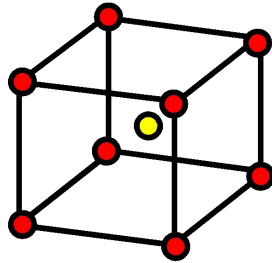
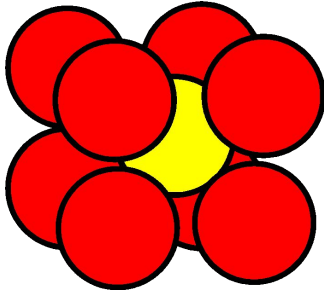


Кристаллическая структура

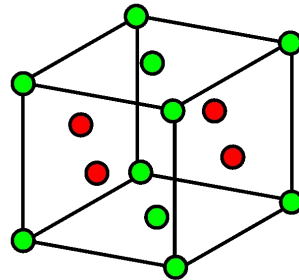
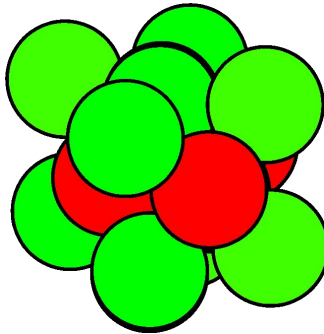
План семинара:

- Основные кристаллические структуры материалов
- Основные характеристики и типы кристаллических решеток
- Направления и плоскости в решетке
- Плотнупакованные направления и плоскости
- Кристаллические структуры сплавов с памятью формы

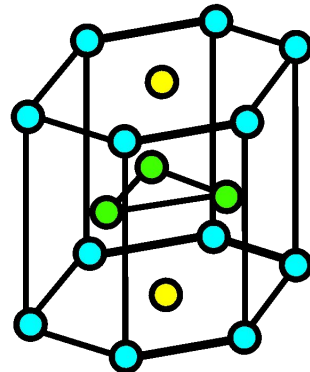
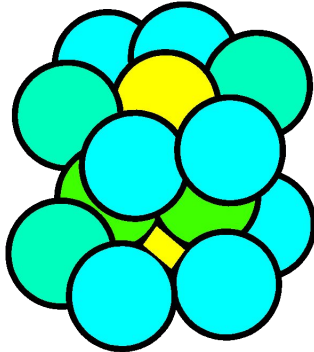
Основные кристаллические структуры металлов



ОЦК – Объемноцентрированная
кубическая
Body-Centered Cubic (BCC)

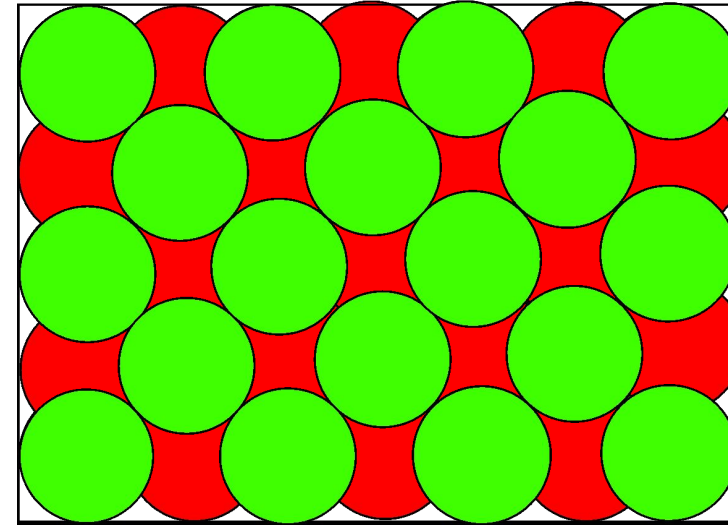
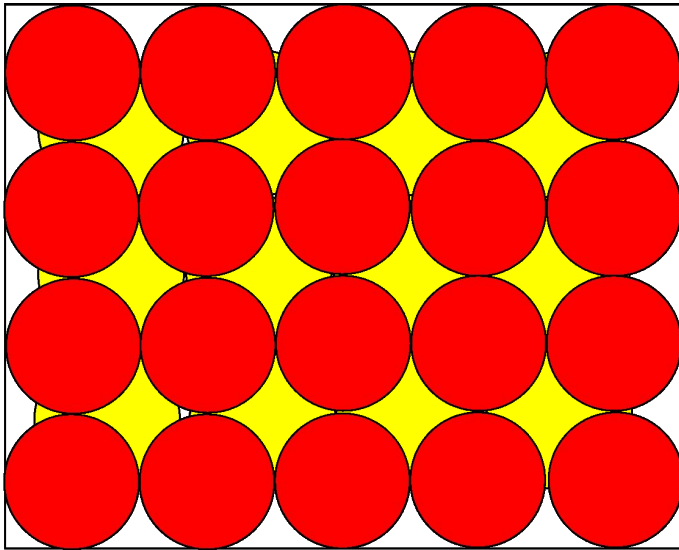


ГЦК – Гранецентрированная
кубическая
Face-Centered Cubic (FCC)

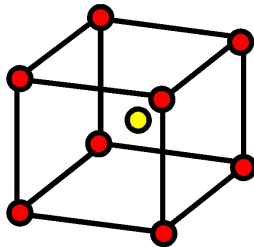
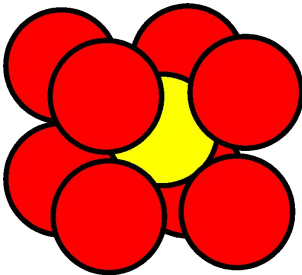


ГПУ – Гексагональная
плотноупакованная
Hexagonal Close-Packed (HCP)

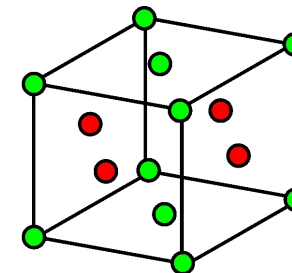
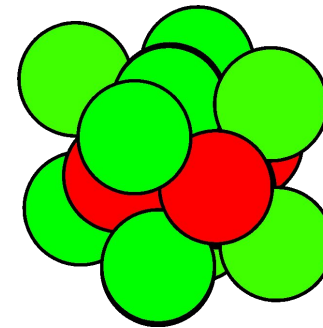
Положения атомов в кристаллах



