

Направление подготовки бакалавров
«Химическая технология»

Материаловедение и технология конструкционных материалов



Лихачев Владислав Александрович, к.х.н.,
доцент
8 -922-913-36-20



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Материаловедение и технология конструкционных материалов

- 16 лекций (32 час)
- 8 практических занятий (16 час)
- 4 лабораторные работы по 4 часа. (16 час)
- Презентация по разделу курса.
- Допуск к экзамену при выполнении всех практических занятий, лабораторных работ и предоставлении презентации.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Рейтинговая оценка знаний

Оценка результатов обучения: 90-100 баллов - 5
75 – 90 балла – 4; 65 – 74 балла - 3

Деятельность	Оценка в баллах	Весовой коэффициент	Максимальное число баллов
Посещение лекций	50% - «3» 75%- «4» 100%-«5»	*3	15
Выполнение практических занятий	«3» «4» «5»	*4	20
Лабораторные занятия		*3	15
Защита презентаций		*3	15
Финишная контрольная работа		*1	5
Экзамен		*6	30
Итого:			100



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Перечень практических занятий

№	Тема	ФОС
1	Стали. Классификация сталей.	10 вариантов
2	Классификация сталей .	10 вариантов
3	Алюминий и его сплавы классификация	10
4	Медь и ее сплавы. Чугуны. Классификация	10
5	Контрольная работа №1 по электронному строению металлов и диаграммам состояния.	10
6	Контрольная работа №2 по механическим характеристикам, диаграмма ТТТ, термическая и химико-термическая обработка	3 варианта по 10 вопросов
7	Тестирование по материаловедению. Интернет экзамен (вопросы-ответы)	3 варианта по 7 вопросов
8	Индивидуальные презентации по разделам курса	10 тем презентаций
9	Финишная контрольная работа	10 вариантов по 10 вопросов
	Итого	18 час



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Литература

Основная литература

- Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И. Материаловедение. Учебник для вузов. – С.П.: Химиздат, 2004, 735 с.
- Пейсахов А.М. Кучер А.М. Материаловедение и технология конструкционных материалов. СПб.: Изд-во Михайлова, 2003, 2004 г

Методическая литература

- Лихачев В.А. Материаловедение и технология конструкционных материалов/ В.А.Лихачев . Учебное пособие. –Киров: Изд-во ГОУ ВПО «ВятГУ», 2010. – 64с.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Конструкционные материалы в истории человечества.

- 1. Камень, дерево, кость.**
- 2. Керамические материалы: глина (посуда), кирпич (стройматериал), фарфор (посуда, но значительно позднее)**
- 3. Металлы.**
- 4. Резины**
- 5. Пластмассы,**
- 6. Композиционные материалы**



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Современные конструкционные материалы

На сегодняшний день широко применяются следующие основные виды конструкционных материалов:

- **Металлы и сплавы;**
- **Полимерные материалы (пластмассы, эластомеры);**
- **Бетон, железобетон;**
- **Дерево;**
- **Керамические материалы;**
- **Композиционные материалы;**
- **Углеродные материалы.**



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Применение металлов

7 -6 тыс. лет до н.э	5-4 тыс. лет до н.э	3-2 тыс. лет до н.э	2-1 тыс. лет до н.э
Самородные Au, Ag, Cu	Выплавка руд Cu, Sn, Pb	Применение бронзы Cu - Sn	Применение сплавов железа
Украшения	Медный век. Оружие, орудия труда	Бронзовый век, Оружие, орудия труда	Железный век Оружие, орудия труда



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Применение металлов

Европа

Au	Ag	Cu	Sn	Fe	Zn	Al	Mg
4000	4000	4000	2000	1000	1500	1850	1850
До н. э.	Н.э.	Н.э.	Н.э.				



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Применение железа

Египет	Ближний восток	Европа
3,5 – 3 тыс. лет до н.э	2400 лет до н.э	1000 лет до н.э.

- Вначале метеоритное железо
- Затем получение в ямах
- Получение в печах



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Классификация металлов

Из всех известных видов конструкционных материалов металлы продолжают оставаться самыми распространёнными и по сей день.

