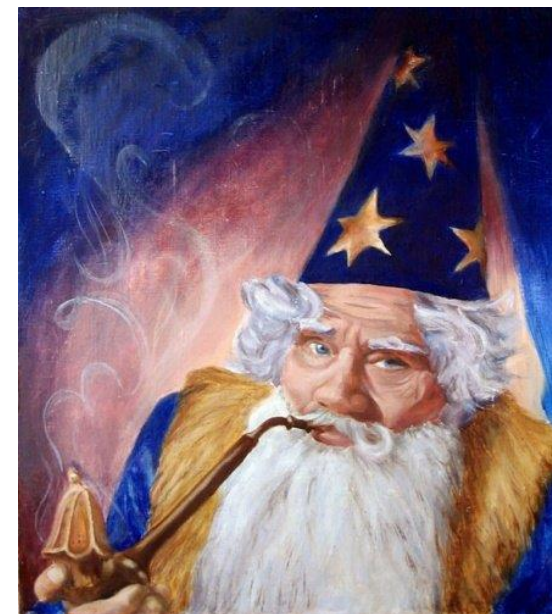


Лекция 5

Симметричные ужасы кристаллического микромира... ИЛИ

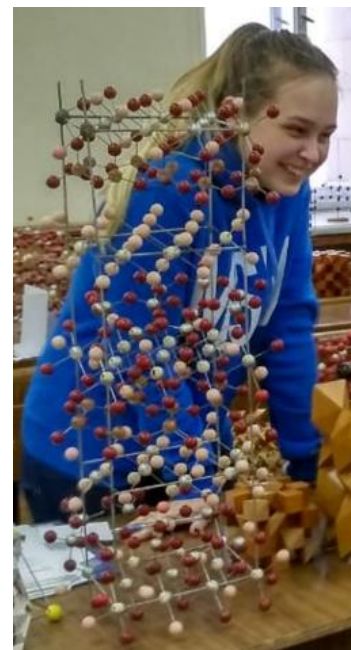


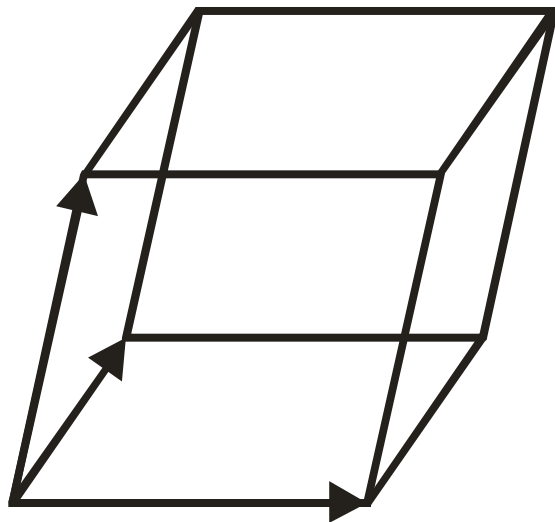
ОСНОВЫ кристаллографической магии



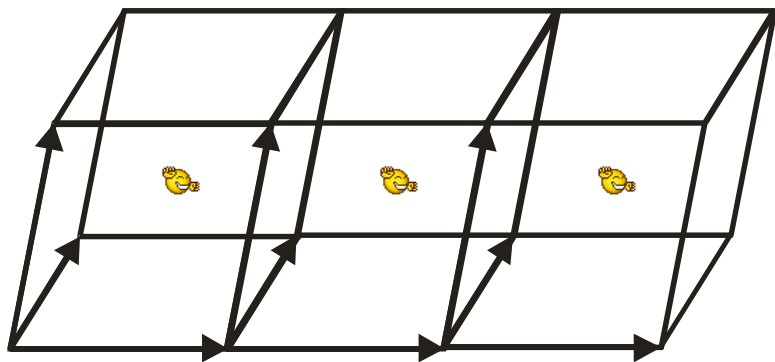
Кристалл условно бесконечен

Если $1 \text{ м} = 1 \text{ ангстрем}$, то кристалл в 1 см будет иметь в микромире размерность $1000000000 \text{ м} = 100000 \text{ км} = 10 \text{ расстояний от Москвы до Пекина}$





Вселенная микромира дискретна
и все самое интересное
сосредоточено в
ЭЛЕМЕНТАРНОЙ ЯЧЕЙКЕ –
параллелепипеде повторяемости,
выбранным с учетом
симметричных особенностей
системы



Трансляция позволяет **мгновенно**
перемещаться между эквивалентными
узлами с одинаковыми координатами
(x, y, z) в **различных** ячейках так как они
эквивалентны!



**Это экспресс-поезд
с бесконечной
скоростью!**





$$32 + 14 = ?$$

Был точечный набор (А)

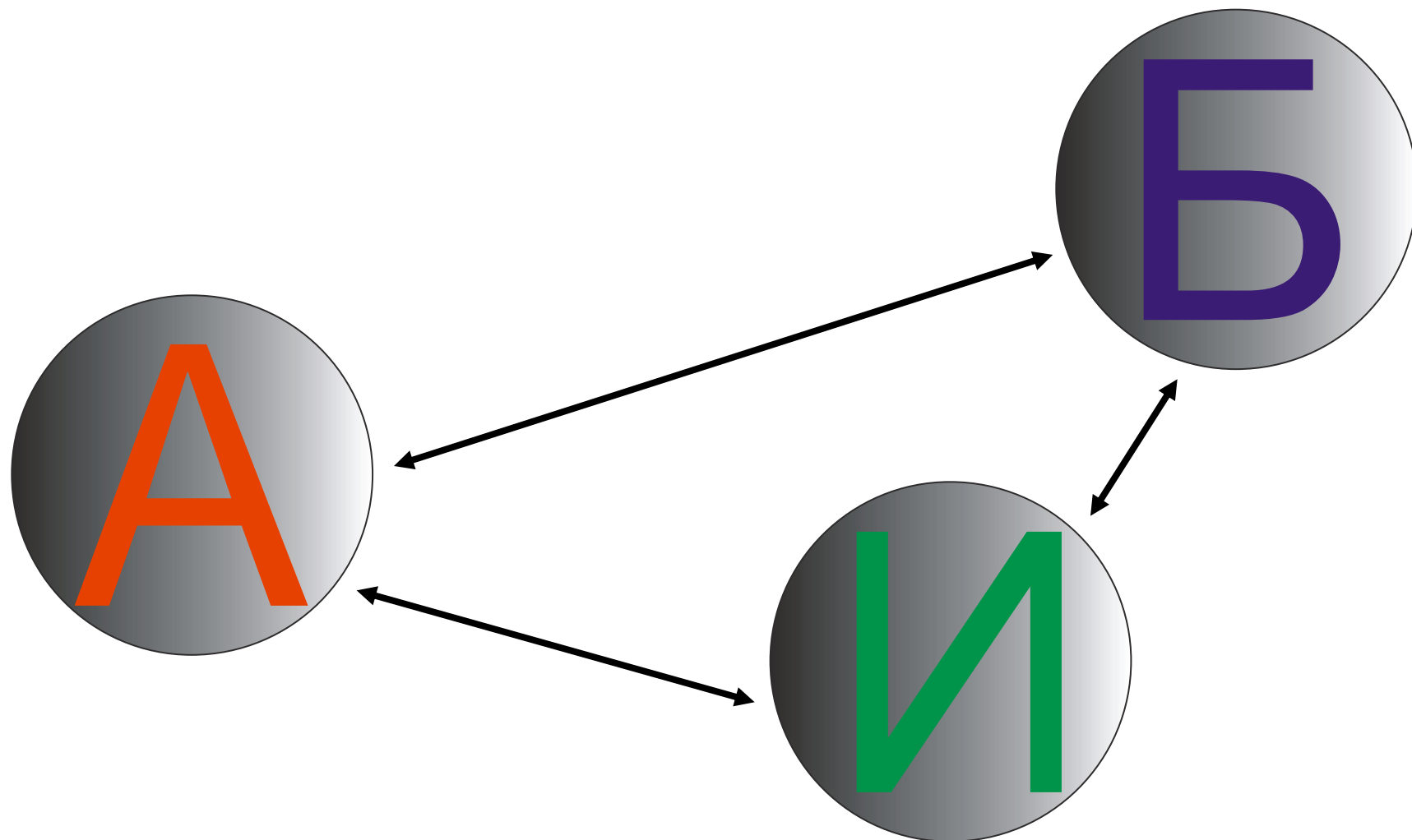
*Была трансляция (Б)
(симпатичная)*



(А) И (Б) сидели на трубе...