Ba, Cr, Cs,
Fe, K, Li,
Mo, Na,
Nb, Rb,
Ta, V, W



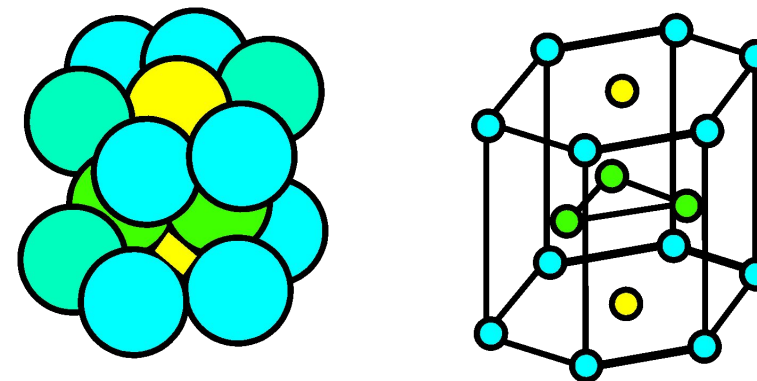
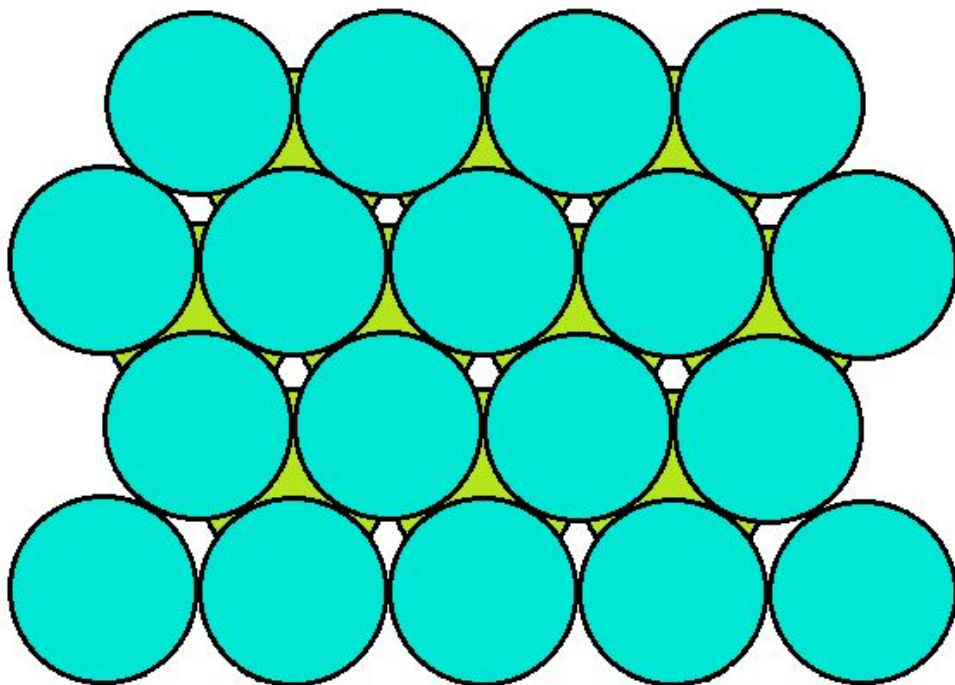
ОЦК – Объемноцентрированная
кубическая решетка
Body-Centered Cubic (BCC)



ГЦК – гранецентрированная
кубическая решетка
Face-Centered Cubic (FCC)

Ag, Al, Ar,
Au, Ca,
Cu, Ir, Kr,
Ne, Ni, Pb,
Pd, Pt, Rh,
Sr, Th

Положения атомов в кристаллах

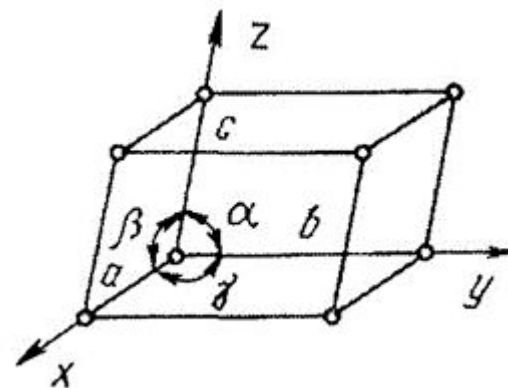


ГПУ — Гексагональная
плотноупакованная
Hexagonal Close-Packed (HCP)

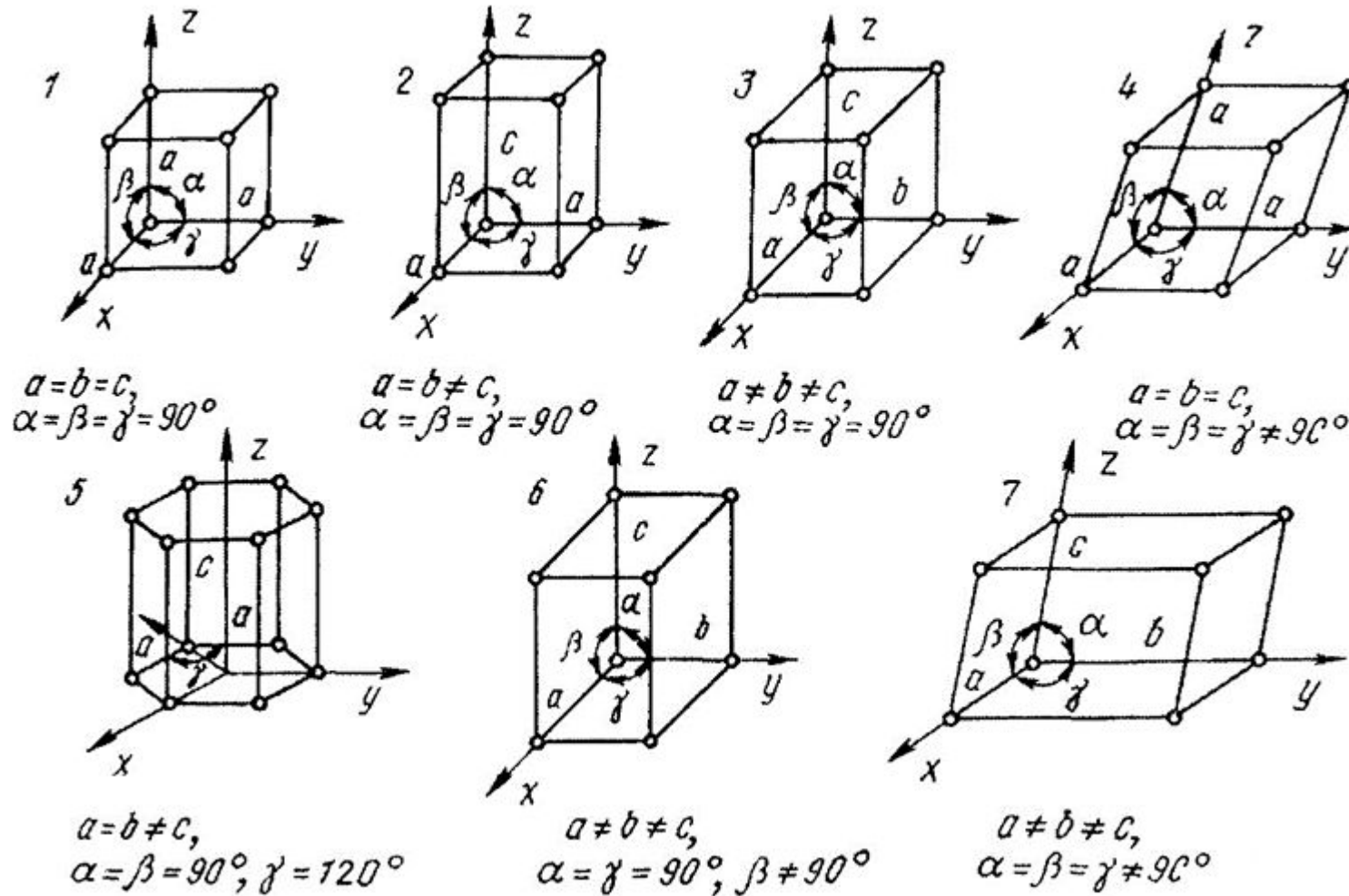
Be, Cd, Co, Hf, Mg, Os, Re,
Ru, Sc, Ti, Tl, Y, Zn, Zr

Основные характеристики кристаллической решетки

- Параметры решетки:
длины ребер a , b , c ;
углы между ребрами α , β , γ ;
- Координационное число — число атомов, находящихся на наиболее близком и равном расстоянии от данного
- Количество атомов на одну элементарную ячейку
- Направления и плоскости:
Индексы Миллера

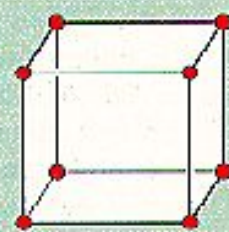


Основные типы кристаллических решеток

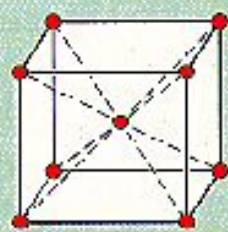


1. Кубическая
2. Тетрагональная
3. Орторомбическая
4. Тригональная (ромбоэдрическая)
5. Гексагональная
6. Моноклинная
7. Триклинная

