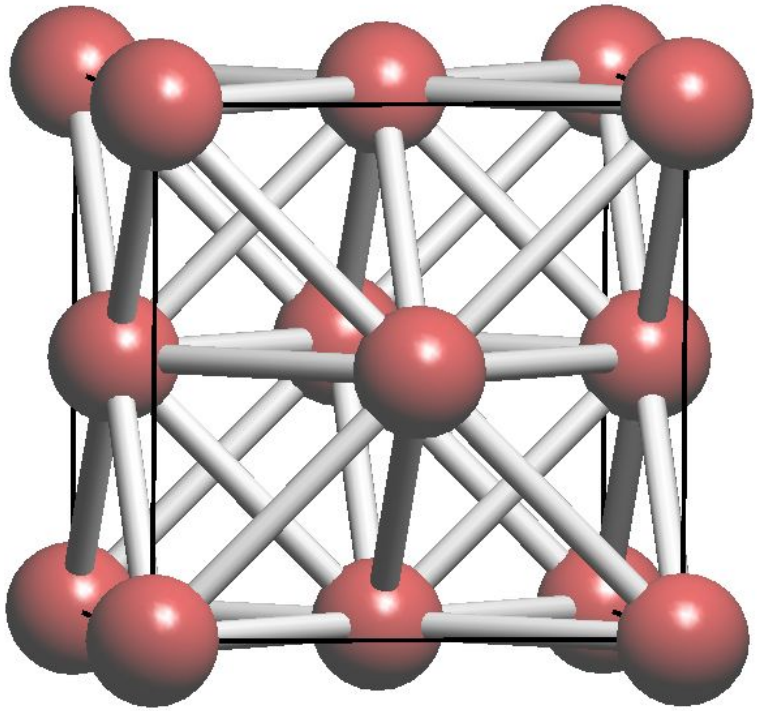
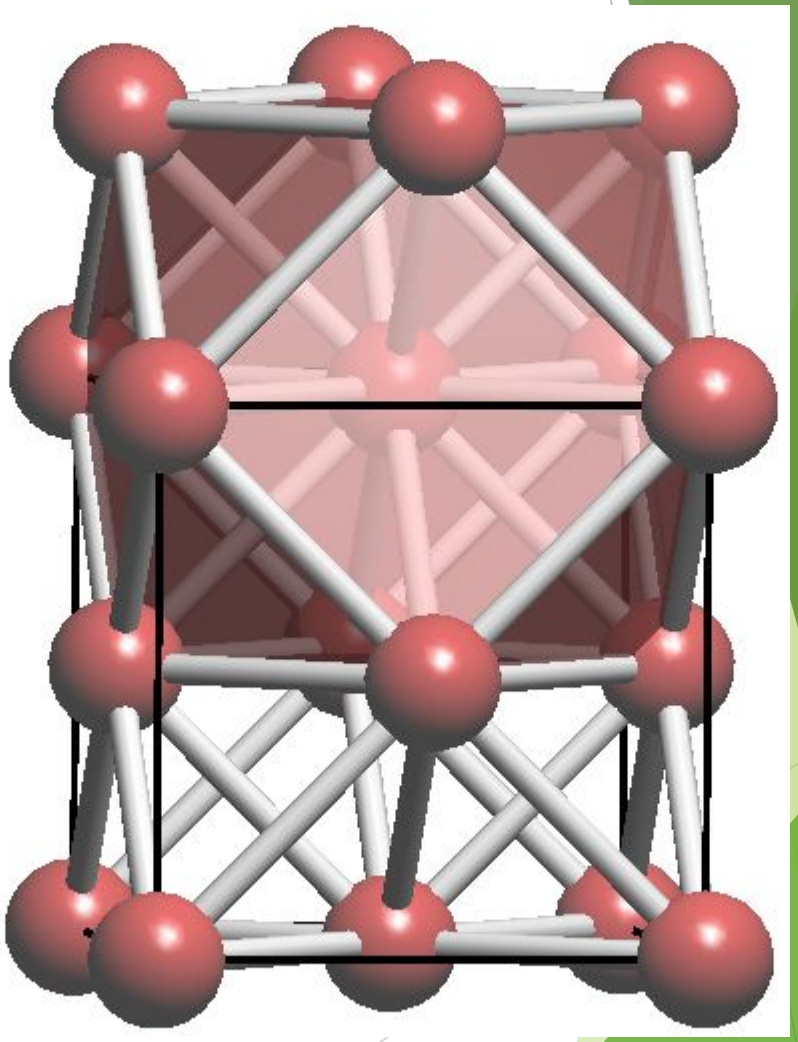
Лекция 13