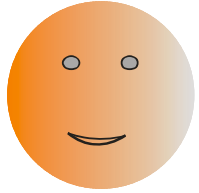
И - что это?

Взаимодействие трансляции с макроэлементами симметрии порождает новые микроэлементы симметрии



Ее взаимодействие с точечными элементами симметрии приводит к появлению:

Винтовых осей (волшебные оси со входом в винтовой портал) и волшебных плоскостей скользящего отражения



Волшебная арифметика

14 решеток

+

32 класса

=

230 пространственных групп!

Надо осознать, что исходная и трансляционная точка – это теперь одно и то же!
Следовательно, элемент симметрии может не оставлять точку на месте а
перемещать
в трансляционный эквивалент!






Переходим на следующий уровень.

1-ое волшебное заклинание кристаллографа



«Портал буравчика»

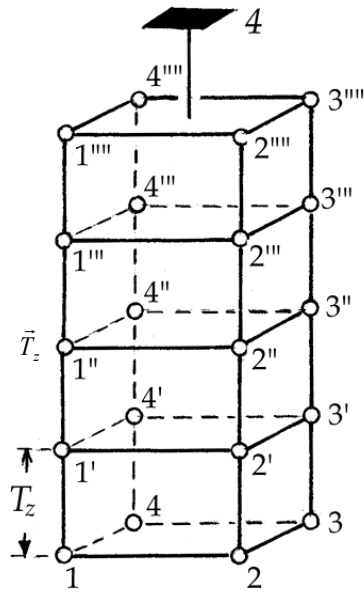
 В микромире можно безболезненно перемещаться, перемещаясь от одного эквивалентного узла в другой. Еще один инструмент (воображаемый геометрический образ), для такого симметрического преобразования – **волшебная ось n -ого порядка**



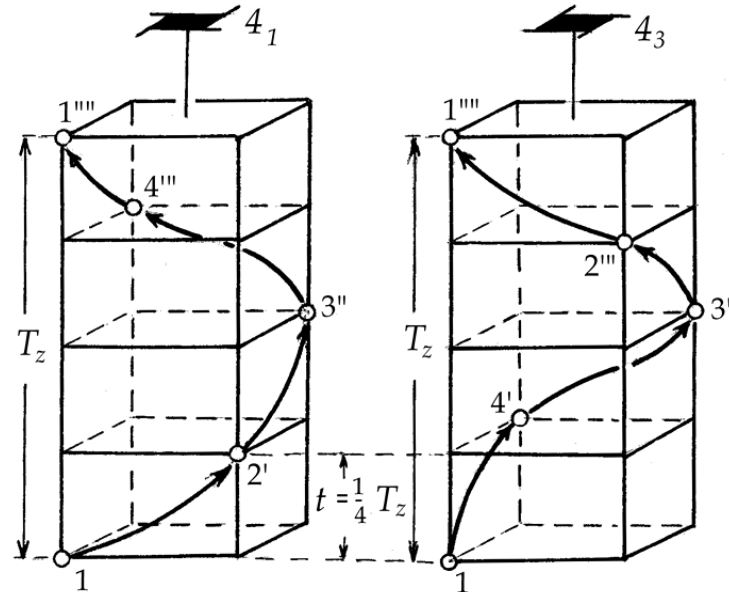


«Винтовой портал»

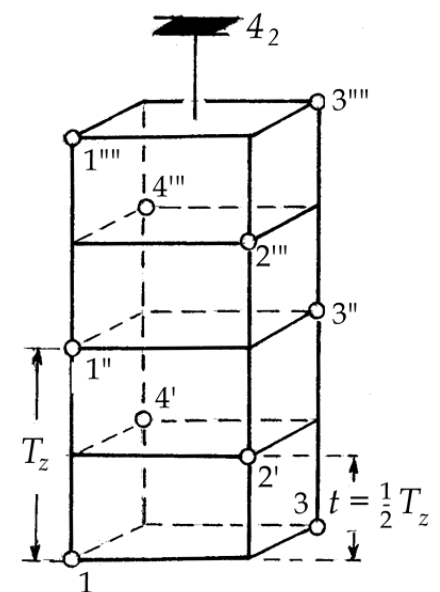
Иллюстрация взаимодействия поворотной оси 4-го порядка с параллельным ей



четверная поворотная ось 4



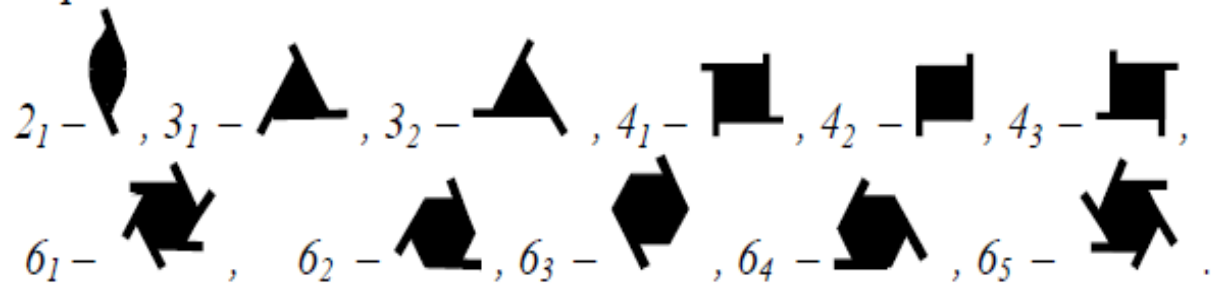
энантиоморфные винтовые оси 4₁ (правая) и 4₃ (левая)
















нейтральная винтовая ось 4₂



«Винтовой портал»



Порядок оси	Макроэлемент	Микроаналоги				
2						
3						
4						
5	Не сегодня					
6						

Осей 6-ого порядка ШЕСТЬ!