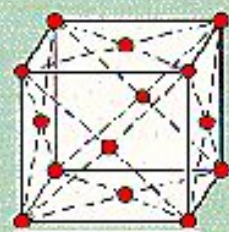
Cubic



simple

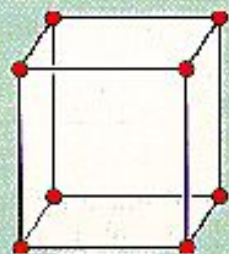


body-centered

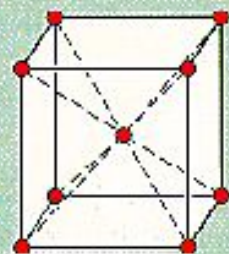


face-centered

Tetragonal

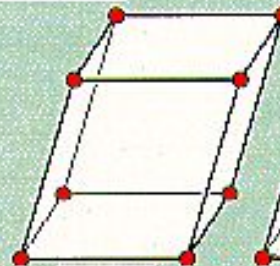


simple

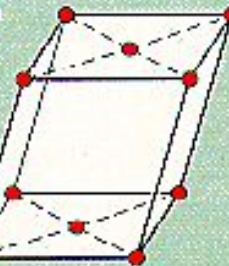


body-centered

Monoclinic

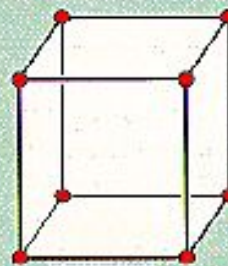


simple

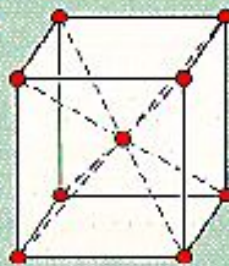


end-centered

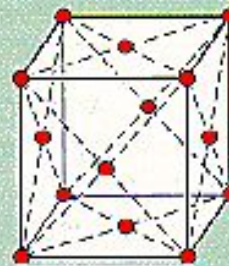
Orthorhombic



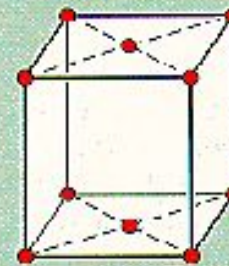
simple



body-centered

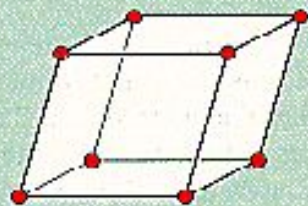


face centered

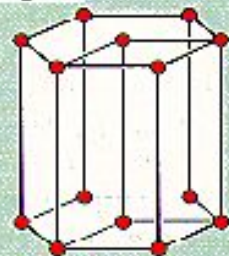


end-centered

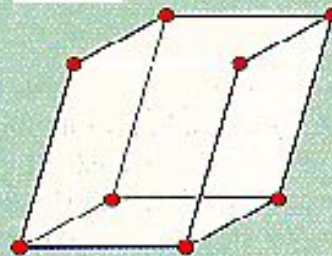
Rhombohedral



Hexagonal

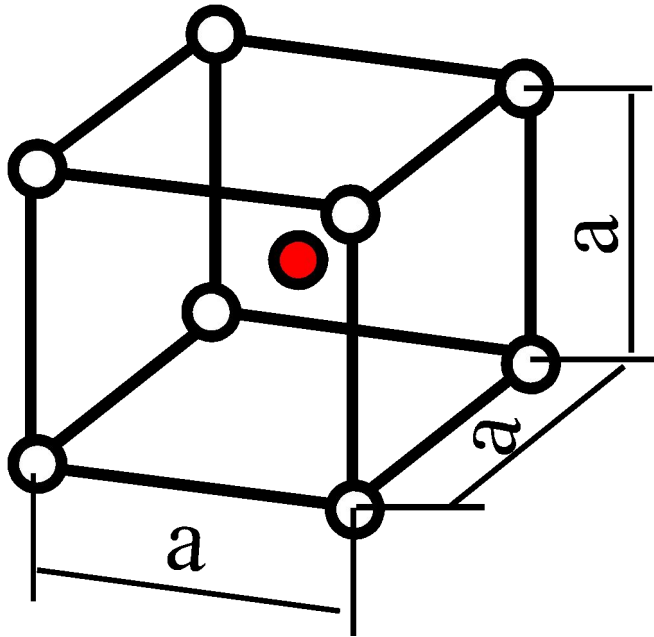