Структура металлов, сплавов, интерметаллидов и квазикристаллов

Металлы

Cu

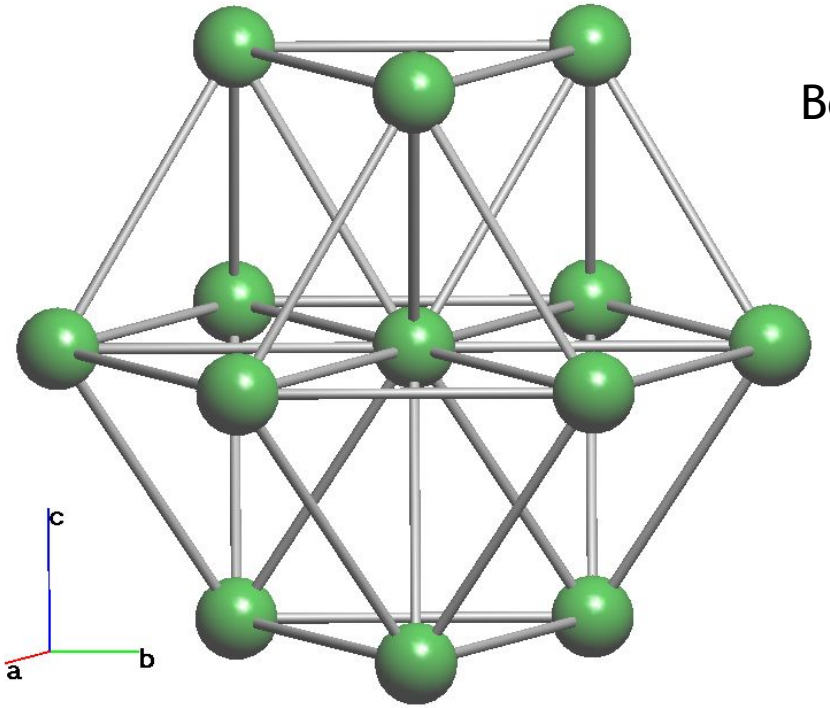




Ca, Sr, группы 9 (Co, Rh, Ir), 10 (Ni, Pd, Pt), 11 (Cu, Ag, Au)

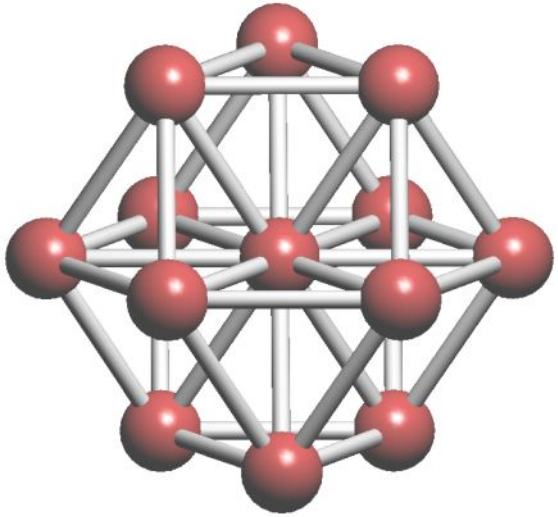
Металлы

Mg



Гексагональный кубоктаэдр

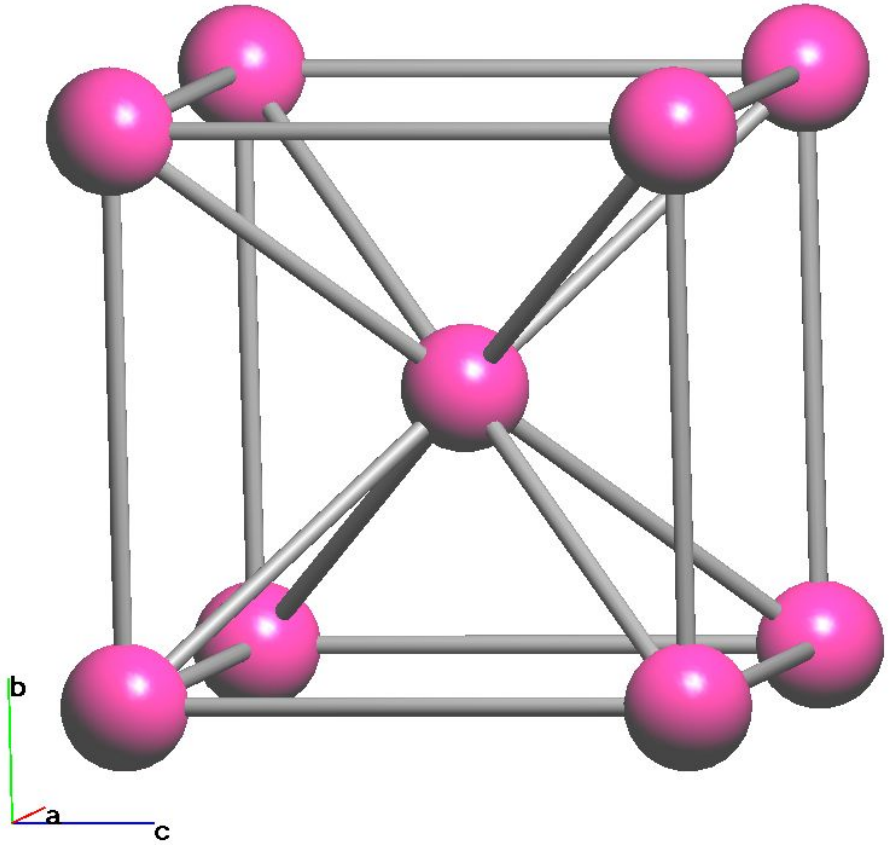
Be, Mg, Tc, Re, Ru, Os, Sc, Y, группа 4 (Ti, Zr, Hf)