2-ое волшебное заклинание кристаллографа

«Портал кривых зеркал»



В микромире можно безболезненно перемещаться, прыгая от одного эквивалентного узла в другой. Еще один из инструментов для прыжка – волшебная плоскость-зеркало



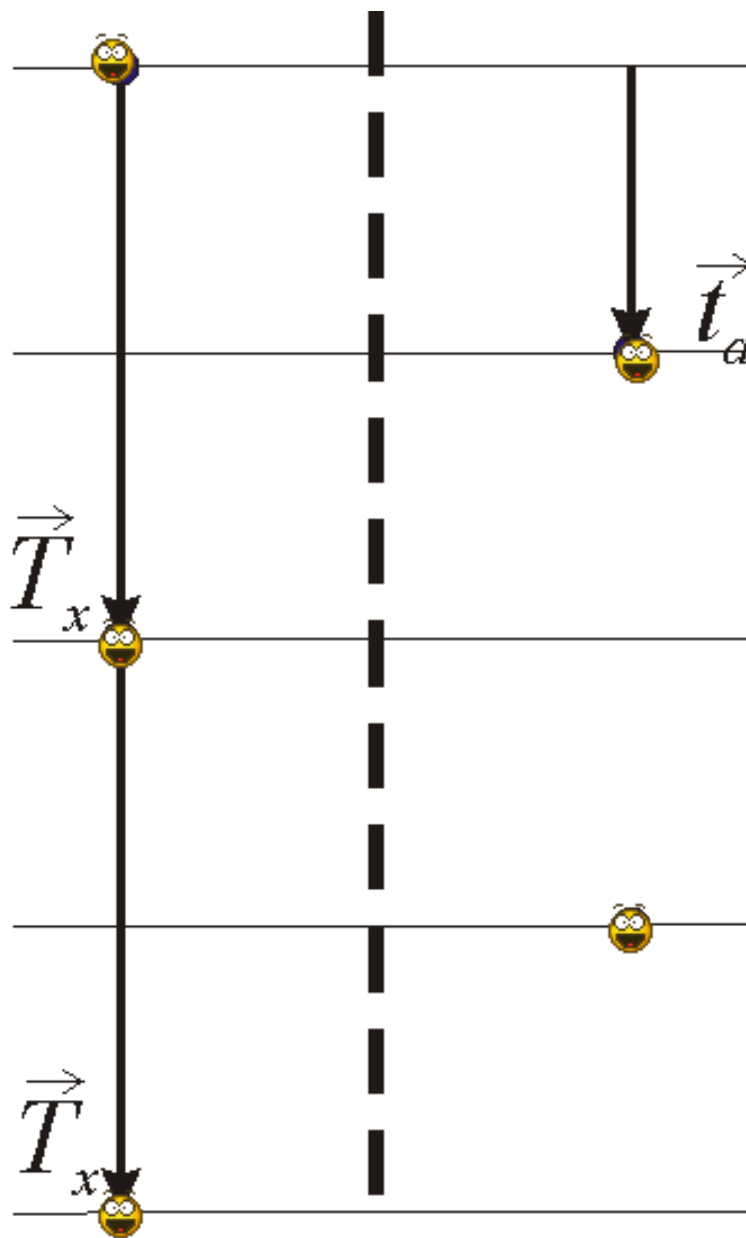
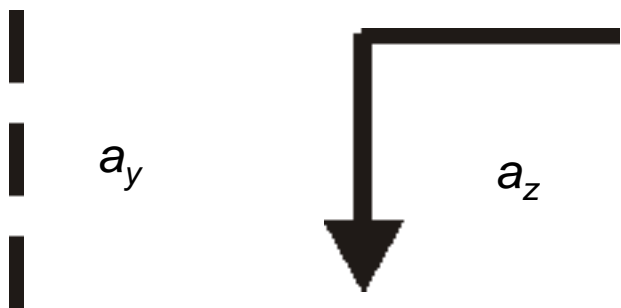


Волшебная плоскость скользящего отражения

a

Фигурка отражается в плоскости и входит в портал, выскочив из него через половину трансляции по координате *x*

Обозначения :

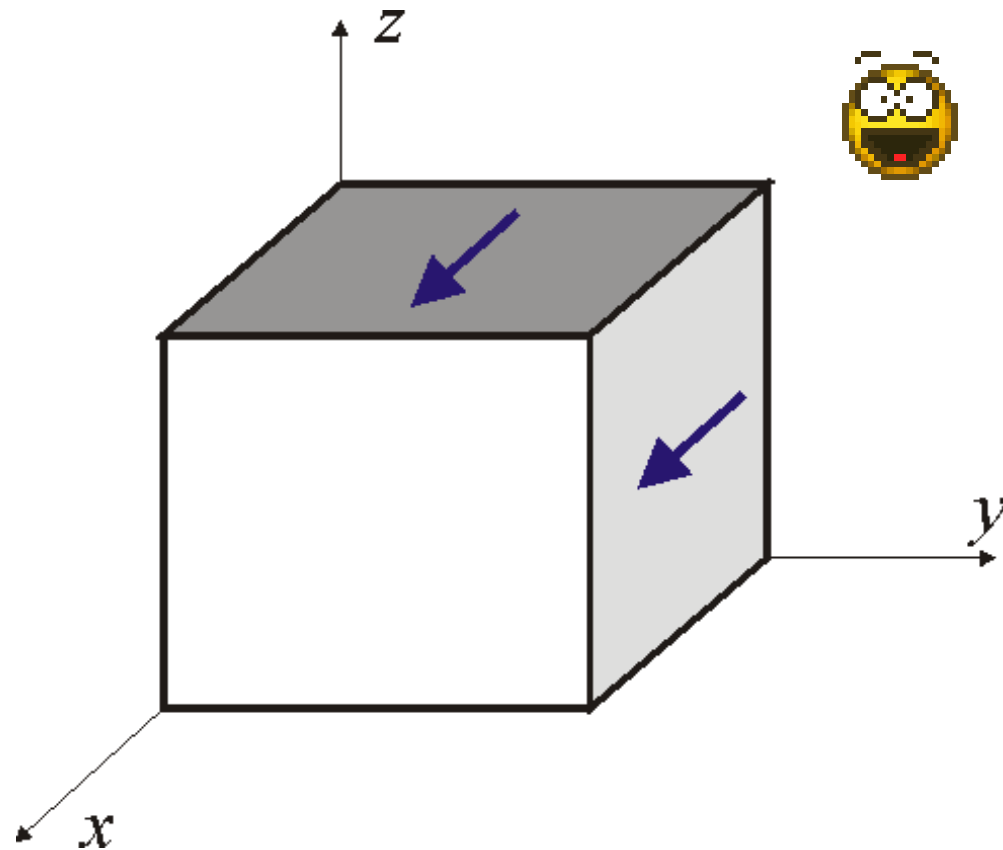




Волшебная плоскость

скользящего отражения

a



a_z — горизонтальная плоскость, скользящего отражения; нормаль перпендикулярна оси z

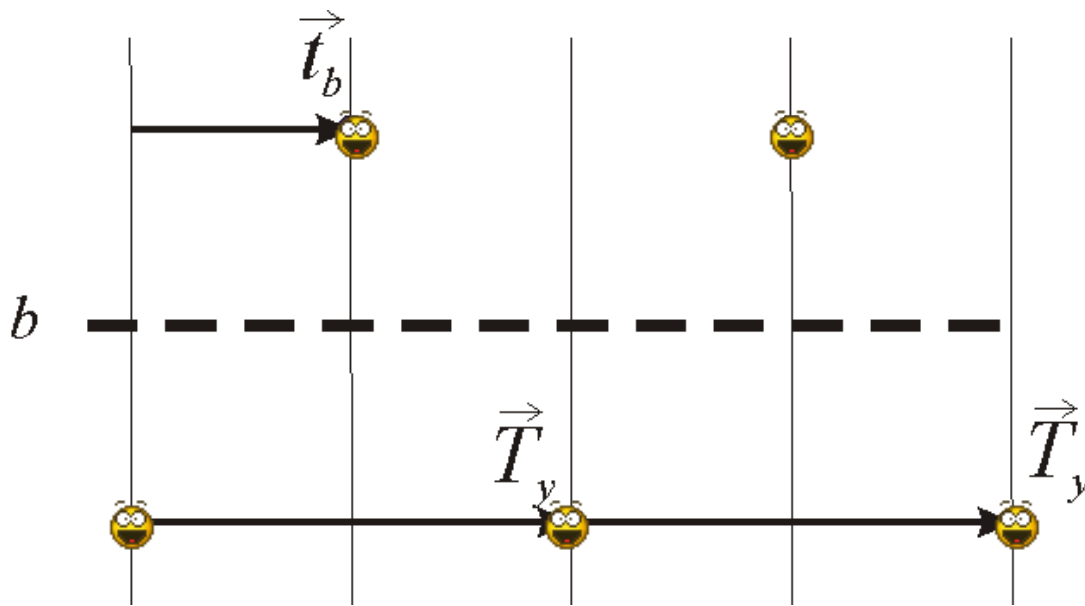
a_y — вертикальная плоскость, скользящего отражения; нормаль перпендикулярна оси y

a_x — **быть не может!**



Волшебная плоскость скользящего отражения

b



Фигурка отражается в плоскости и входит в портал, выскочив из него через половину трансляции по координате y

