

# **Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС"**

## **Кафедра физического материаловедения**

### **Кристаллография. Раздаточные материалы.**

# Разделение кристаллов на сингонии и категории

Сингония	Оси координат	Категория
триклинная	$a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$	низшая
моноклинная	$a \neq b \neq c$ $\alpha = \gamma = 90^\circ, \beta \neq 90^\circ$	
ромбическая	$a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	
ромбоэдрическая	$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$	средняя
тетрагональная	$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	
гексагональная	$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$	
кубическая	$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	высшая

# Обозначения элементов симметрии



Наименование элемента симметрии	Обозначение			
	Символика Браве	Международная символика	Символика Шенфлиса	Графическое обозначение
Ось симметрии первого порядка	-	1	$C_1$	
Ось симметрии второго порядка	$L_2$	2	$C_2$	
Ось симметрии третьего порядка	$L_3$	3	$C_3$	
Ось симметрии четвертого порядка	$L_4$	4	$C_4$	
Ось симметрии шестого порядка	$L_6$	6	$C_6$	
Центр симметрии (инверсионная ось симметрии первого порядка)	$C$	$\bar{1}$	$S_2 \equiv I$	
Плоскость симметрии (инверсионная ось симметрии второго порядка)	$P$	$m$	$\sigma$ ; $\sigma_h$ ; $\sigma_v$ ; $\sigma_d$	
Инверсионная ось симметрии четвертого порядка	$L_4^-$	$\bar{4}$	$S_4$	
Инверсионная ось симметрии шестого порядка	$L_6^-$	$\bar{6}$	$S_3 \equiv C_3 \sigma_h$	

# Кристаллические системы

Категория	Кристаллическая система	Определяющие элементы симметрии (поворотные или инверсионные)
Низшая	триклинная triclinic	Оси 1-го порядка
	моноклинная monoclinic	Ось 2-го порядка
	орторомбическая orthorhombic	три оси 2-го порядка
Средняя	тригональная trigonal	Ось 3-го порядка
	тетрагональная tetragonal	Ось 4-го порядка
	гексагональная hexagonal	Ось 6-го порядка
Высшая	кубическая cubic	четыре оси 3-го порядка

# Главные направления

Направления координатных осей связаны с элементами симметрии

*элементы симметрии могут находиться только в строго определенных кристаллографических направлениях - называемых главными направлениями*

Кристаллическая система	I	II	III
Триклинная	-	-	-
Моноклинная	[010]	-	-
Орторомбическая	[001]	[100]	[010]
Тригональная	[001]	[100]	-
Тетрагональная	[001]	[100]	[1-10]
Гексагональная	[001]	[100]	[1-10]
Кубическая	[001]	[111]	[1-10]

Символ Германа-Могена

4/m

3

2/m

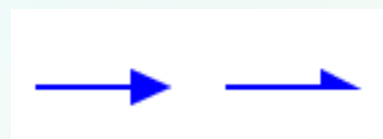
# Примеры обозначений

## *Винтовые оси*

*перпендикулярные  
плоскости чертежа*



*параллельные плоскости чертежа*




*наклонные к плоскости чертежа*



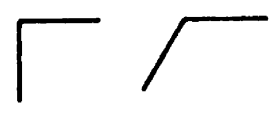
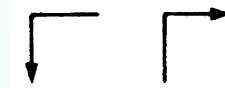
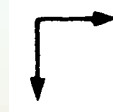

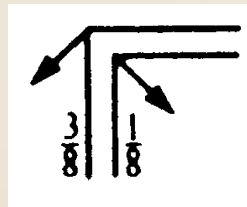
# Примеры обозначений

## Плоскости симметрии нормальные плоскости проекций

Плоскость симметрии	Графический символ	Вектор скольжения, в единицах трансляций решетки, параллельных и перпендикулярных плоскости проекций	Обозначение
Плоскость зеркального отражения		Нет	$m$
‘Осевые’ плоскости скользящего отражения		$\frac{1}{2}$ вектора трансляции вдоль направления в плоскости проекций $\frac{1}{2}$ вектора трансляции вдоль линии в плоскости фигуры	$a, b, c$
‘Осевые’ плоскости скользящего отражения		$\frac{1}{2}$ вектора трансляции перпендикулярного плоскости проекций	$a, b, c$
‘Двойные’ плоскости скользящего отражения (только в центрированных решетках)		Два вектора скольжения: $\frac{1}{2}$ вдоль линии, параллельной плоскости проекций и $\frac{1}{2}$ нормально к плоскости проекций	$e$
‘Диагональные’ плоскости скользящего отражения (клиноплоскости)		Один вектор скольжения с двумя компонентами: $\frac{1}{2}$ вдоль линии параллельной плоскости проекций, $\frac{1}{2}$ перпендикулярно плоскости проекций	$n$
«Алмазные» плоскости скользящего отражения † (пара плоскостей, только в центрированных решетках)		$j$ вдоль линии параллельной плоскости проекций, совместно с $j$ перпендикулярной плоскости проекций (стрелка показывает направление параллельное плоскости проекций для которого нормальная компонента положительна)	$d$