(Кубический) кубоктаэдр

Металлы

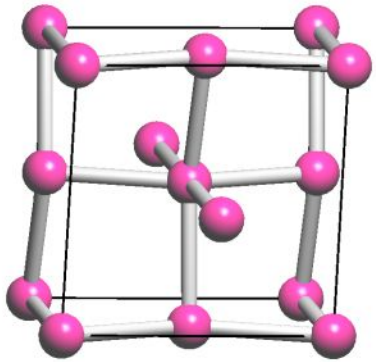
α-Fe

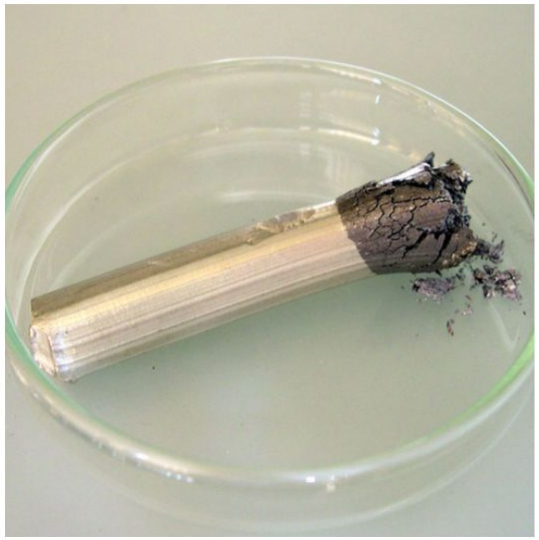


Щелочные металлы,
Ba, Ra, Eu, группы
V (V, Nb, Ta) и
VI (Cr, Mo, W)

Металлы: особые типы

β-Sn $\xrightarrow[13^\circ C]{}$ α-Sn (тип алмаза)



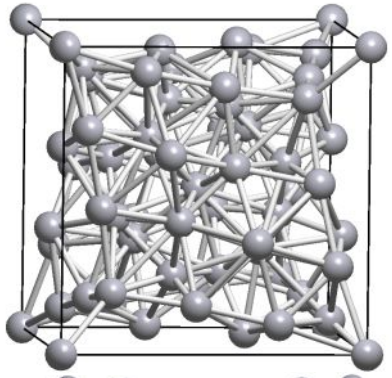


«Оловянная чума»

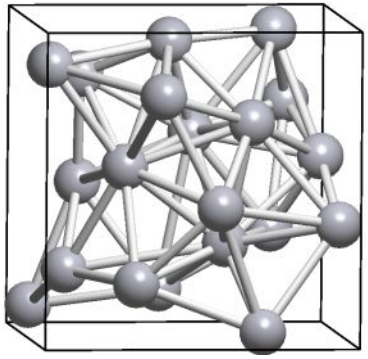
Металлы: особые типы

α-Mn → β-Mn → γ-Mn (ГЦК) → δ-Mn (ОЦК)

980 K 1360 K 1411 K

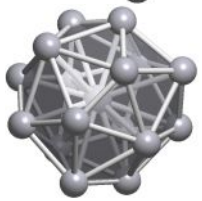


α-Mn



β-Mn

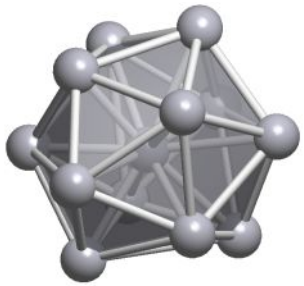
Mn1: 16



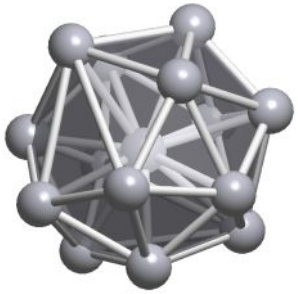
Mn2: 16

Mn3: 13

Mn4: 12

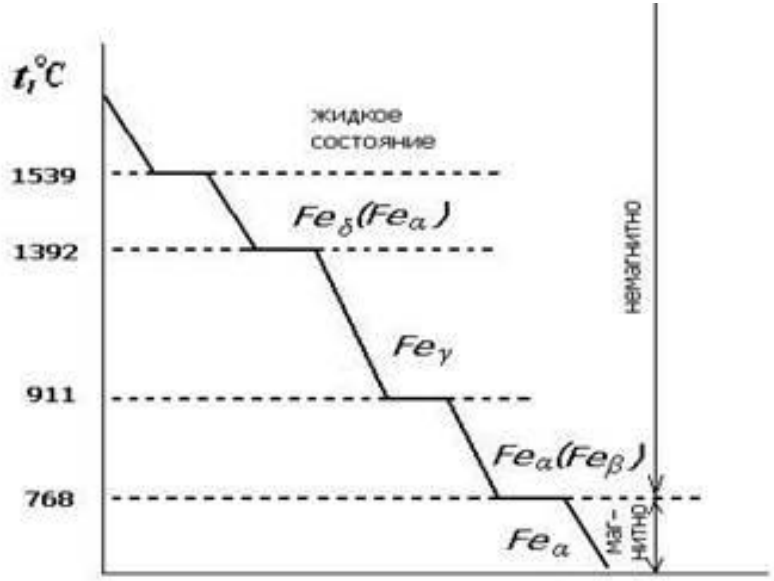


Mn1: 16



Mn2: 14

Металлы: полиморфизм (аллотропия)