- I. **Черные (железо и его сплавы: сталь, чугун);**
- II. **Цветные:**
 - **Лёгкие (плотность до 5 г/см^3) – алюминий Al,**
 - **Титан Ti;**
 - **Тяжелые (плотность свыше 10 г/см^3) -**
свинец Pb, вольфрам W;
 - **Легкоплавкие - олово Sn, цинк**
 - **Тугоплавкие – молибден Mo, вольфрам W;**
 - **Благородные– платина Pt, золото Au, серебро**
 - **Электропроводные– медь Cu, алюминий Al.**



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Основные свойства металлов

Металлы как вид конструкционных материалов имеют следующие общие свойства:

- **Высокая прочность;**
- **Высокие тепло- и электропроводность;**
- **Высокая температурная**
- **устойчивость к различным видам обработки;**
- **Красивый внешний вид, хорошая отражательная способность;**
- **Имеют кристаллическое строение в твёрдом состоянии;**
- **Не сжимаются при наложении любой нагрузки.**

Все эти свойства определяются атомно-кристаллическим строением металла



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

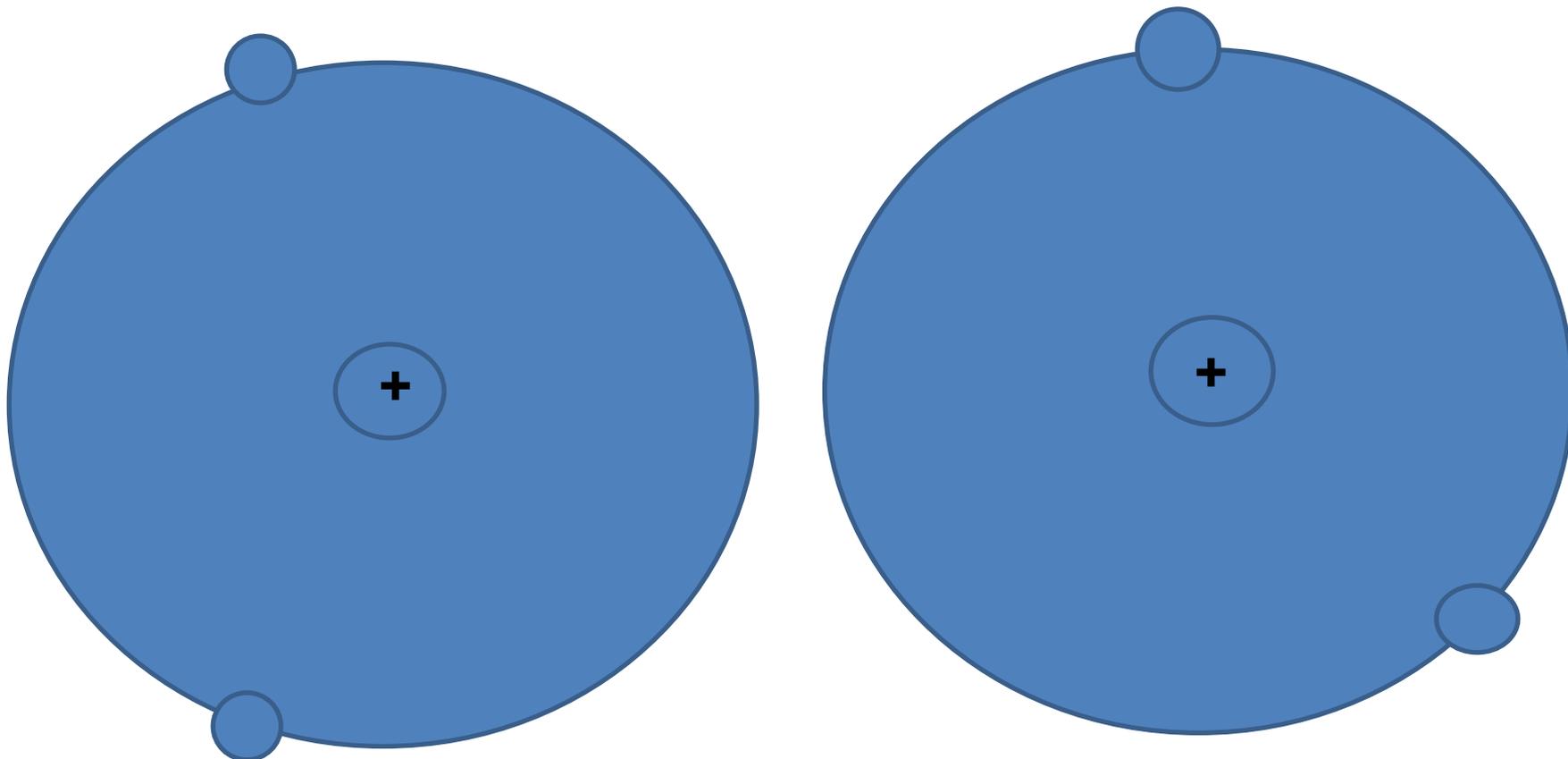
Атомно-кристаллическое строение металлов