Обозначения :

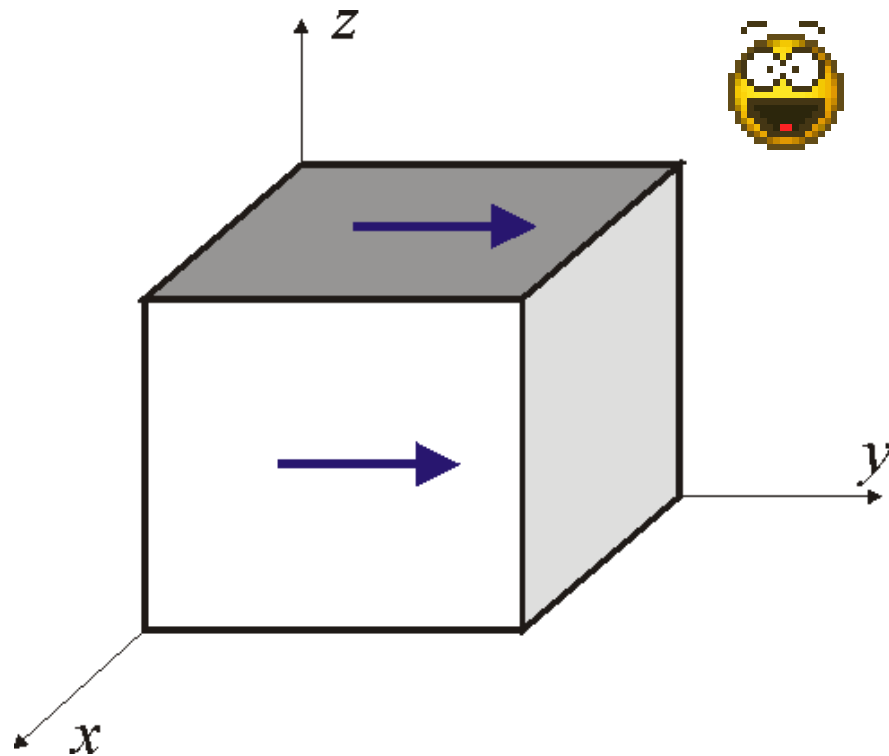




Волшебная плоскость

скользящего отражения

b



b_z – горизонтальная плоскость скользящего отражения; нормаль перпендикулярна оси z

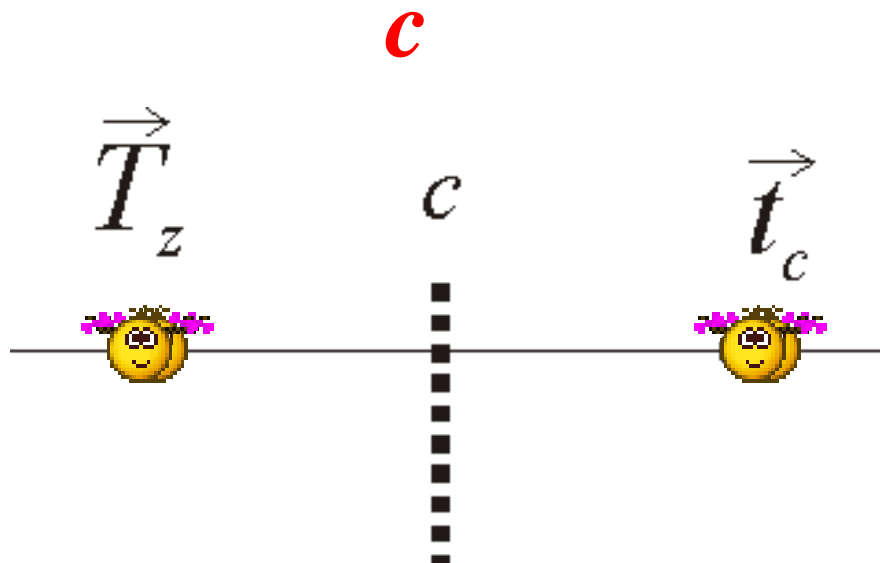
b_x – вертикальная плоскость скользящего отражения; нормаль перпендикулярна оси x

b_y – ***быть не может!***

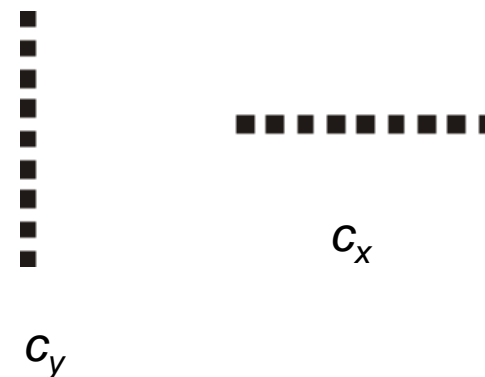


Волшебная плоскость скользящего отражения

Фигурка отражается в плоскости и входит в портал, выскочив из него через половину трансляции по координате z



Обозначения :

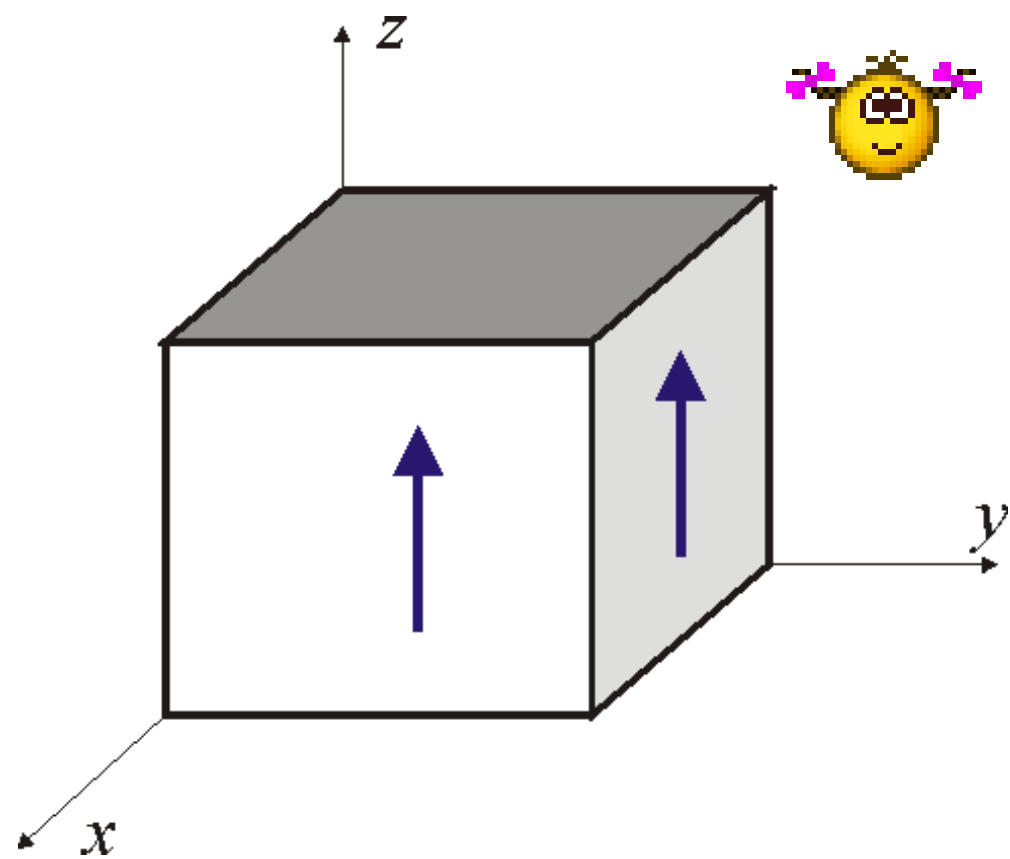




Волшебная плоскость

скользящего отражения

с



s_x — вертикальная плоскость скользящего отражения; нормаль перпендикулярна оси x