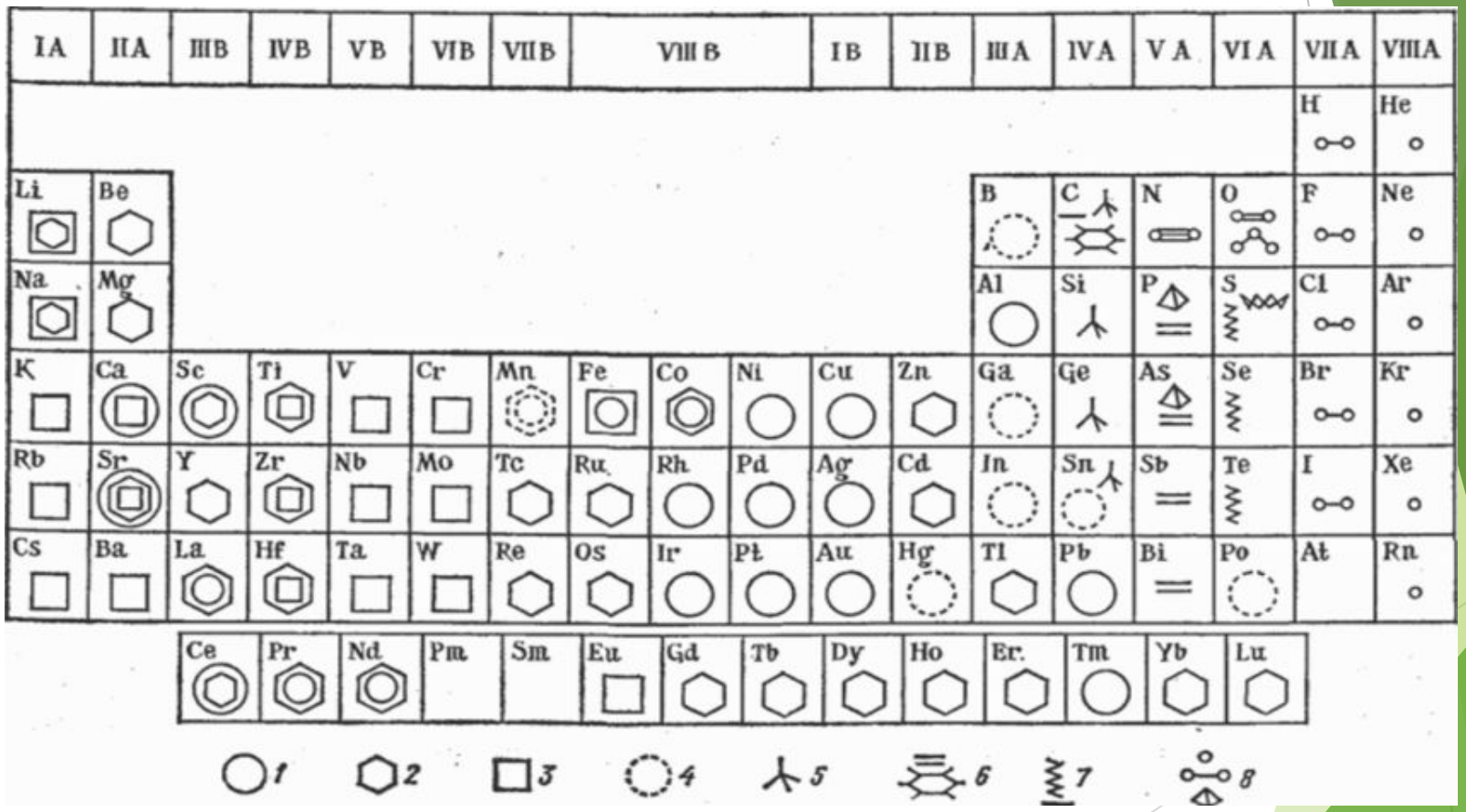


Металл	Кристаллическая структура	Интервал температур данной модификации, °С
Титан	ГПУ	До 882
	ОЦК	882 – 1668
Цирконий	ГПУ	До 862
	ОЦК	862 – 1852
Олово	Алмазная	До 13
	ТОЦ	13 – 232
Уран	Ромбическая	До 663
	ТОЦ	663 – 764
	ОЦК	764 – 1130
Железо	ОЦК	до 911
	ГЦК	911 – 1392
	ОЦК	1392 – 1539
Кобальт	ГПУ	До 477
	ГЦК	477 – 1490