- Все металлы за исключением ртути при обычных условиях находятся в **твердом состоянии**, т.е. атомы металлов взаимодействуют между собой, образуя твердую фазу.
- Возникает вопрос, что это за взаимодействие?
- Если вспомнить атомное строение любого металла, то мы можем отметить, что у всех металлов на последней электронной орбитали находятся от 1 до 3 электронов.
- И это сразу определяет склонность металлов к **коррозии**, главному недостатку большинства технических металлов.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Атомное строение металлов

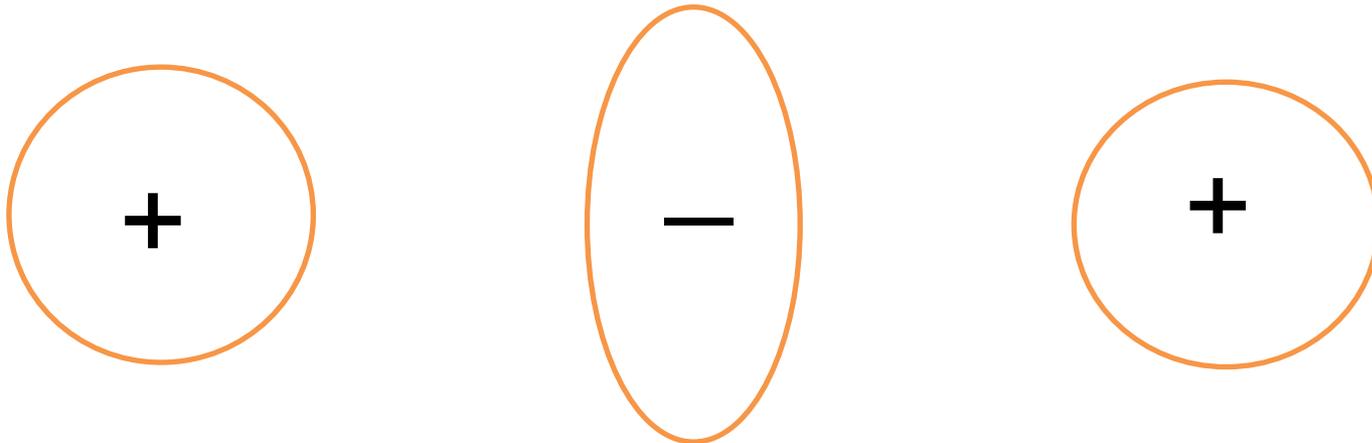


На большом расстоянии друг от друга атомы металла не взаимодействуют друг с другом



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Взаимодействие двух атомов металла при их сближении



При сближении атомов металлов начинается взаимодействие: положительно заряженные ядра атомов притягивают электронную оболочку другого атома и между двумя ядрами образуется более плотное отрицательно заряженное электронное облако. Атомы начинают притягиваться.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Взаимодействие двух атомов металла при их сближении