Triclinic

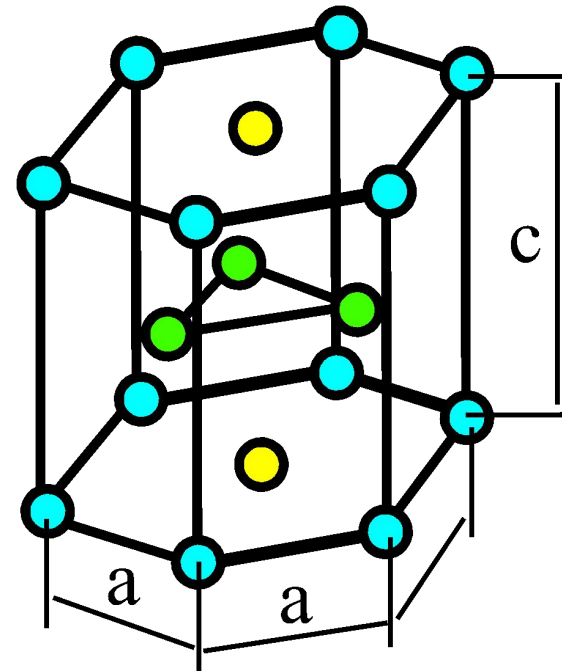


Параметры решетки

Кубическая, ОЦК, ГЦК

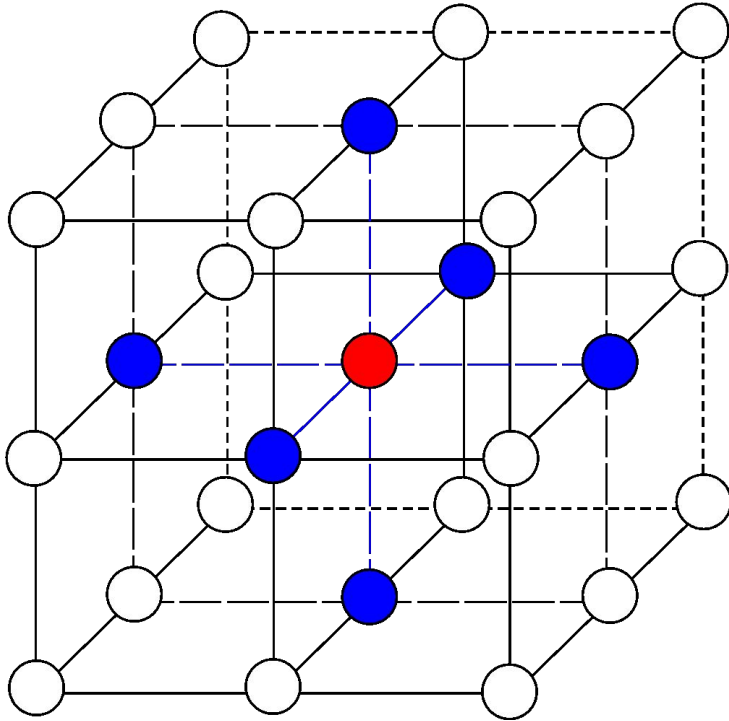


Тетрагональная, ГПУ

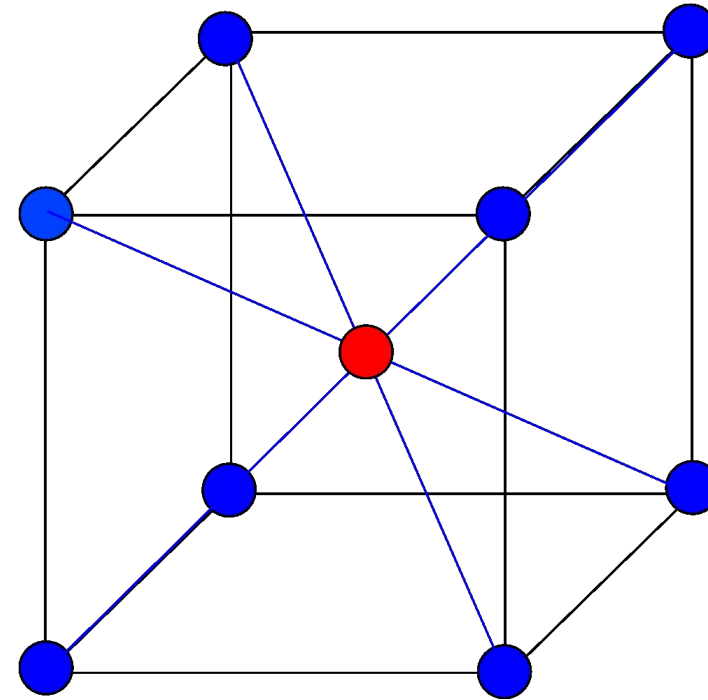


Координационное число

Кубическая: КЧ = 6



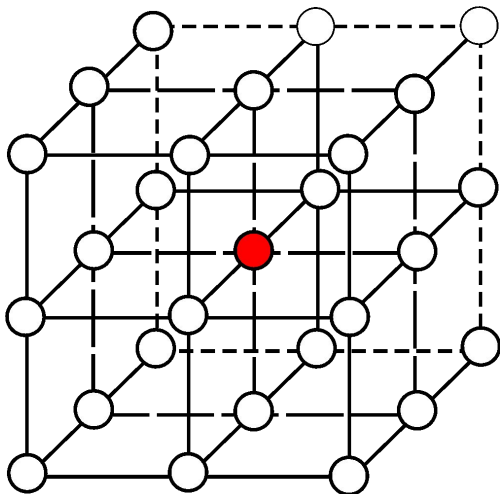
ОЦК: КЧ = 8



ГЦК: КЧ = 12

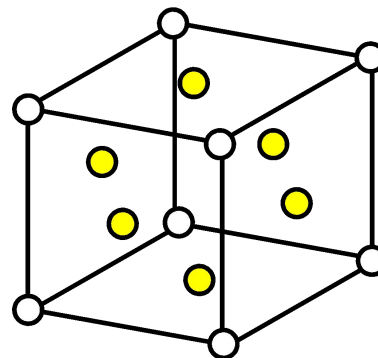
Число ближайших соседей отражает плотность упаковки вещества. Чем больше координационное число, тем больше плотность

Количество атомов в решетке



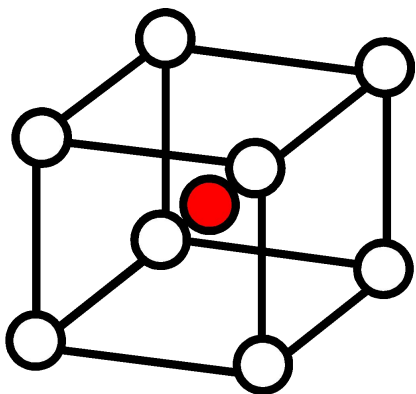
Кубическая:

$$1/8 * 8 = 1$$



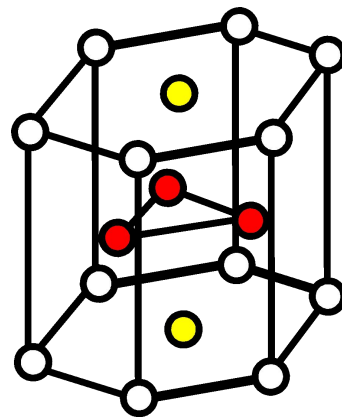
ГЦК:

$$1/2 * 6 + 1/8 * 8 = 4$$



ОЦК:

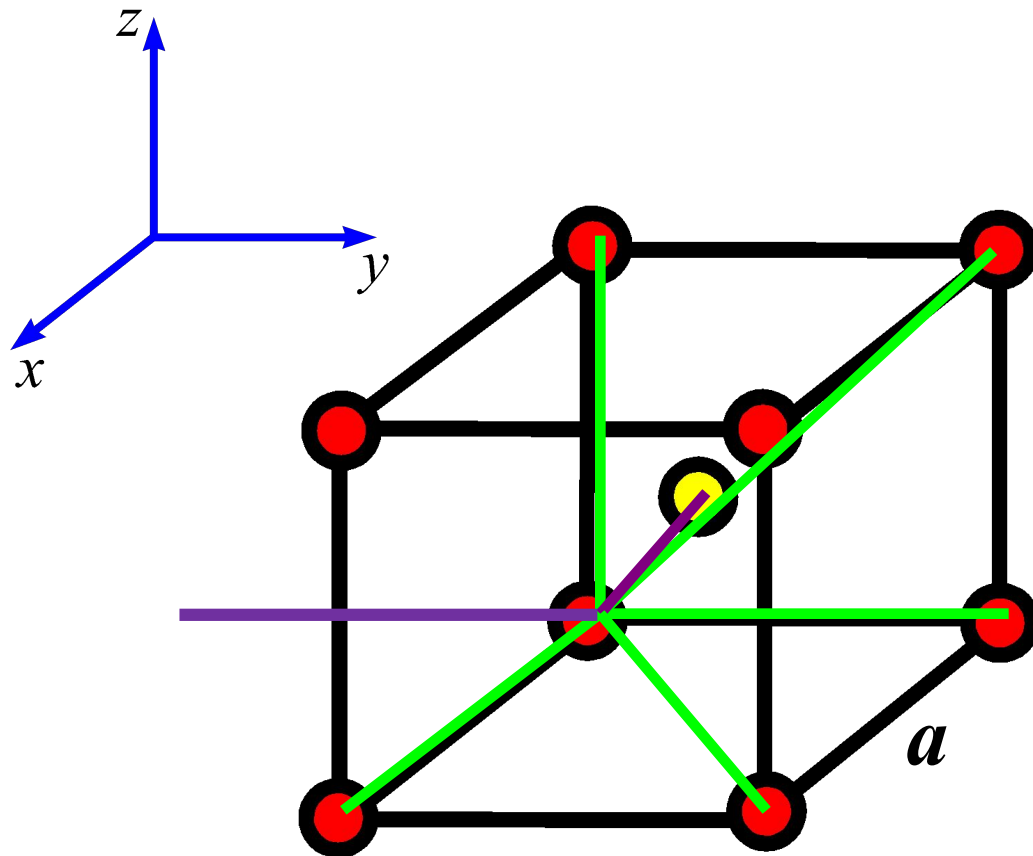
$$1 + 1/8 * 8 = 2$$



ГПУ:

$$3 + 1/2 * 2 + 1/6 * 12 = 6$$

Направления в кристаллической решетке



ось x - $[100]$

ось y - $[010]$

ось z - $[001]$

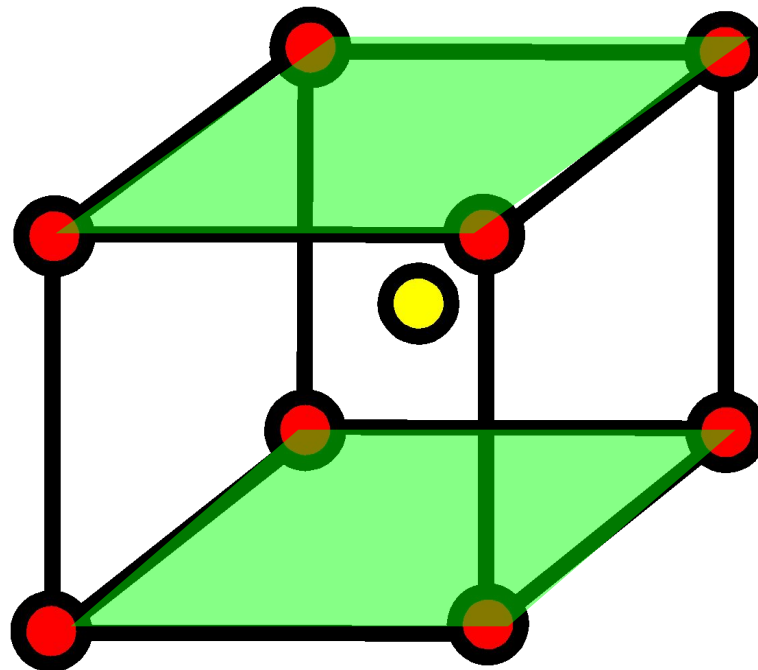
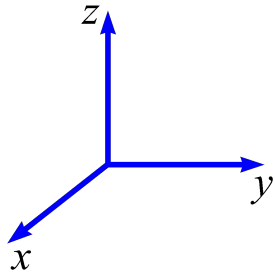
$[011]$

$[\frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{2}]$

$[110]$

$[0\bar{1}0]$

Плоскости в кристаллической решетке



(001)

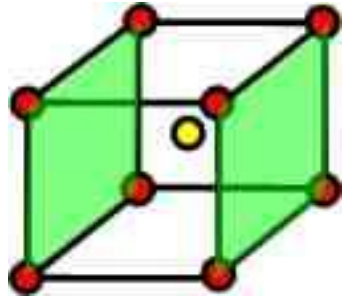
$$\frac{x}{u} + \frac{y}{v} + \frac{z}{w} = 1$$

$$hx + ky + lz = 1$$

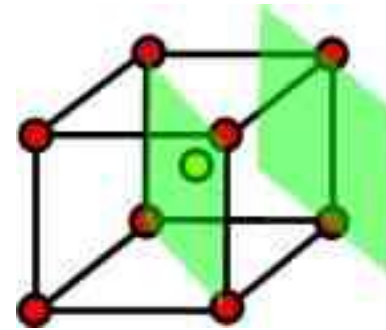
$$h = \frac{1}{u}; k = \frac{1}{v}; l = \frac{1}{w}$$

Индексы плоскости (hkl)

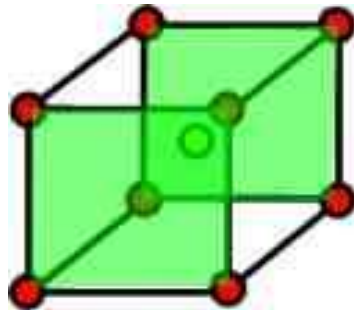
Плоскости в кристаллической решетке



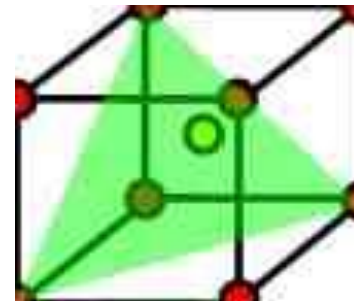
(010)



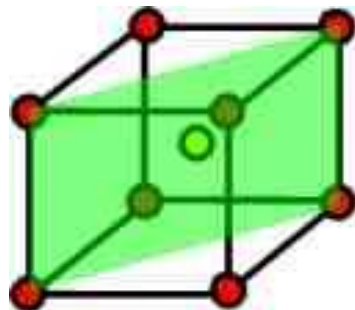
$(\bar{1}10)$



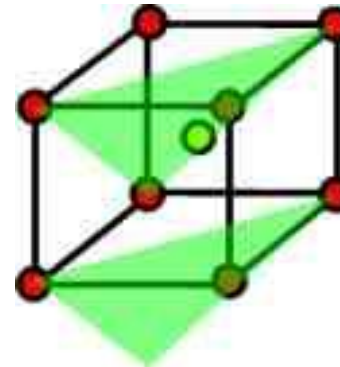
(100)



(111)



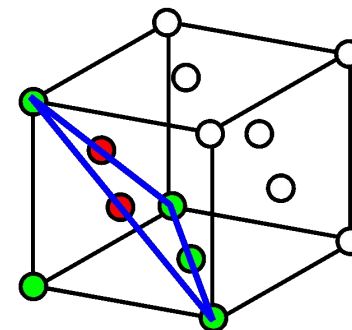
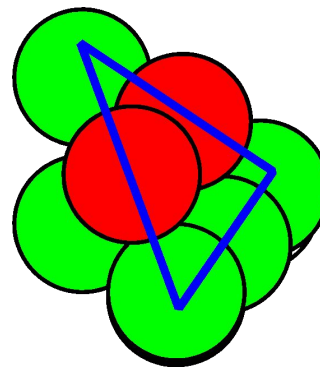
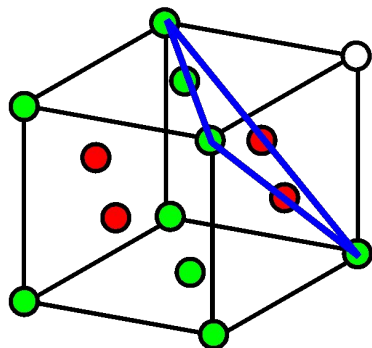
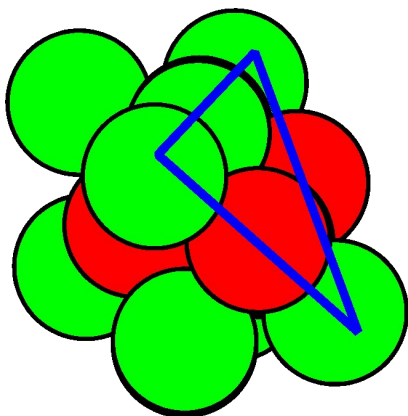
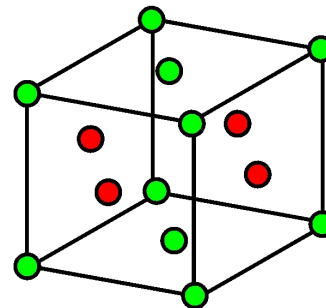
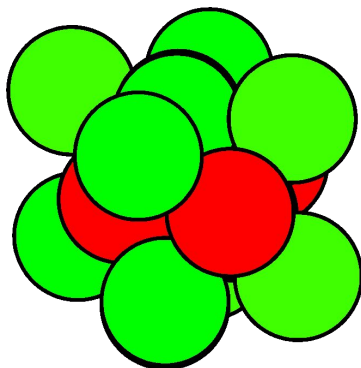
(110)