Общая тенденция – образование ОЦК фазы при нагревании

Нормальные условия - ~20% металлов имеют ОЦК-решетку
Предрасплавное состояние - ~65% металлов имеют ОЦК-решетку

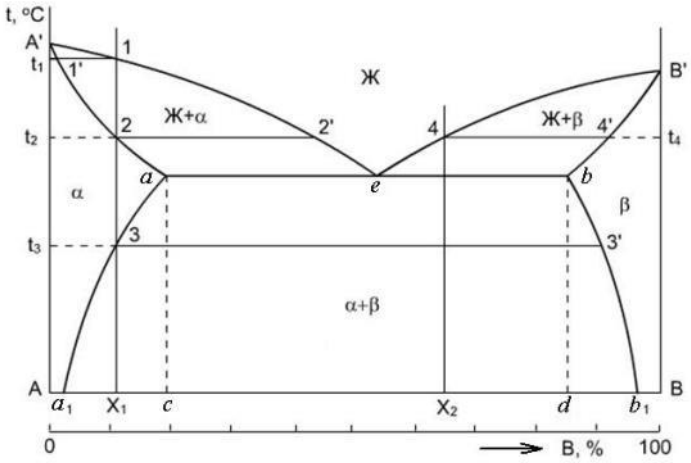
Металлы



ГЦК ГПУ ОЦК

Двойные системы

1. Металлы не взаимодействуют ни в твердом, ни в жидком состояниях
2. Металлы смешиваются в жидком состоянии, а в твердом состоянии образуют эвтектику
3. Металлы образуют твердые растворы
4. Металлы образуют интерметаллические соединения



Двойные системы

1. Металлы не взаимодействуют ни в твердом, ни в жидком состояниях (Li+K, Mg+Na, Pb+Cr)
2. Металлы смешиваются в жидком состоянии, а в твердом состоянии образуют эвтектику (Cu+Ti, Pb+W)

- Существенно разные размеры и/или электронное строение (не выполняется правило Гольдшмидта)
- Разные структурные типы
- Большая разница температур плавления металлов

Двойные системы

Металлы образуют твердые растворы

- замещения
- внедрения
- вычитания

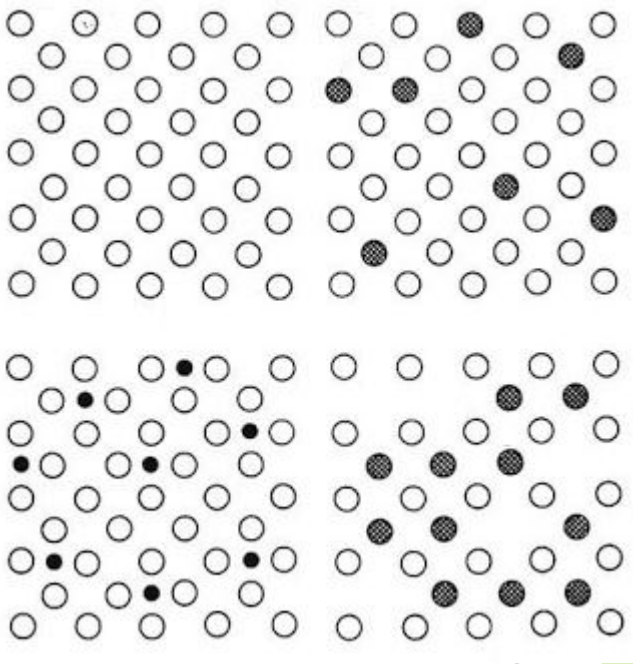
Правила Юм-Розери
Непрерывный ряд твердых растворов образуется если

- Металлы принадлежат одному структурному типу
- Размеры их атомов близки
- Металлы химически близки

Co-Ni; Ag-Au; Ti-Zr; Cr-Fe

Правило Вегарда для параметра элементарной ячейки твердого раствора:

$a_{тр} = a_1c_1 + a_2c_2$

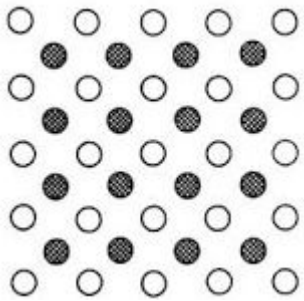


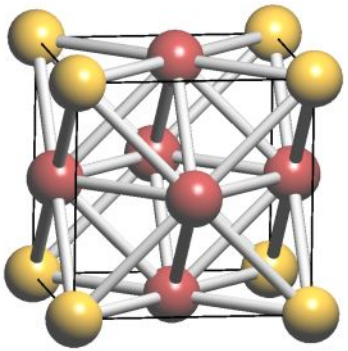
Аустенит γ-Fe:C(2%) – твердый раствор

Цементит Fe_3C - соединение

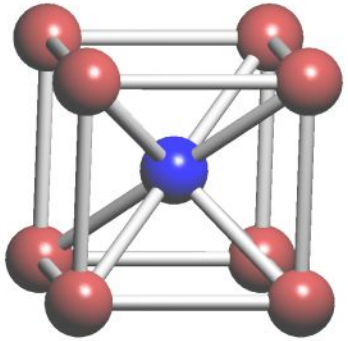
Двойные системы

Металлы образуют интерметаллические соединения

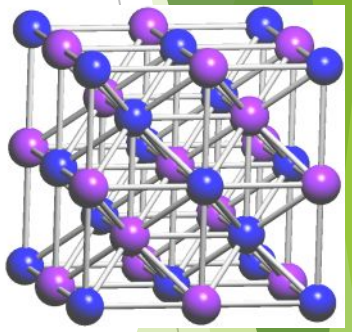




Cu_3Au



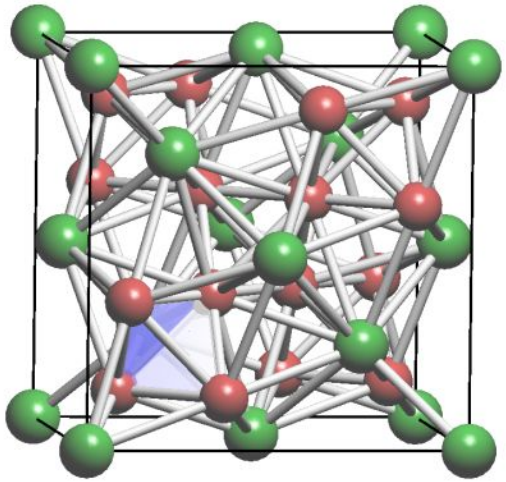
CuZn



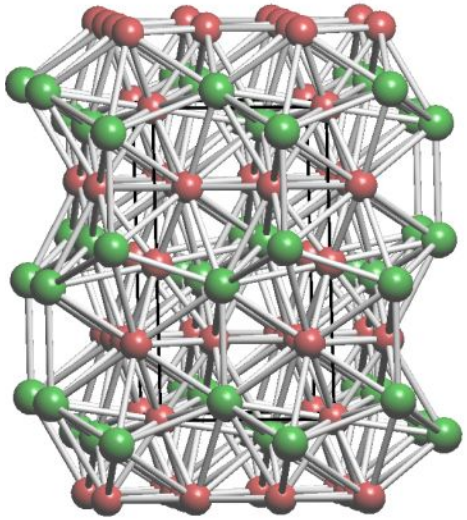
NaTl

Двойные системы

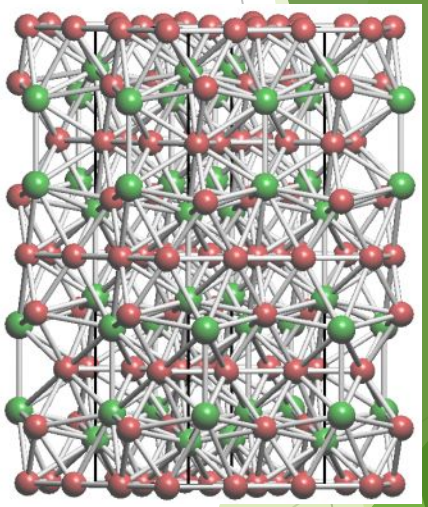