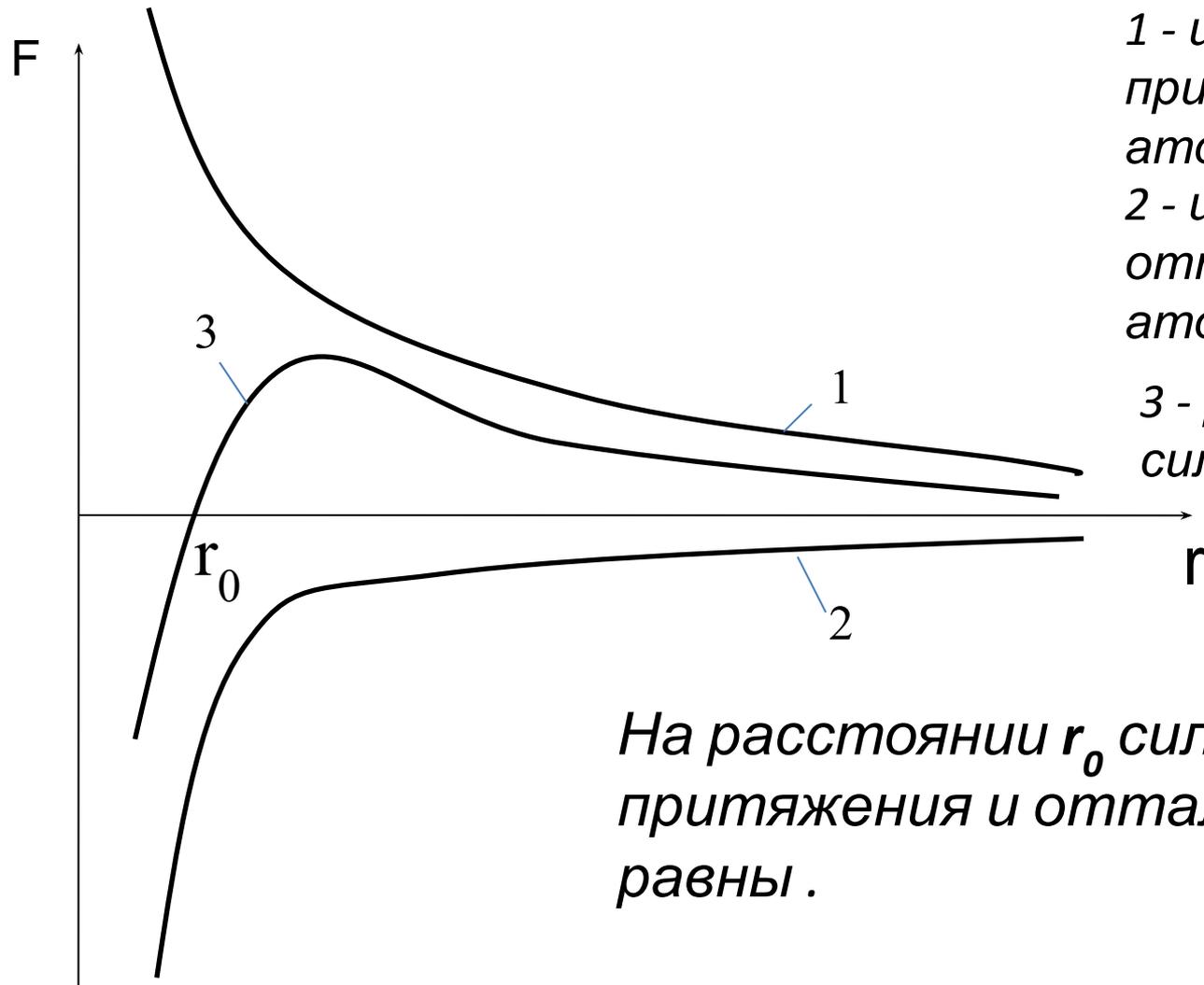
- Однако, при слишком близком сближении атомов металла начинают резко нарастать сила отталкивания между положительно заряженными **ядрами** атомов.
- Т.е на сближающиеся атомы металла начинают одновременно действовать две силы: **притяжения и отталкивания**.
- Если построить зависимость изменения сил притяжения и отталкивания от расстояния между атомами, то она графически будет выглядеть следующим образом:



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Изменение сил притяжения и отталкивания при изменении расстояния между атомами

1 - изменение сил притяжения между атомами металла;
2 - изменение сил отталкивания между атомами металла;
3 - результирующая сила.



На расстоянии r_0 силы притяжения и отталкивания равны .