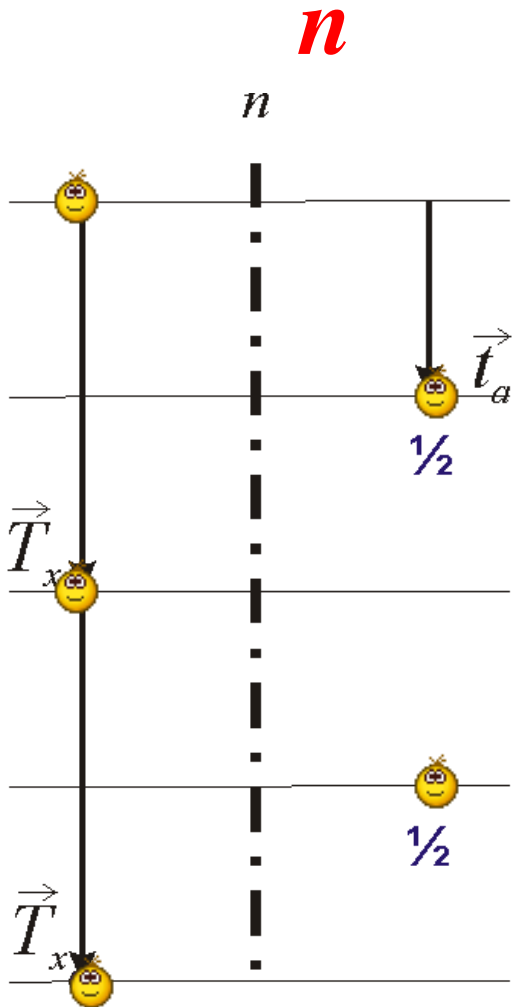
s_y — вертикальная плоскость скользящего отражения; нормаль перпендикулярна оси y

горизонтальной с быть не может!

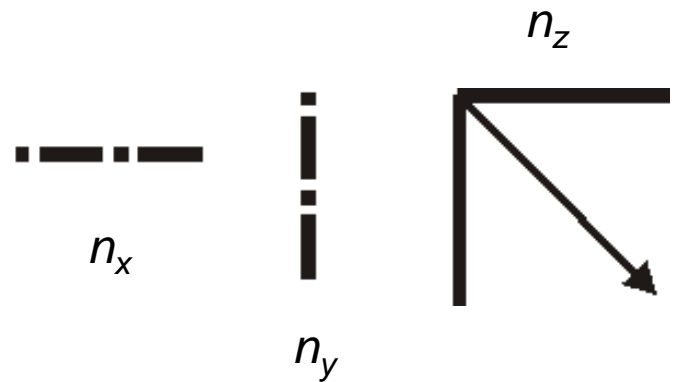


Волшебная КЛИНО- плоскость

Фигурка отражается в плоскости и входит в портал, выскочив из него через половину трансляции по двум координатам



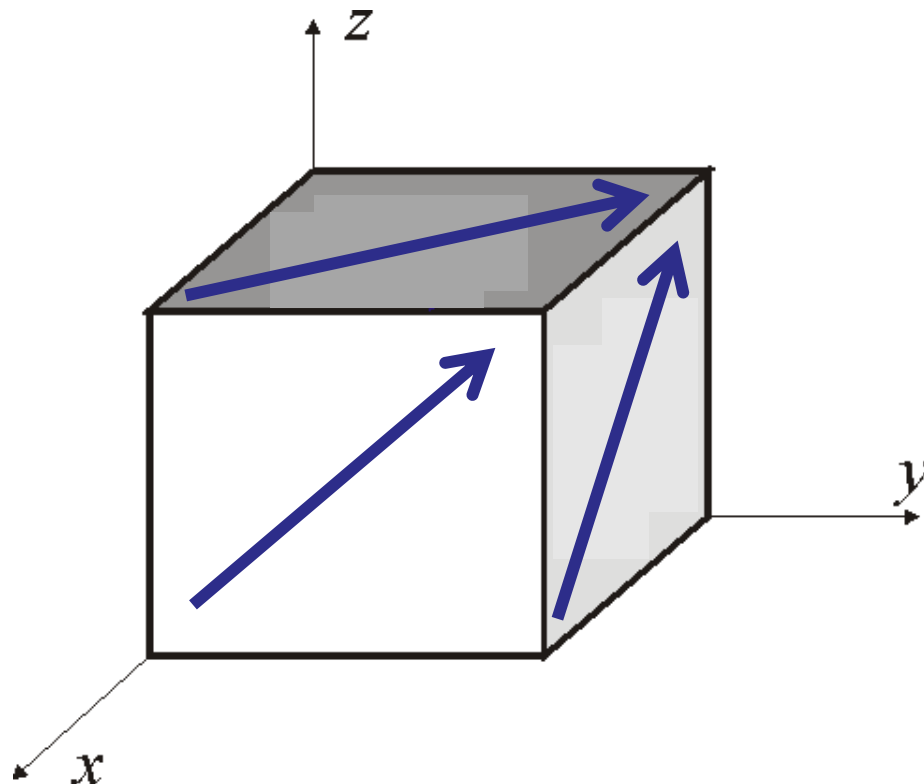
Обозначения :





Волшебная
КЛИНО-
плоскость

n



*Плоскость **n** может иметь
три различные ориентации*



Волшебная
клино-
плоскость

d



Есть еще



Волшебная
плоскость
скользящего
отражения

e



и другие...

Так что не думайте,
что вам прям так сразу
все расскажут

Заклинания взаимодействия





1-ое волшебное заклинание кристаллографа

«Клон»