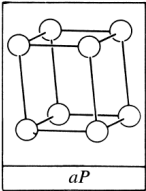
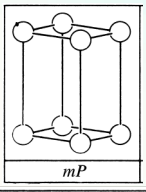
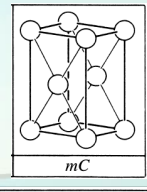
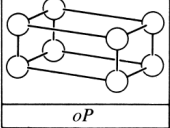
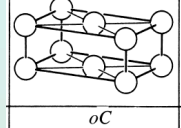
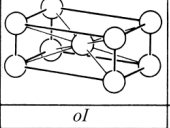
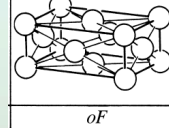
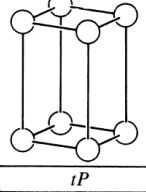
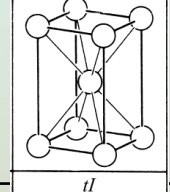
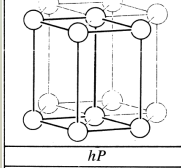
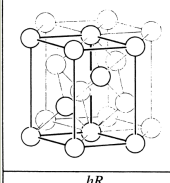
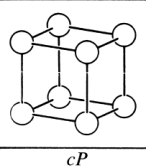
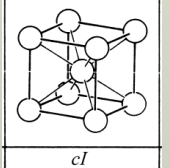
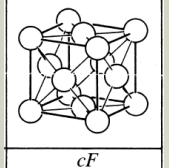
# Примеры обозначений