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Решетка в твердом кристаллическом металле

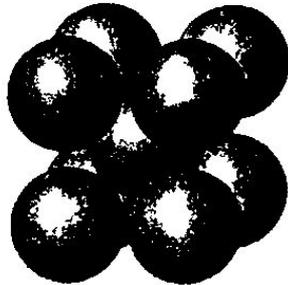
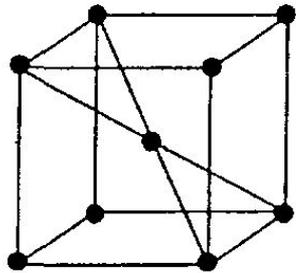
- Таким образом в твердом металле все атомы располагаются на наиболее удобном расстоянии r_0 .
- Если центры всех атомов в кристаллическом металле соединить линиями, то мы получим **решетку** металла.
- Минимальный объем металла, перемещением которого в пространстве может быть получена вся решетка называется **элементарной ячейкой**.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Существует три основных типа элементарных ячеек в

пллах:

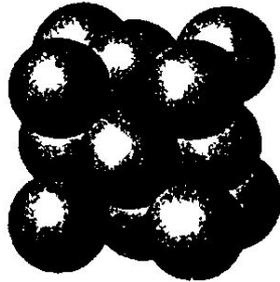
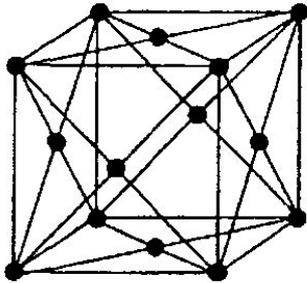


ОЦК – объёмноцентрированная
кубическая

$$n_{\text{ат}} = 2$$

$$K = 8$$

$$K_{\text{зап}} = 68\%$$

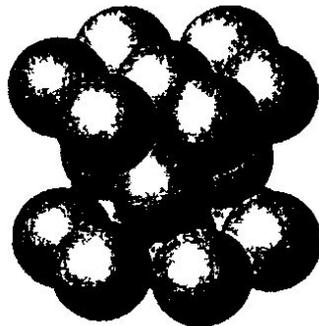
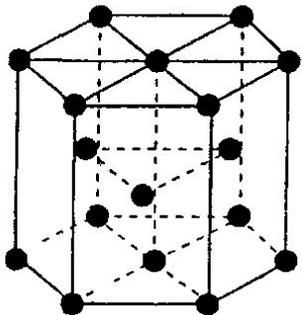


ГЦК – гранецентрированная кубическая

$$n_{\text{ат}} = 4$$

$$K = 12$$

$$K_{\text{зап}} = 74\%$$



ГП У – гексагональная плотноупакованная

$$n_{\text{ат}} = 6$$

$$K = 12$$

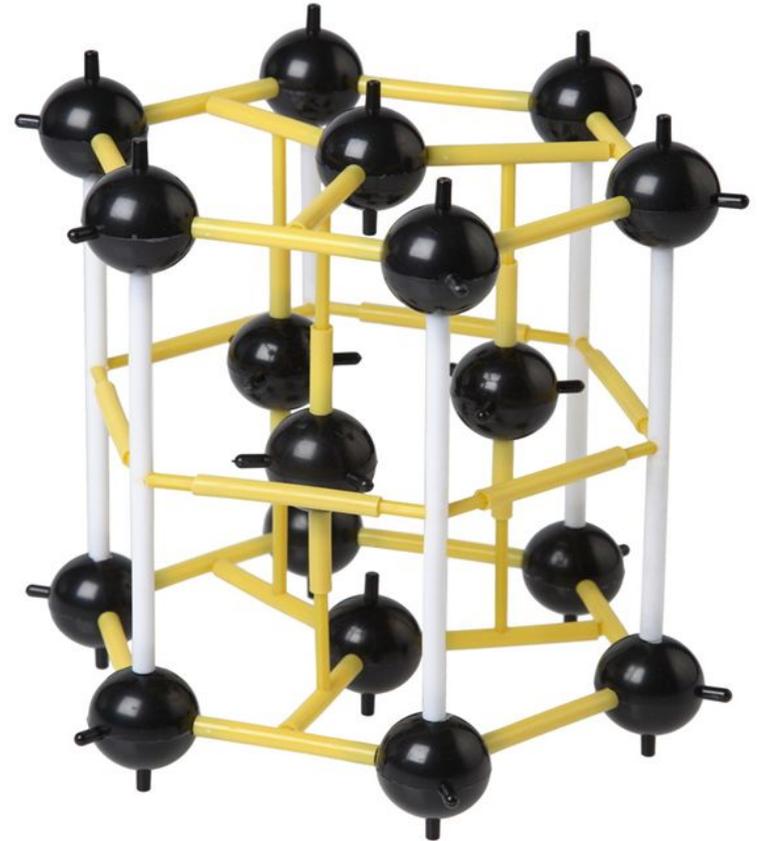
$$K_{\text{зап}} = 74\%$$



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Решетка ГПУ

- Еще одно изображение Гексагональной плотно-упакованной решетки (ГПУ)





ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Характеристики элементарных ячеек

1. Расстояние между центрами атомов (зависит от диаметра атомов);

ОЦК, и ГЦК - один размер, **a** ;

ГПУ – два размера, **a** и **c**

2. Количество атомов, принадлежащих данной ячейке, $n_{\text{ат}}$:

ОЦК – 2 атома

ГЦК – 4 атома

ГПУ – 6 атомов



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Характеристики элементарных ячеек

3. Координационное число ячейки, K – количество атомов ближайшего окружения:

ОЦК – 8 атомов

ГЦК – 12 атомов

ГПУ – 12 атомов

4. Коэффициент заполнения, $K_{\text{зап}} = V_{\text{ат}} / V_{\text{яч}}$

ОЦК – 0,68 (68%)

ГЦК – 0,74 (74%)

ГПУ – 0,74 (74%)

5. Количество и размер пор.

В любой решетке есть два вида пор: тетраэдрические (окружены 4 атомами) октаэдрические (окружены 6 атомами)

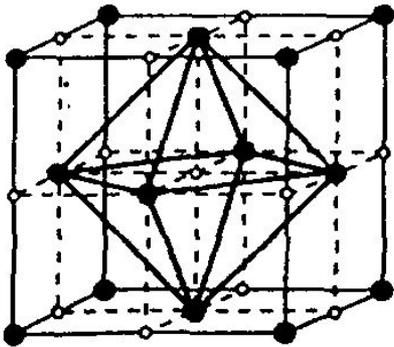
Самые большие октаэдрические поры в ячейке ГЦК



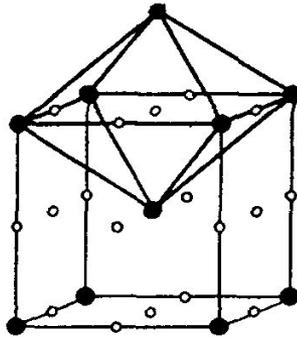
ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Типы пор в элементарных ячейках:

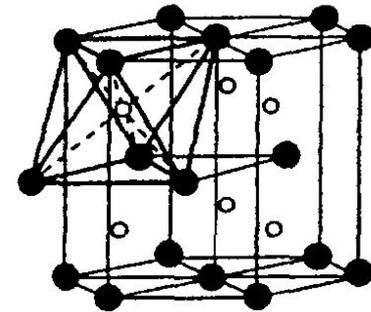
Октаэдрические:



ГЦ
К

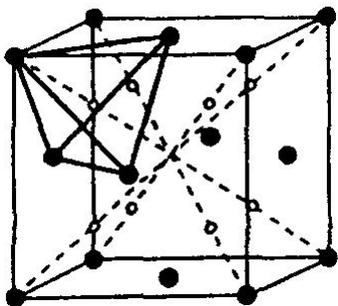


ОЦК

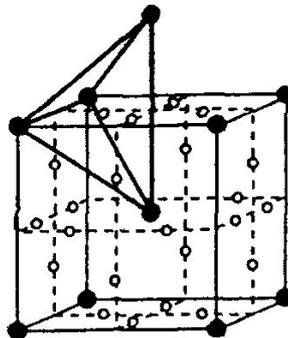


ГПУ

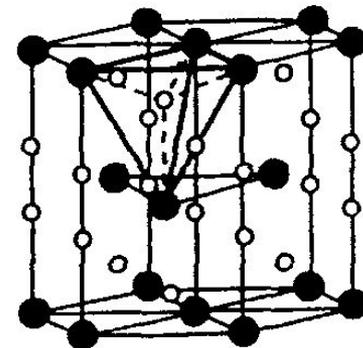
Тетраэдрические:



ГЦ
К



ОЦК



ГПУ



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Металлическая связь и свойства металлов

Связь между атомами металла в кристаллографической решетке называется **металлической** связью.