$(11\bar{1})$

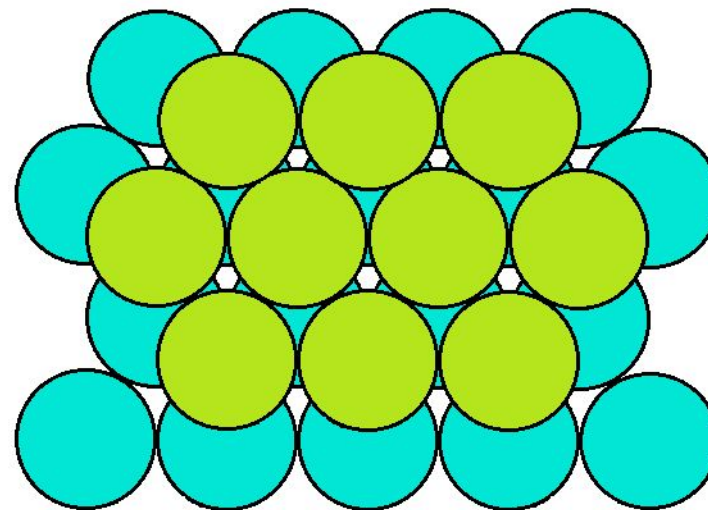
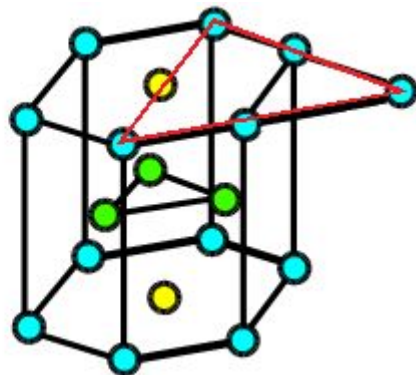
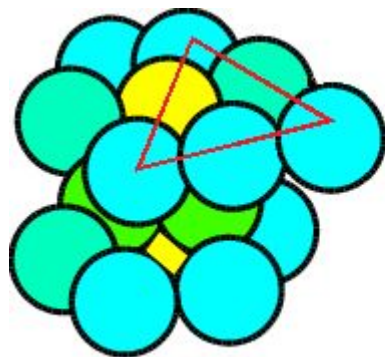
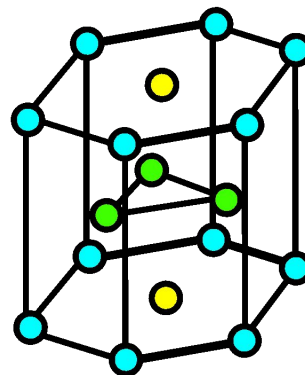
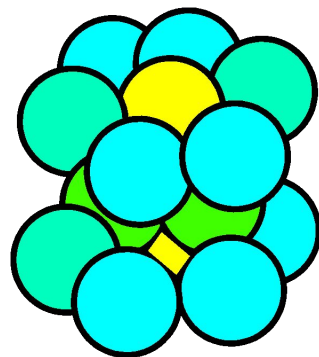
Плотнупакованные плоскости в кристаллах

ГЦК



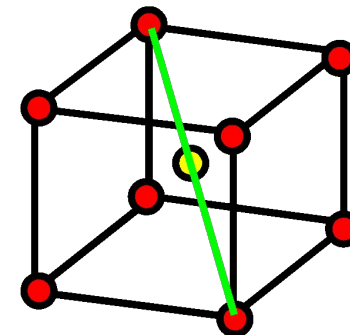
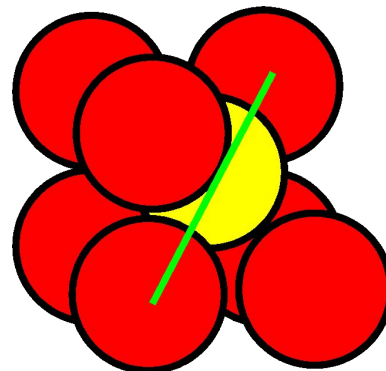
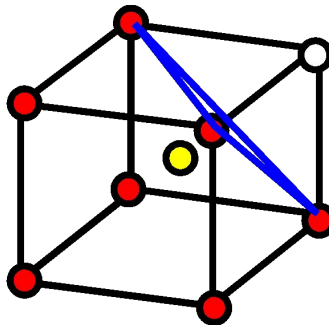
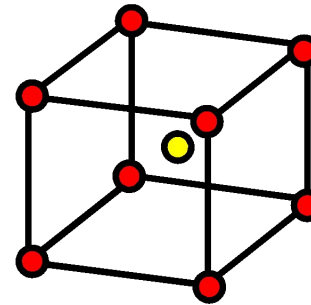
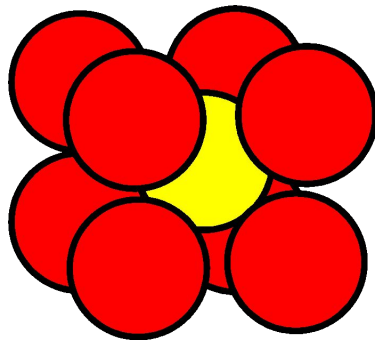
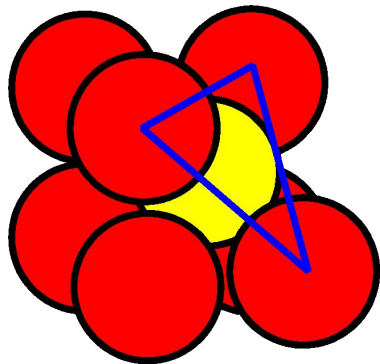
Плотнупакованные плоскости в кристаллах

ГПУ



Плотнупакованные направления в кристаллах

ОЦК



В2 фаза

$$a = 0.3 \text{ нм}$$

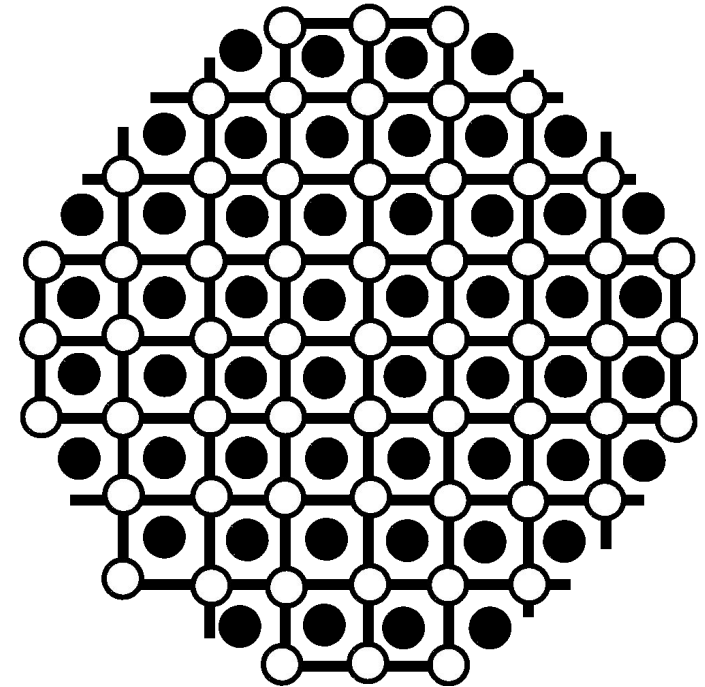
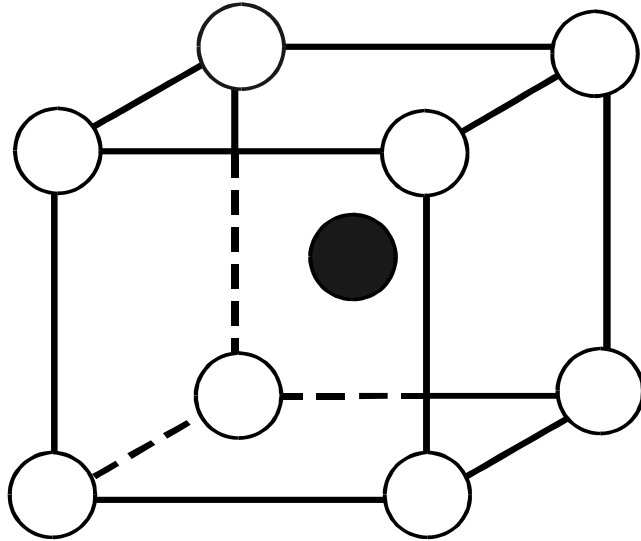
$$b = 0.3 \text{ нм}$$

$$c = 0.3 \text{ нм}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$\beta = 90^\circ$$