## Плоскости симметрии параллельные плоскости проекций

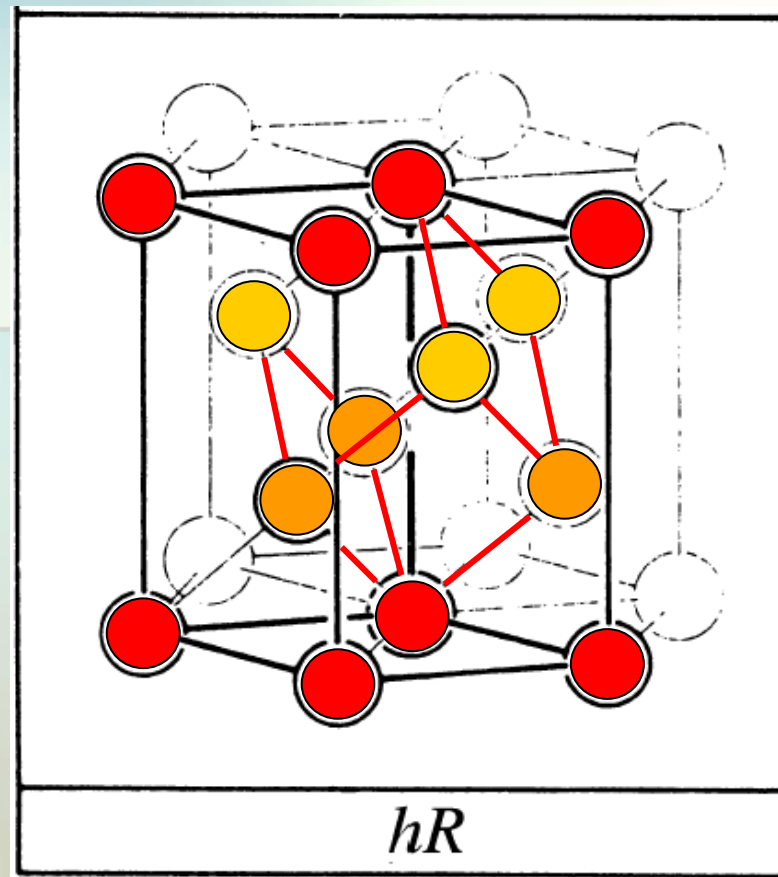
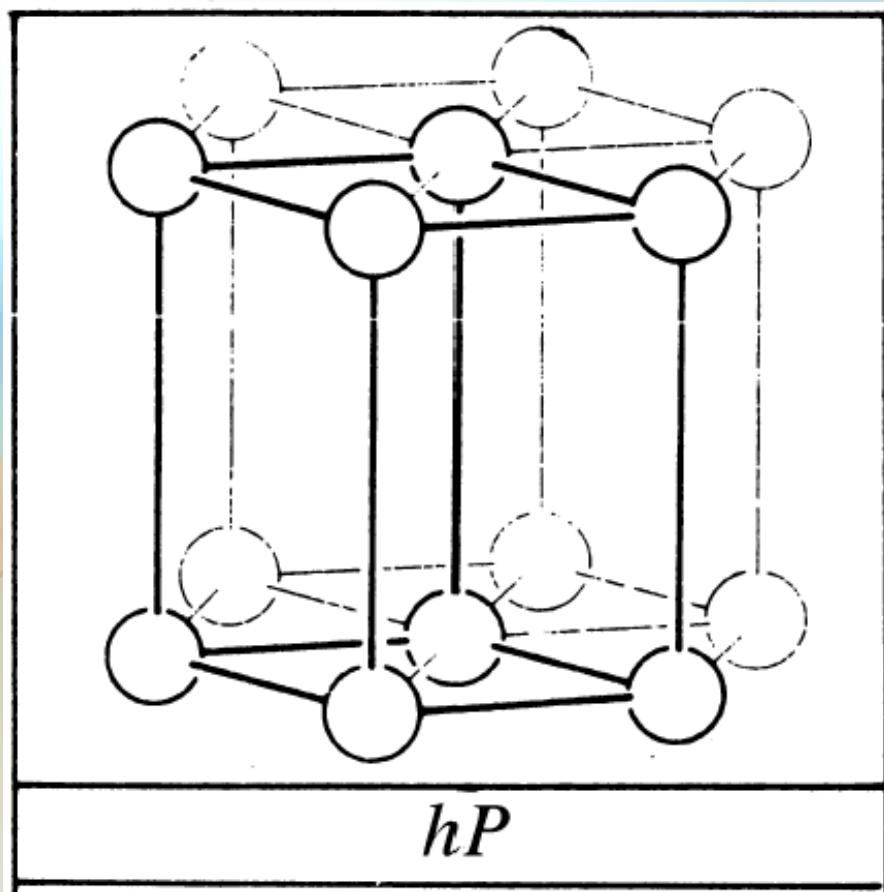
Плоскость симметрии	Графический символ	Вектор скольжения, в единицах трансляций решетки, параллельных плоскости проекций	Printed symbol
Плоскость зеркального отражения (плоскость отражения)		Нет	$m$
‘Осевые’ плоскости скользящего отражения		$\frac{1}{2}$ трансляции в направлении стрелки	$a, b$ or $c$
‘Двойные’ плоскости скользящего отражения † (только в центрированных решетках)		Два вектора скольжения: $\frac{1}{2}$ в каждом из направлений указанном стрелками	$e$
‘Диагональные’ плоскости скользящего отражения (клиноплоскости)		Один вектор скольжения с <i>двумя</i> компонентами $\frac{1}{2}$ в направлении стрелки	$n$
«Алмазные» плоскости скользящего отражения † (пара плоскостей, только в центрированных решетках)		$\frac{1}{2}$ в направлении стрелки; вектор скольжения всегда составляет половину вектора центрирующей трансляции, т.е. одна четверть диагонали гранецентрированной ячейки	$d$



# Решетки Бравэ

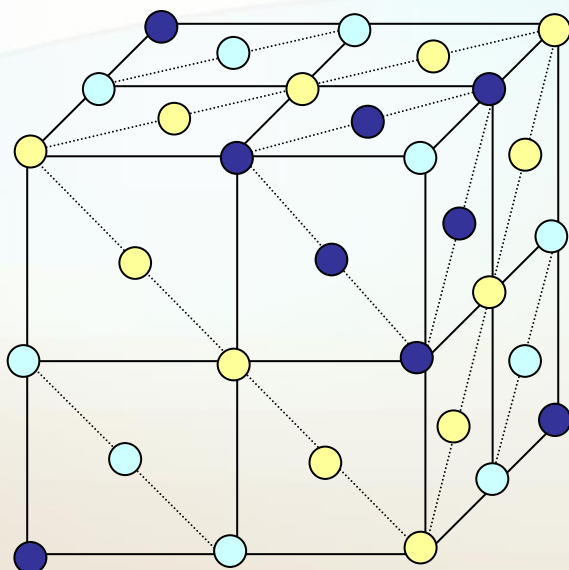
	P	S	I	F	R
Триклинная	 <i>aP</i>				
Моноклинная	 <i>mP</i>	 <i>mC</i>			
Орторомбическая	 <i>oP</i>	 <i>oC</i>	 <i>oI</i>	 <i>oF</i>	
Тетрагональная	 <i>tP</i>		 <i>tI</i>		
Гексагональная	 <i>hP</i>				 <i>hR</i>
Кубическая	 <i>cP</i>		 <i>cI</i>	 <i>cF</i>	

