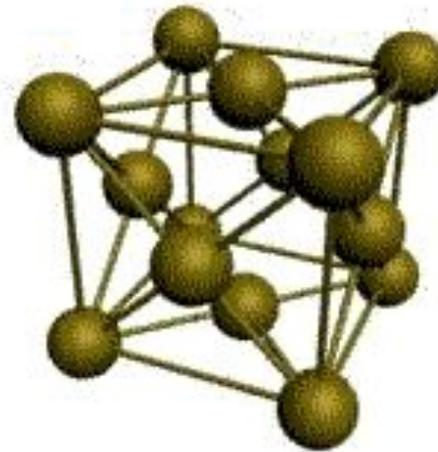
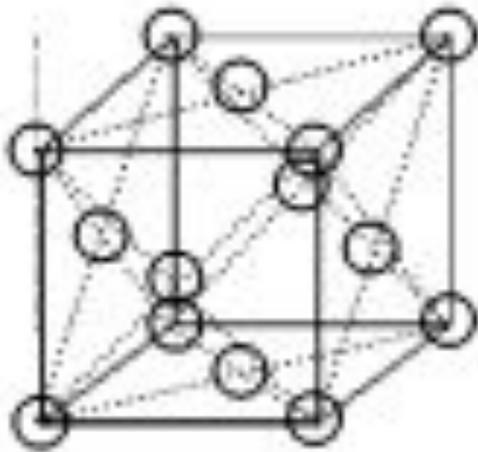
**Конец лекции**



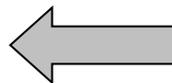


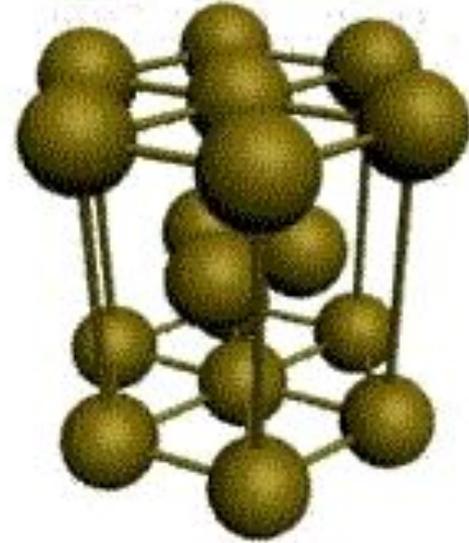
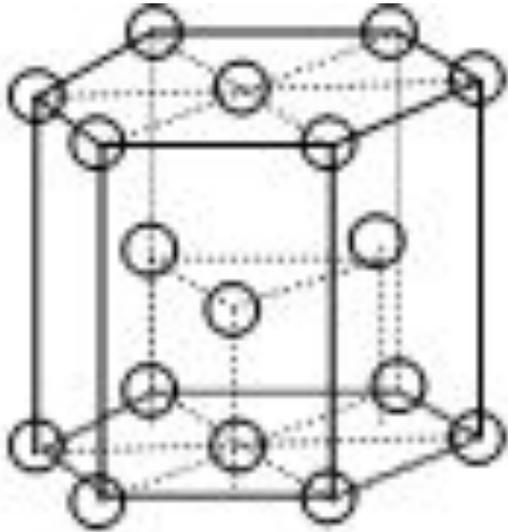
ОЦК металлы - W, Mo, Cr, V, Ka, Na, Li,  $\beta$ -Ti,  $\alpha$ -Fe, Ta и др.





ГЦК металлы - Al, Cu, Ni, Ag, Au, Pb,  $\gamma$ -Fe, Pd, Ir, Ce и др.





ГП металлы - Mg, Zn,  $\alpha$ -Ti, Cd, Be,  $\alpha$ -Zr, Os и др.