Особые типы: Фазы Лавеса



$MgCu_2$



$MgZn_2$

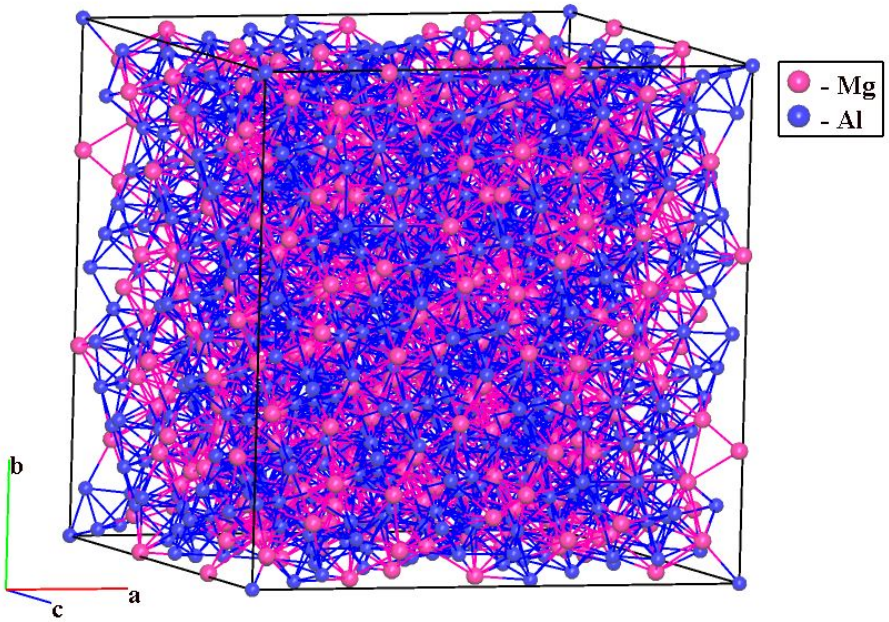


$MgNi_2$

Накопители водорода

Сложные интерметаллиды

Кластеры в интерметаллидах



“β- Mg_2Al_3” – «монстр Самсона»
>1000 атомов в эл. ячейке

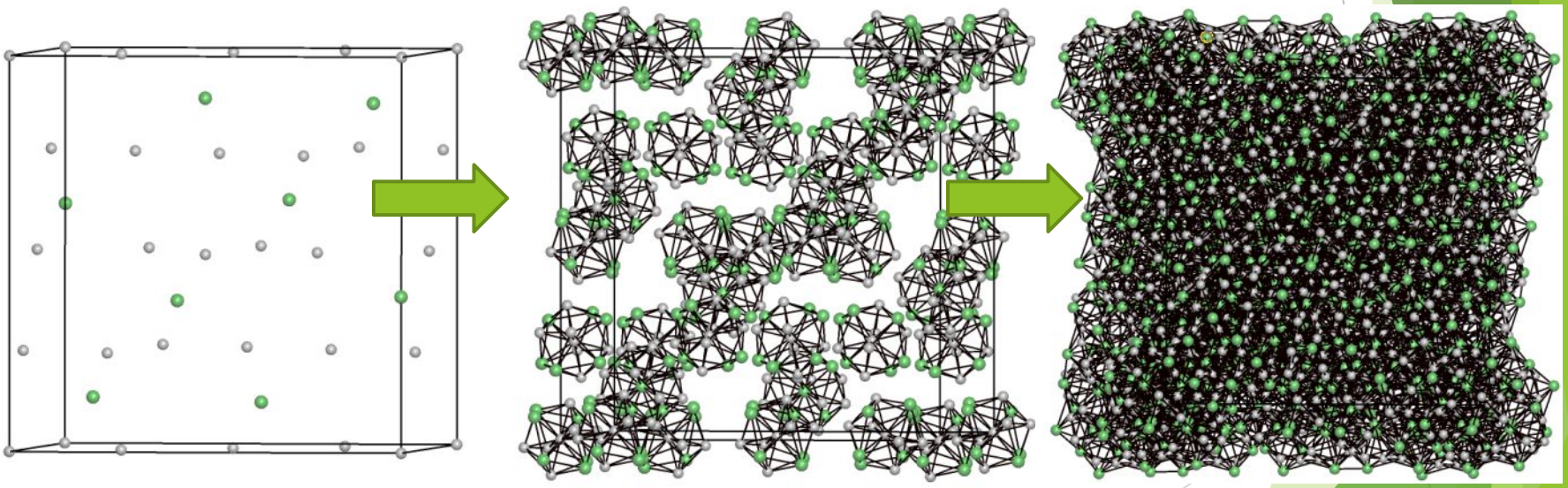
Сложные интерметаллиды

Кластеры в нтерметаллидах

центры

1-я оболочка

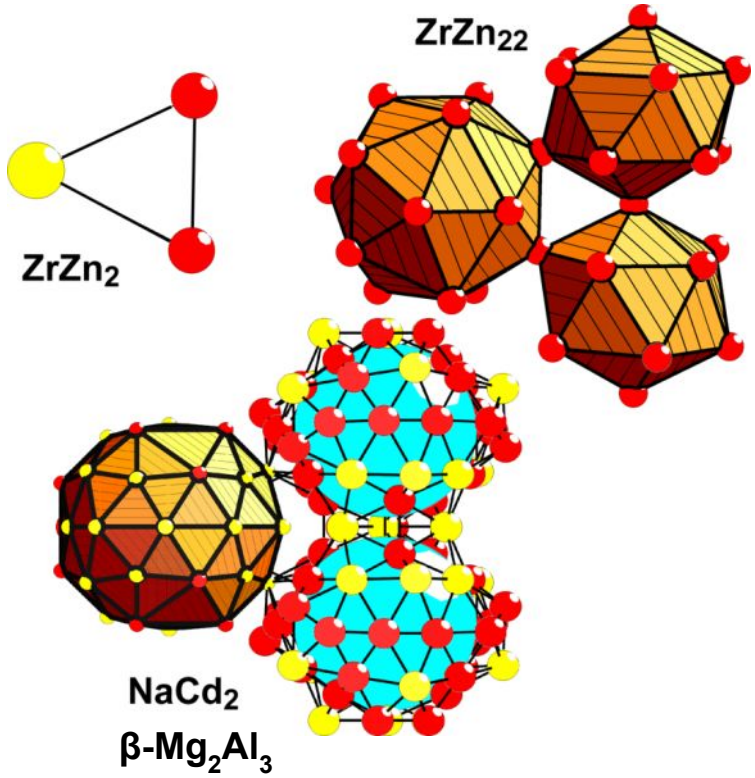
2-я оболочка

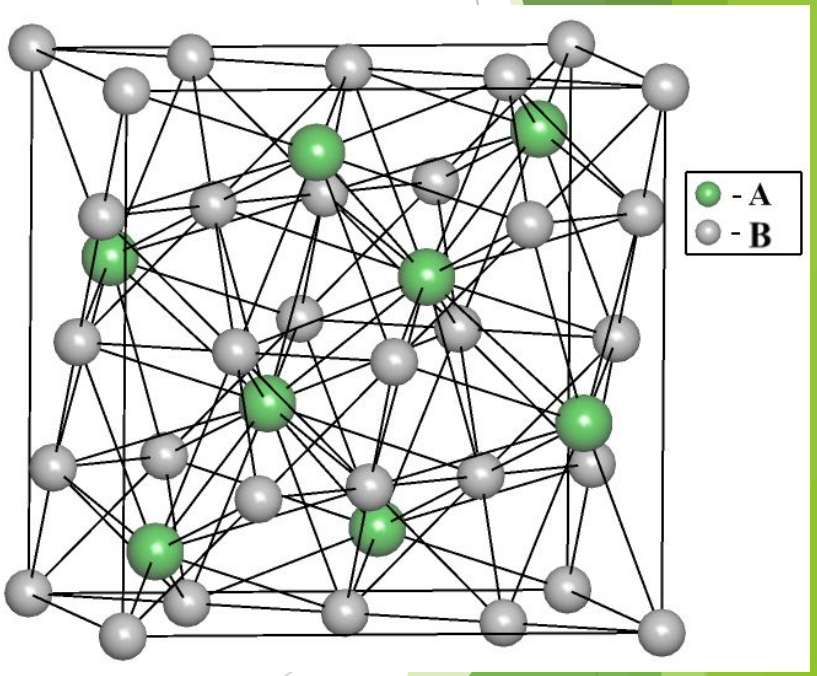