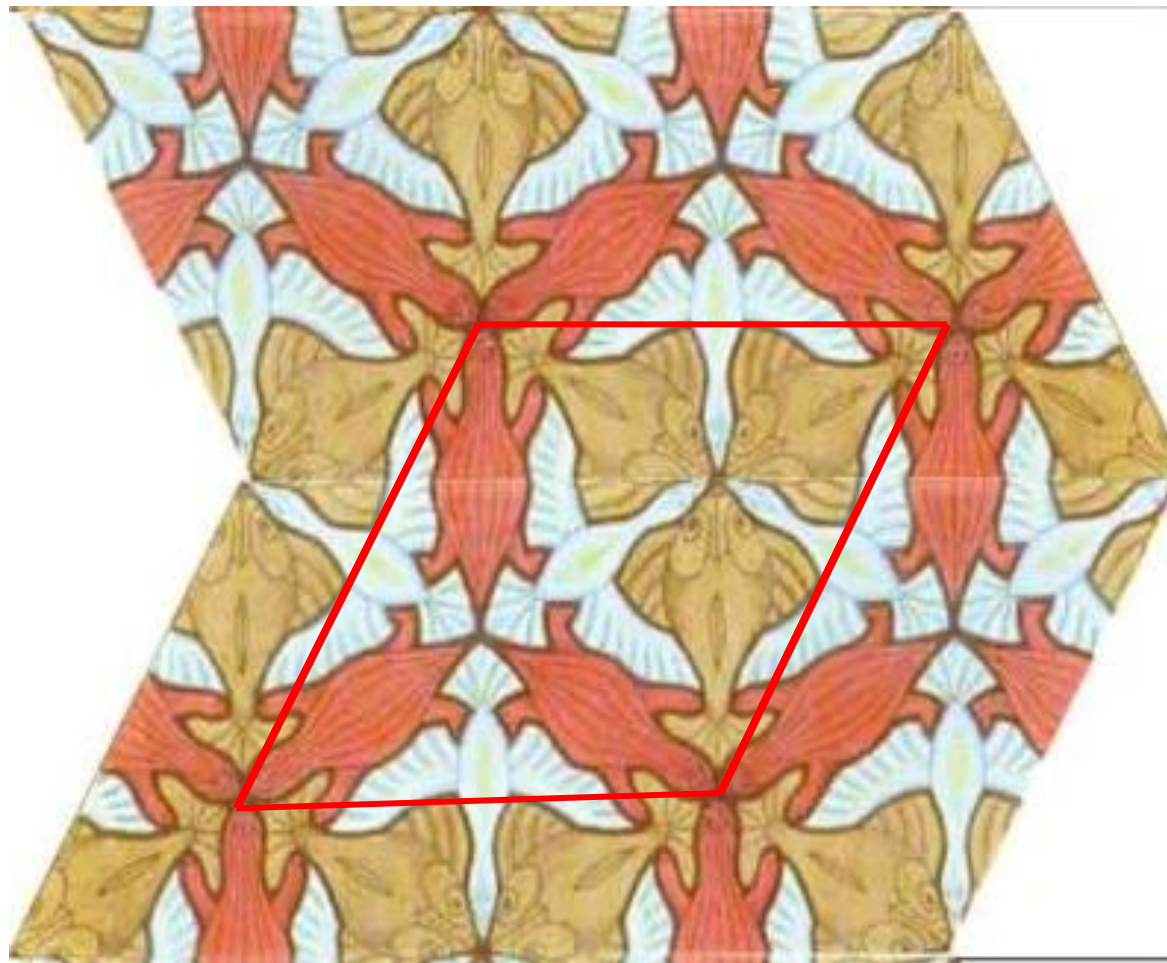
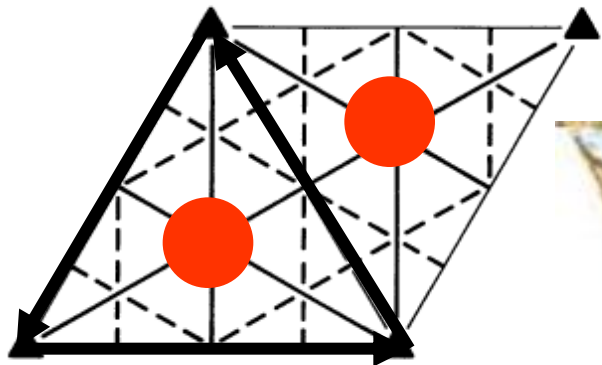
Берем поворотную ось n -ого порядка

и прикладываем к нему трансляцию.

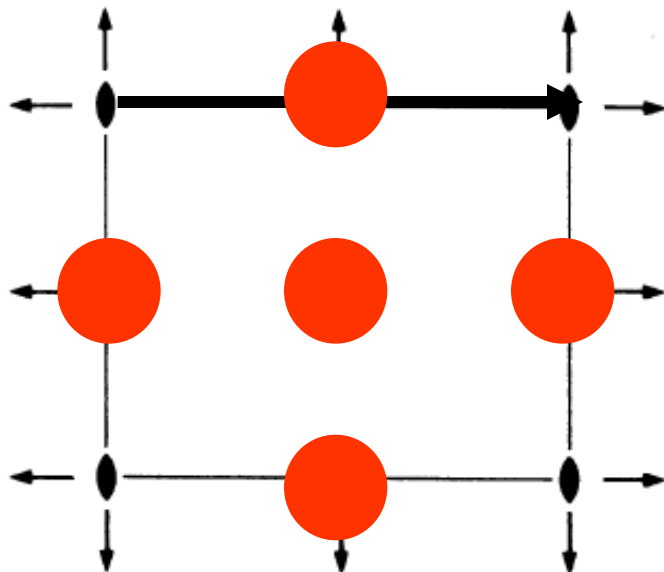


**В результате кристаллографической магии,
используя волшебную палочку и произнеся «Clone!»
клонировается ось n -ого порядка
в центре магического n -угольника,
построенного на этой трансляции**

Например:



Еще:





2-ое волшебное заклинание геохимика *«Поиск портала»*

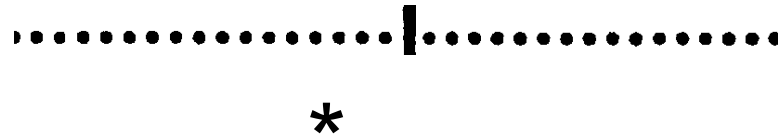


Когда встречаются две волшебные плоскости



**Необходимо учитывать все операции симметрии плоскости
скользящего отражения**

Например:



$$C_x = m_x t_z$$



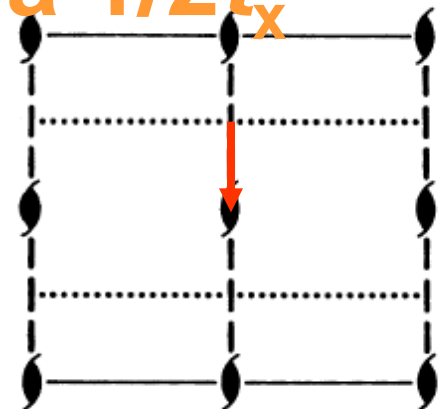
$$a_y = m_y t_x$$

$$= 2_{1z}$$

смещенная
на $1/2 t_x$

$$= m_y^* m_x t_x t_z$$

$$= 2_z t_z t_x = 2_{1z} t_x$$

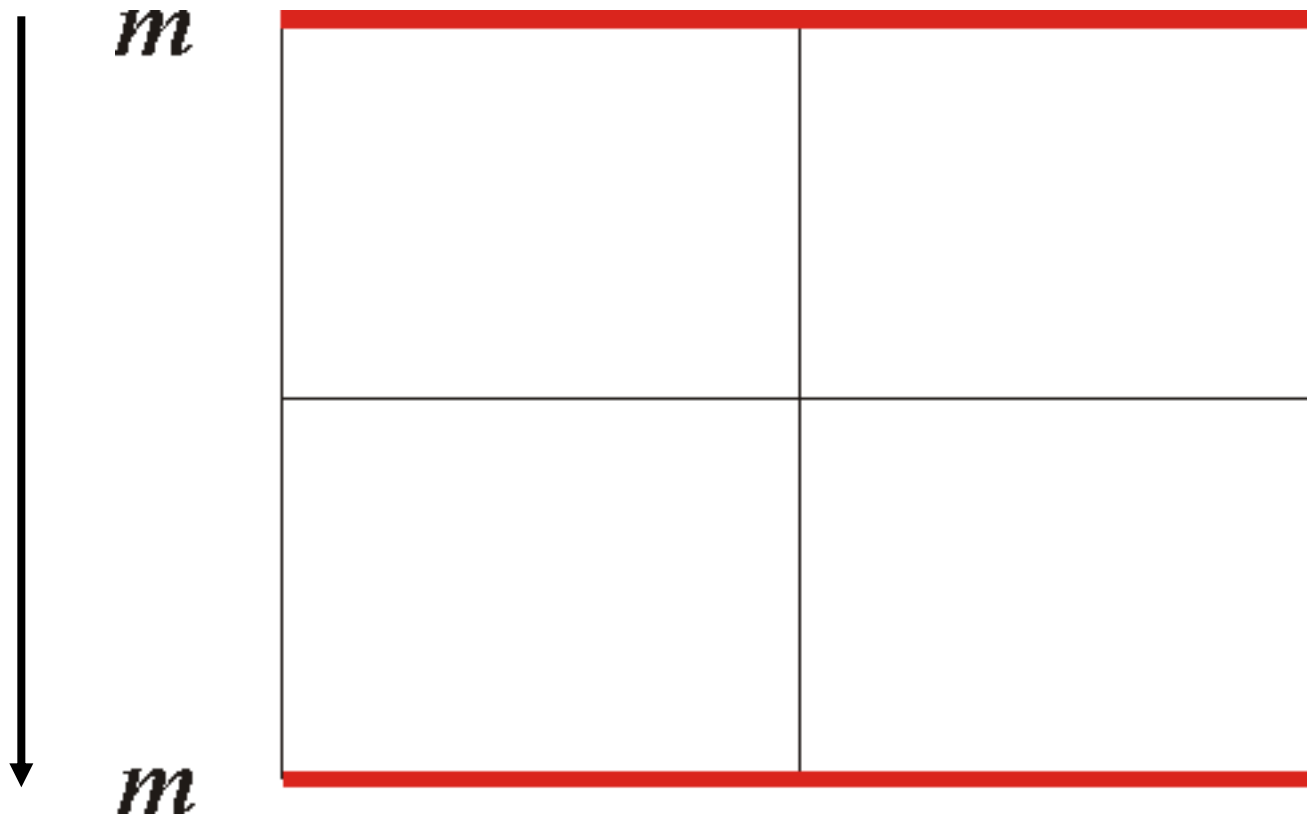


Откуда родилась трансляция?

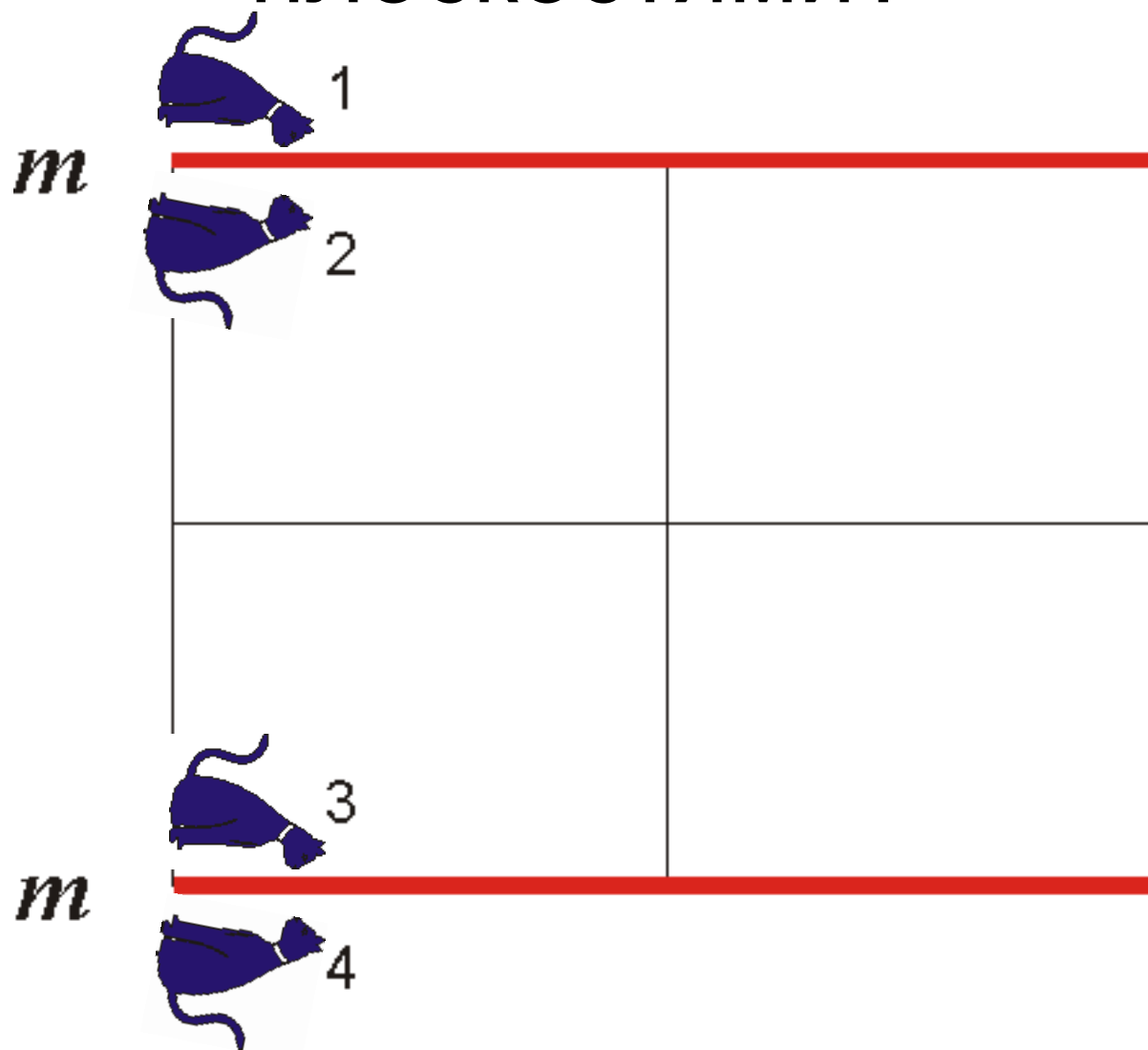


Принес аист?
Нашли в капусте?
Родилась из пены
как Афродита?
Как то еще?