Металлическая связь в кристалле твердого металла имеет электростатическую природу и определяет важнейшие свойства металла:

- Высокую прочность;
- Не сжимаемость;
- Высокую электро- и теплопроводность;
- Легкую деформацию, способность к обработке давлением;
- Способность свариваться и паяться;
- Способность образовывать сплавы.



Типы решеток в металлах

Тип решетки	Металл
ГЦК	Ag, Au, Pt, Cu, Al, Pb, Ni
ОЦК	Na, K, V, Nb, Cr, Mo, W
ГПУ	Be, Mg, Zn, Cd

Некоторые металлы при разных температурах могут иметь различную кристаллическую решётку. Способность металла существовать в различных кристаллических формах – **аллотропия (полиморфизм)**. Принято обозначать полиморфную модификацию, устойчивую при более низкой температуре, индексом α , при более высокой β , затем γ и δ . Температура превращения одной кристаллической модификации в другую называется **температурой полиморфного превращения**.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

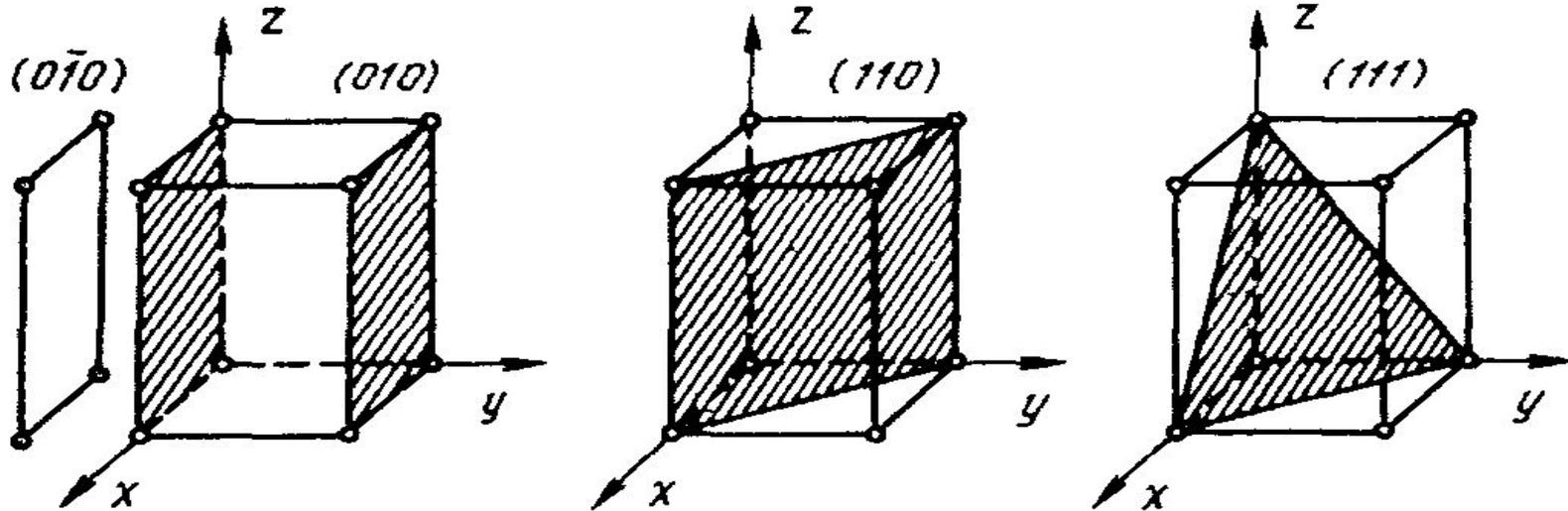
Металлы с полиморфным превращением.