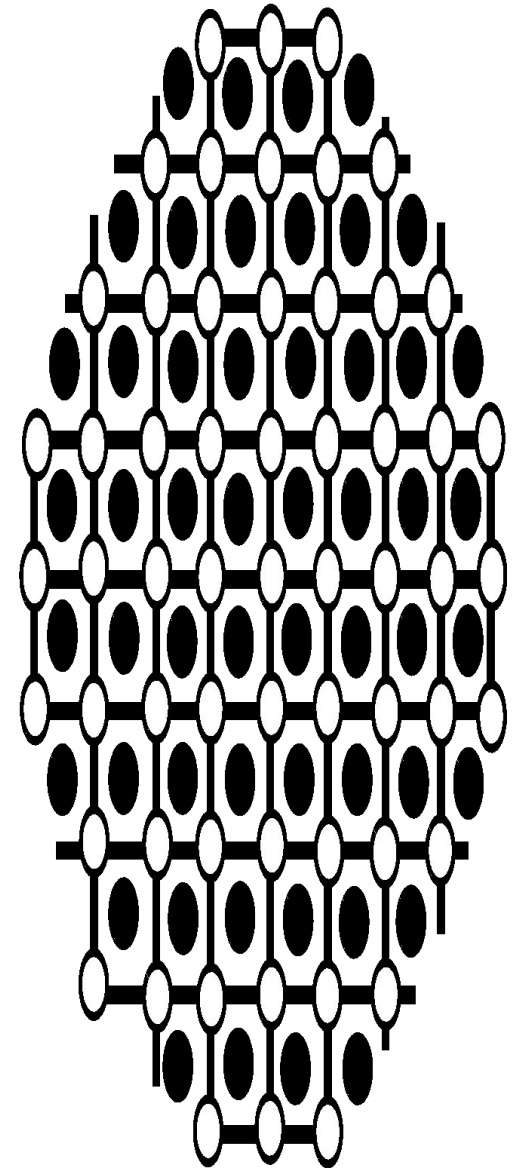
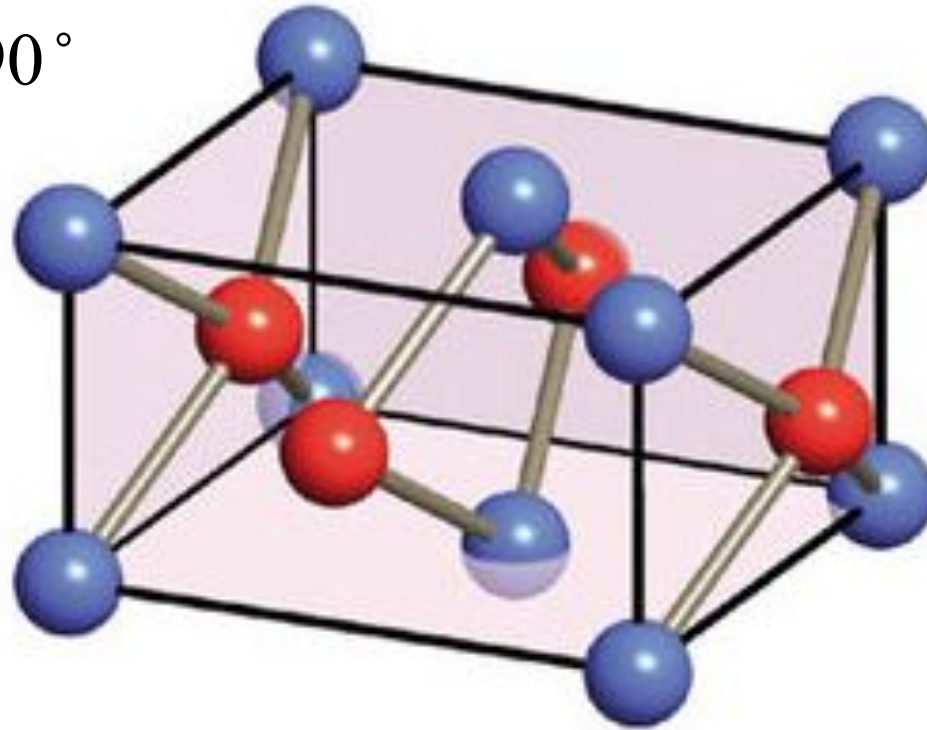
$$\gamma = 90^\circ$$



Упорядоченная по типу CsCl

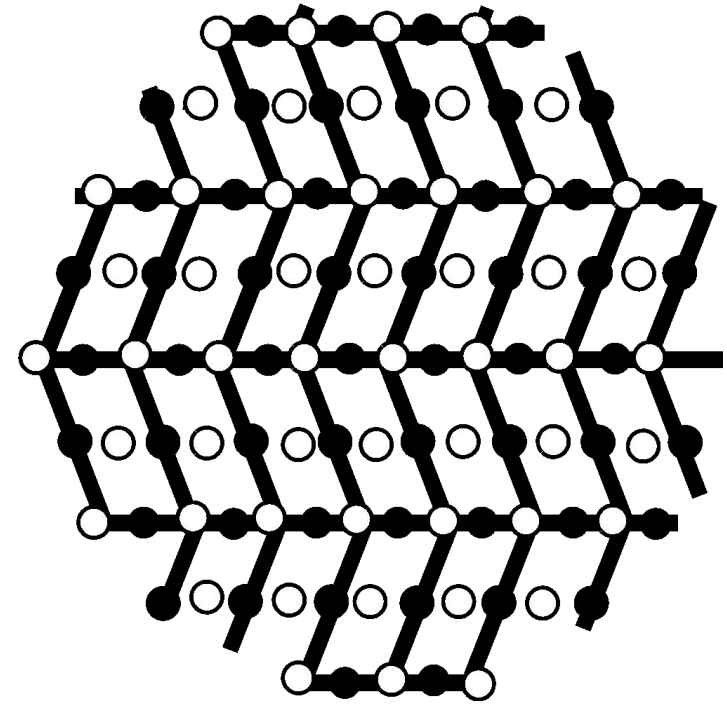
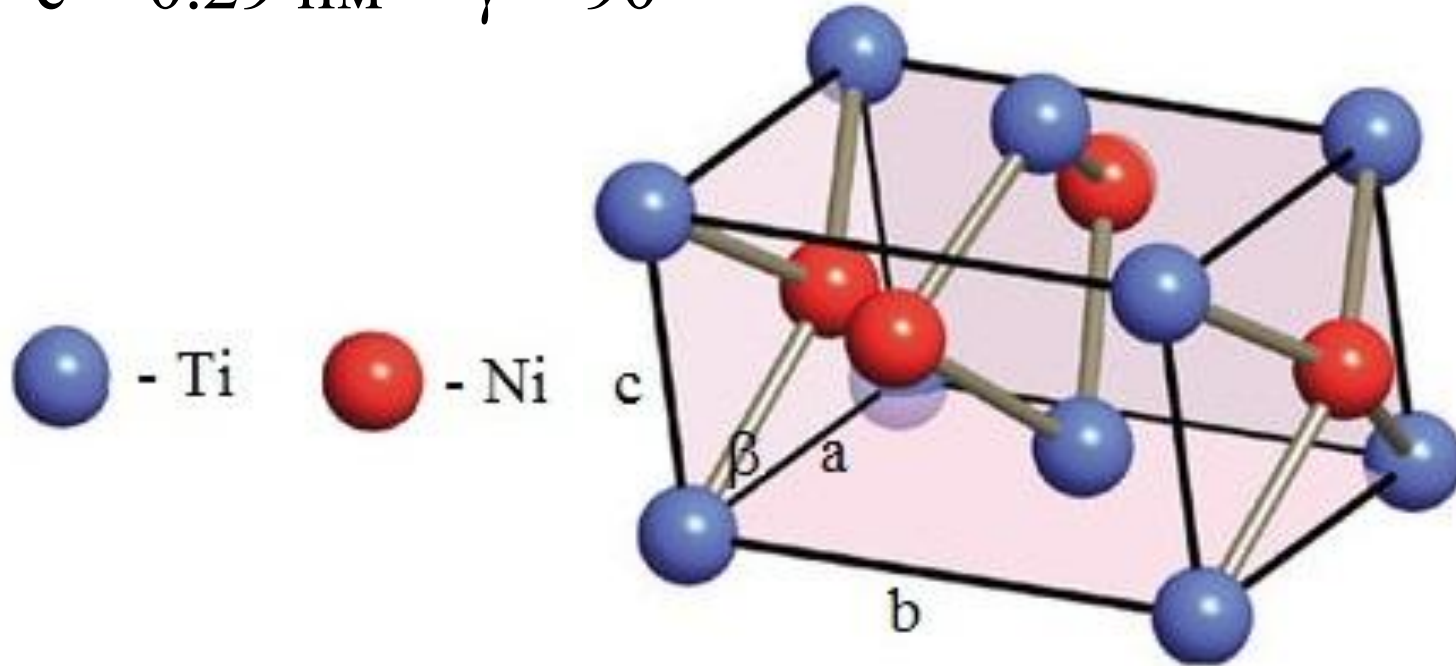
Орторомбическая B19 фаза