# Гексагональные системы трансляций



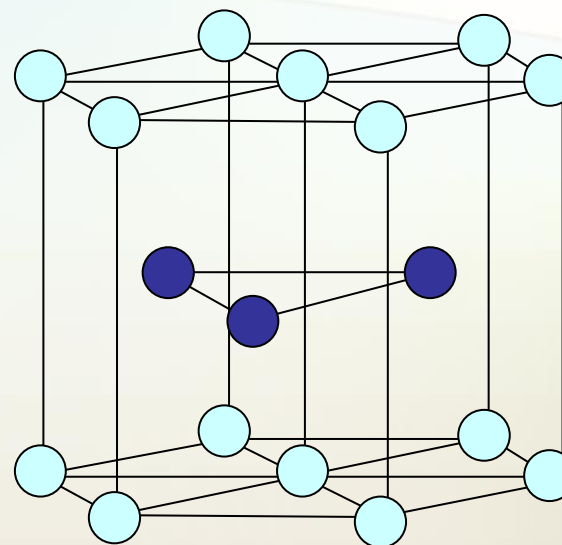
# Плотнупакованные структуры

*тип Cu (ГЦК)*



*..ABCABC...*

*тип Mg (ГП)*



*..ABAB...*

ТИПЫ СЛОЕВ:

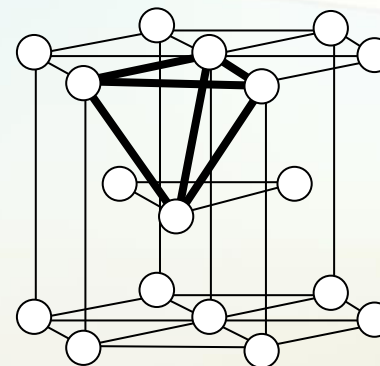
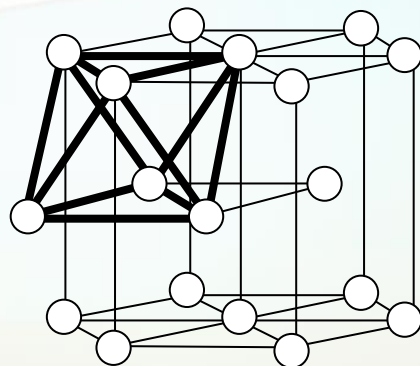
○ - A    ● - B    ● - C

# Поры в плотнейших упаковках

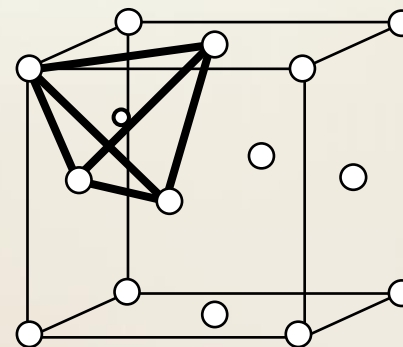
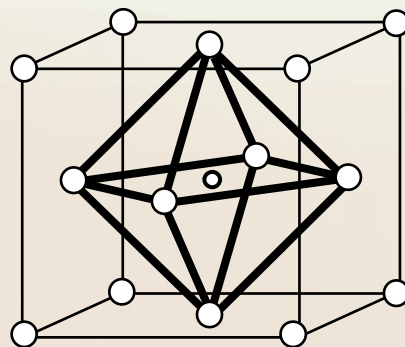
*октапоры*

*тетрапоры*

*AB*



*ABC*



## Пределы устойчивости структур

$r_A/r_B$	К.ч.	Координационный многогранник
0–0,15	2	Гантель
0,15–0,22	3	Треугольник
0,22–0,41	4	Тетраэдр
0,41–0,73	6	Октаэдр
0,73–1,00	8	Куб
1 – 1,236	12	Кубооктаэдр

$R_A$  – радиус катиона,  $R_B$  – радиус аниона