“β-Mg_2Al_3” – «монстр Самсона»
>1000 атомов в эл. ячейке

Сложные интерметаллиды

Кластеры в интерметаллидах



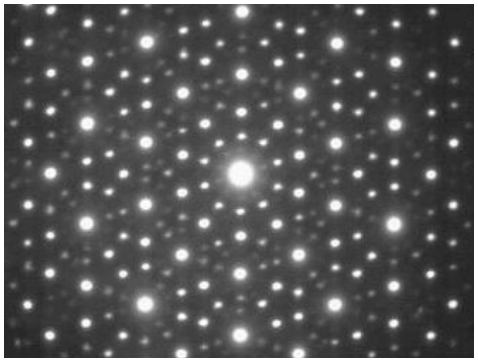


Структурный тип фазы Лавеса $MgCu_2$

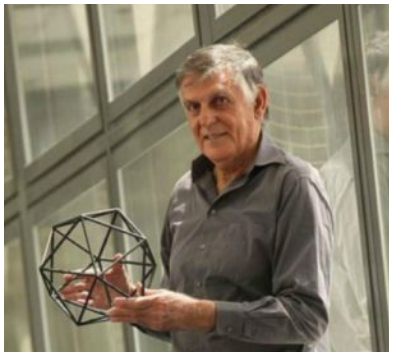
Квазикристаллические интерметаллиды

Д. Шехтман 1982

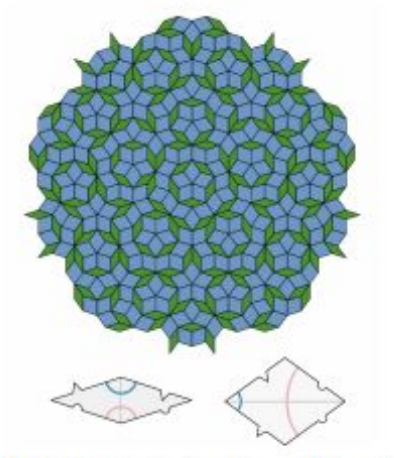
Al_6Mn

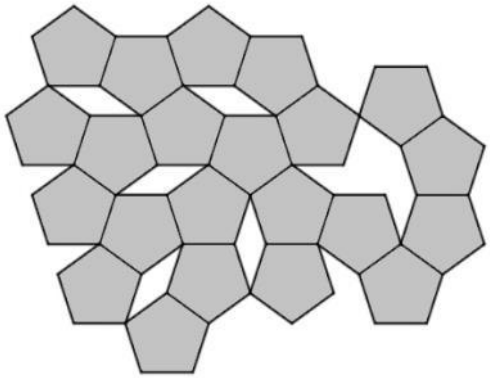


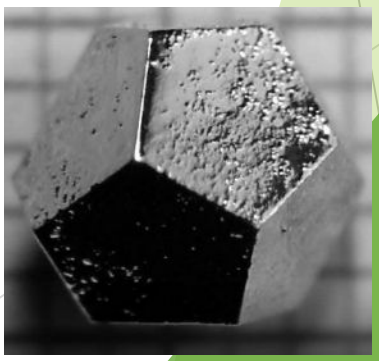
2011 Нобелевская премия



Р. Пенроуз 1974







Спасибо за внимание