$$\begin{array}{ll} a = 0.44 \text{ нм} & \alpha = 90^\circ \\ b = 0.46 \text{ нм} & \beta = 90^\circ \\ c = 0.29 \text{ нм} & \gamma = 90^\circ \end{array}$$



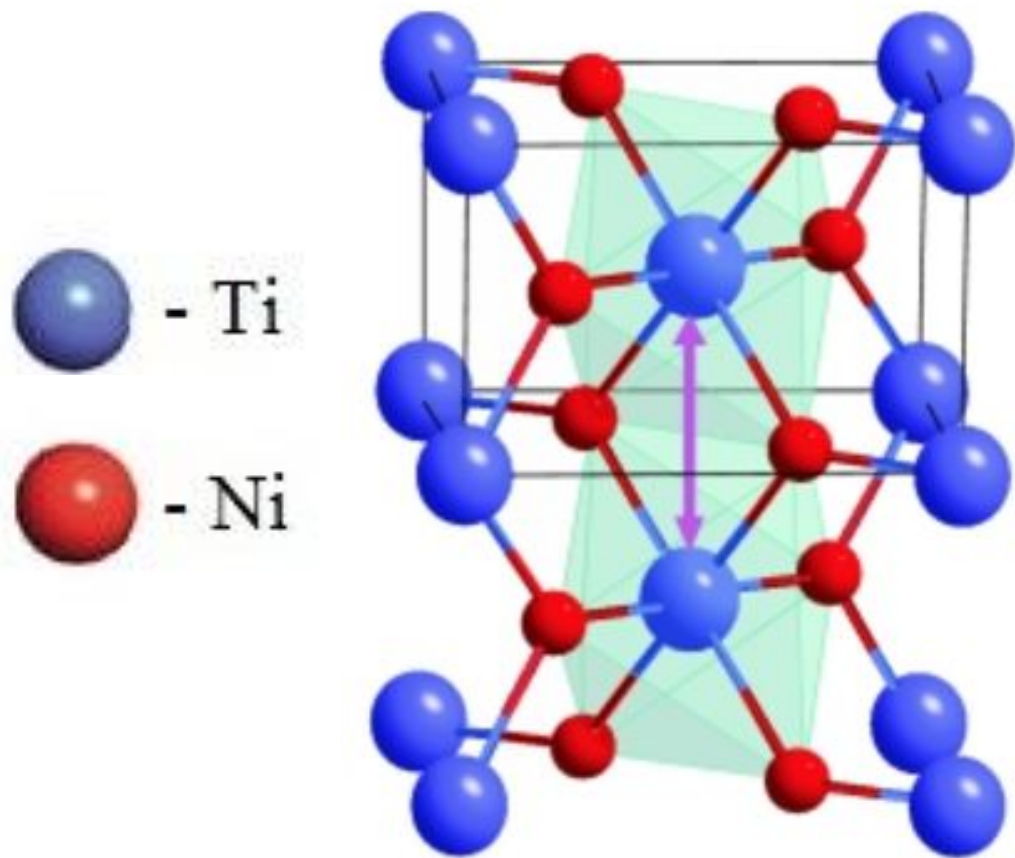
Моноклинная В19' фаза

$$\begin{aligned} a &= 0.41 \text{ нм} & \alpha &= 90^\circ \\ b &= 0.46 \text{ нм} & \beta &= 97.78^\circ \\ c &= 0.29 \text{ нм} & \gamma &= 90^\circ \end{aligned}$$

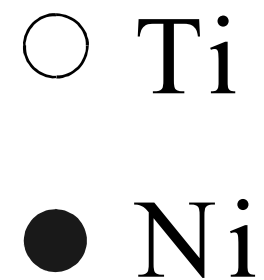
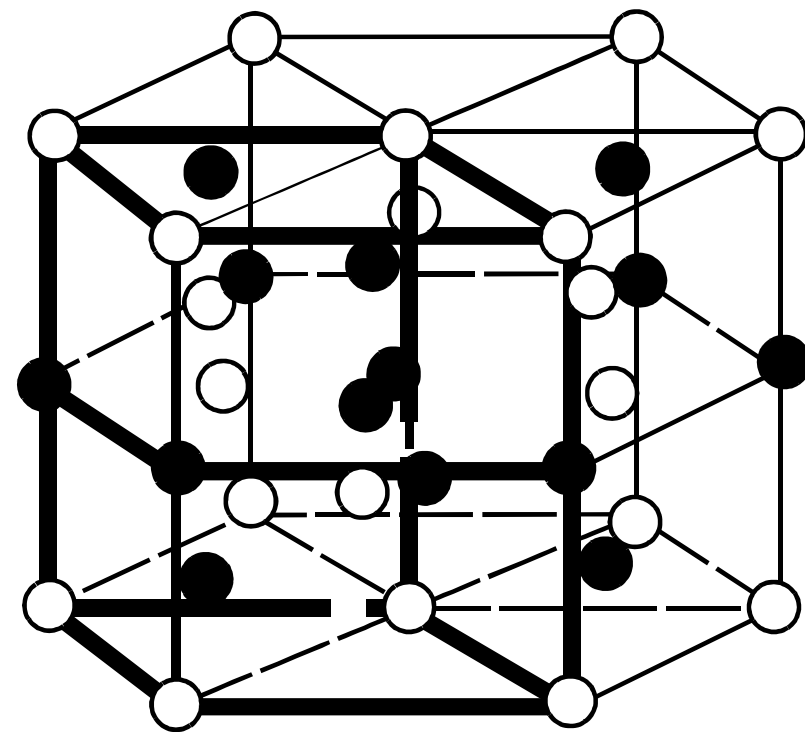


Орторомбическая с моноклинным искажением

Ромбоэдрическая R фаза



$$\begin{aligned} a &= 0.90 \text{ нм} & \alpha &= 89.5^\circ \\ b &= 0.90 \text{ нм} & \beta &= 89.5^\circ \\ c &= 0.90 \text{ нм} & \gamma &= 89.5^\circ \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} a &= 0.734 \text{ нм} & \alpha &= 90^\circ \\ b &= 0.734 \text{ нм} & \beta &= 90^\circ \\ c &= 0.528 \text{ нм} & \gamma &= 120^\circ \end{aligned}$$