Металл	Тип решётки	Аллотропическая форма	Интервал температур существования, °С
Fe	ОЦК	α, β	До 911
	ГЦК	γ	911-1392
	ОЦК	δ	1392-1536
Co	ГПУ	α	До 477
	ГЦК	β	477-1430
Sn	Алмазная	α	До 13
	Тетрагональная объемно- центрированная	β	13-232
Ti	ГПУ	α	До 882
	ОЦК	β	882-1668



РАС

Плоскости в монокристалле



- Решетка **идеального** металла может быть разрезана по разным плоскостям.
- В этом случае сразу можно увидеть, что каждая плоскость имеет свою плотность упаковки атомов.
- Следовательно каждая плоскость будет иметь характерные именно для нее свойства, например, твердость.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Плоскости в идеальном металле

- Поэтому возникает задача указать по какой плоскости разрезан монокристалл, т.е. присвоить плоскости имя.
- На рисунке представлен ряд плоскостей в одной простой кубической решетке и их обозначение. Плоскость (010) расположена параллельно осям X и Z элементарной ячейки. Плоскость (110) пересекает оси X , Y на одинаковом расстоянии и параллельна оси Z . Плоскость (111) пересекает все оси на одинаковом расстоянии от начала координат.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

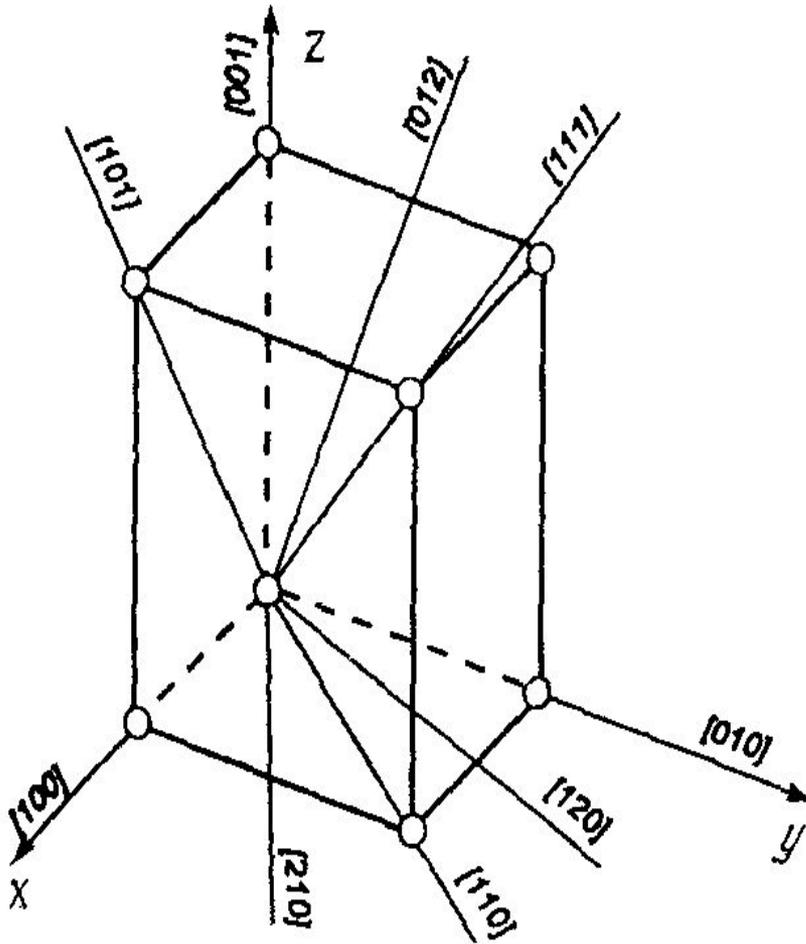
Обозначение плоскостей в кристалле

В кристаллографии положение атомных плоскостей в кристалле определяется отрезками, отсекаемыми этими плоскостями при их пересечении с осями координат X , Y , Z . Эти отрезки обозначаются целыми цифрами и заключаются в **круглые** скобки. Эти целые числа называются **индексами плоскости**.



Направления в кристалле и их обозначение

Если в кристалле металла рассмотреть разные направления, то увидим, что плотность расположения в них атомов неодинакова, а, сл-но, и свойства (например прочность) в разных направлениях будут не одинаковы. Поэтому возникает необходимость в обозначении направления. Направление обозначается **тремя целыми числами**, являющимися координатами первого узла ячейки, пересечаемого этим направлением.





ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Анизотропность идеального металла

- Направление обозначается тремя цифрами заключенными в **квадратные** скобки. Например, направление **[111]**. Это обозначение называется **индексом направления**.
- Таким образом, идеальный металл (монокристалл) по плоскостям и направлениям будет иметь разные свойства.
- Т.е. монокристалл металла по своим свойствам **анизотропен**.