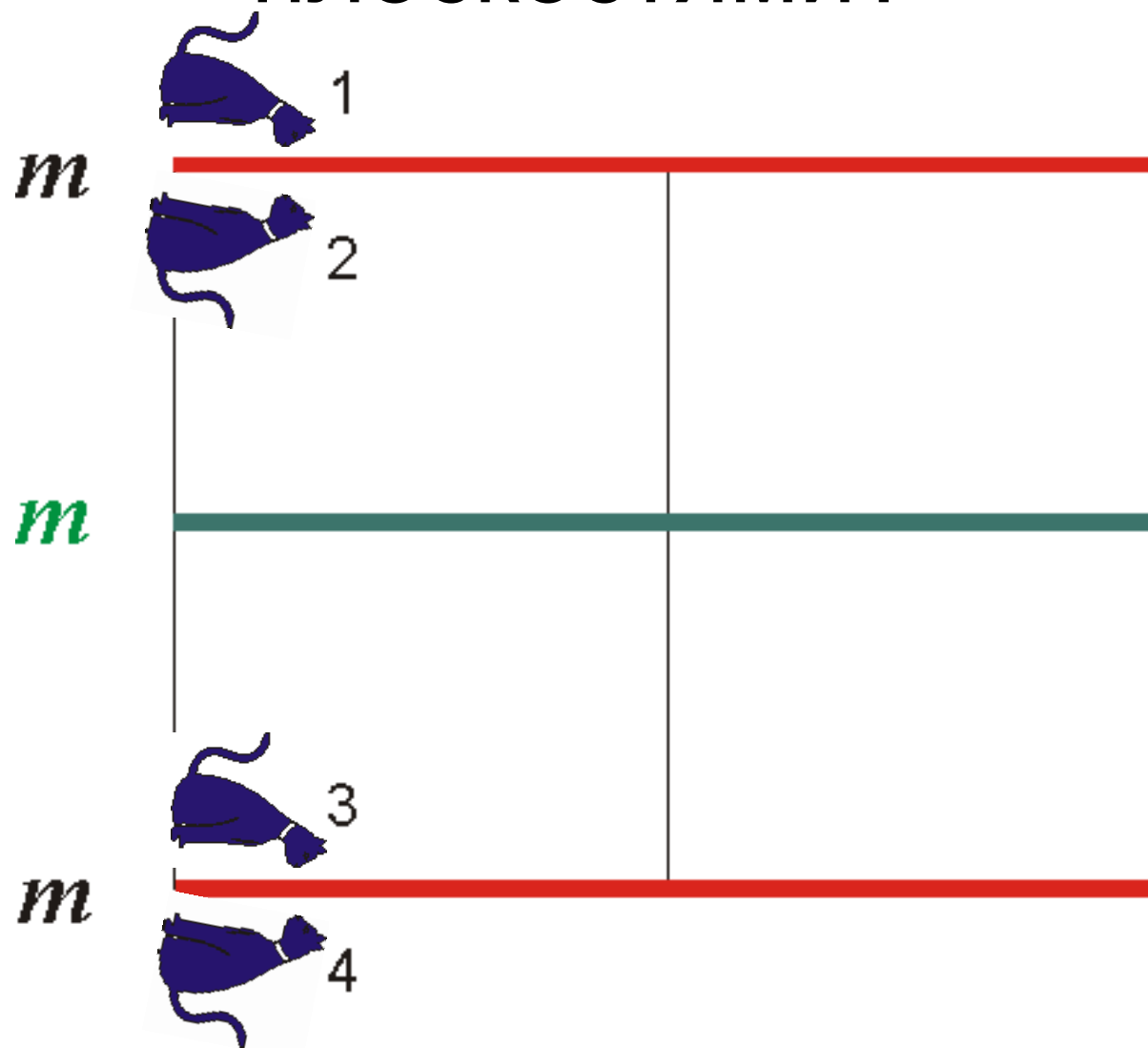
Для этого проверим, как трансляция сосуществует с плоскостями?



А как трансляция сосуществует с плоскостями?



А как трансляция сосуществует с плоскостями?



И если Европа родилась
из пены...

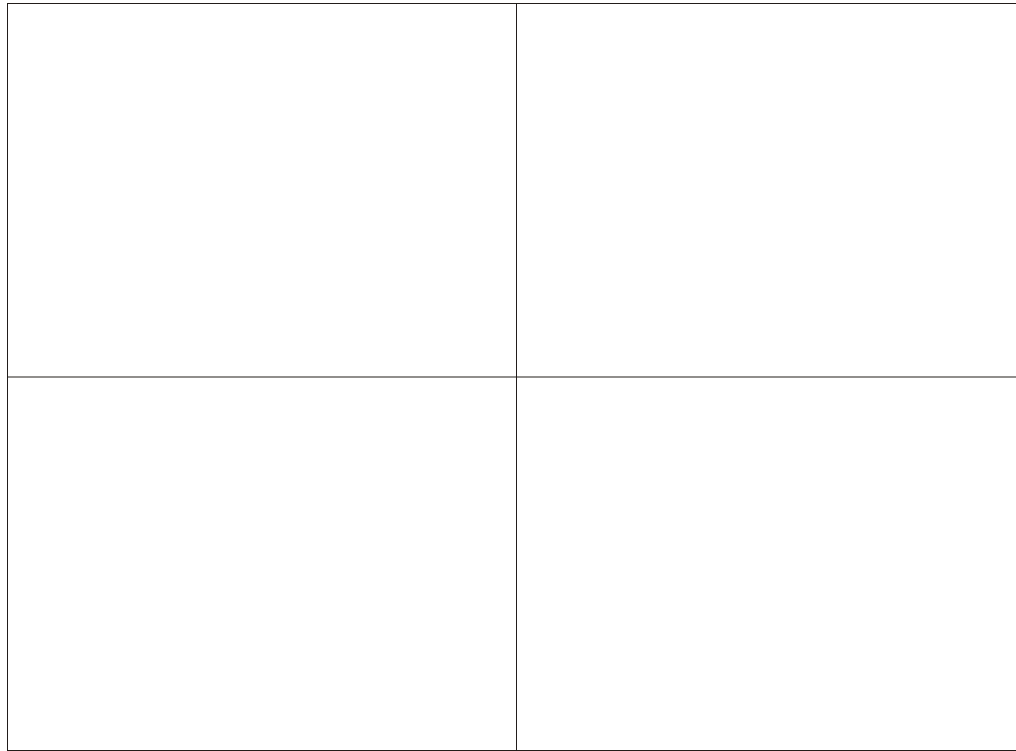


То трансляция родилась (например, так как есть еще варианты)



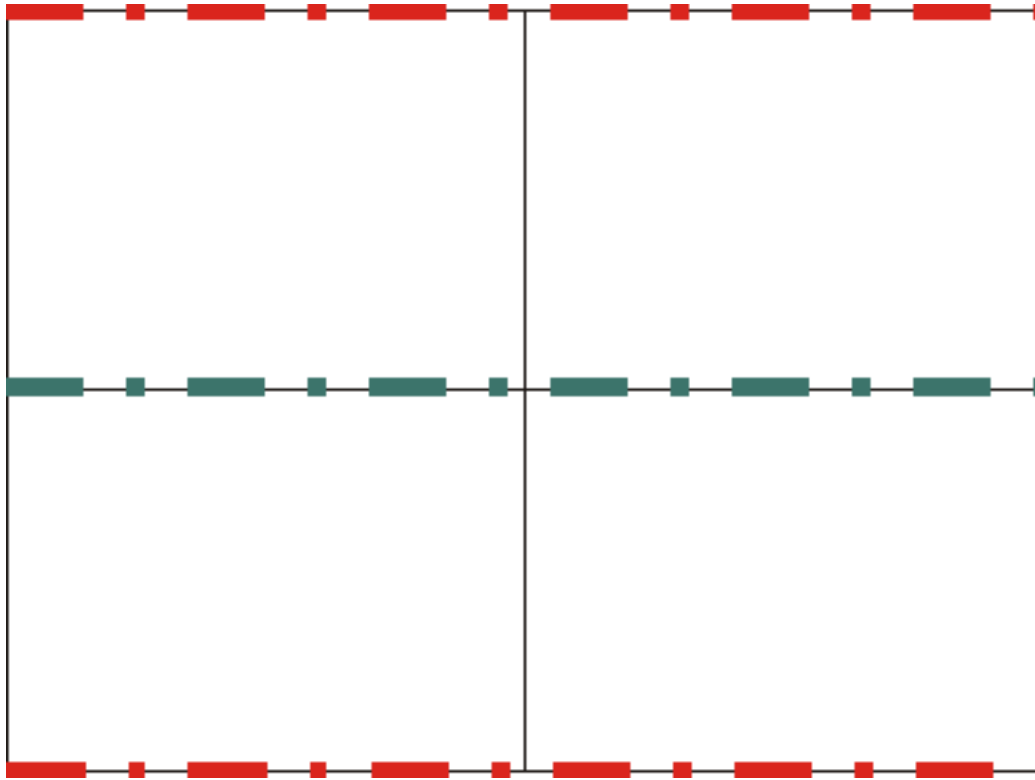
**В результате взаимодействия двух параллельных плоскостей,
находящихся друг от друга на расстоянии
в два раза меньшем, чем длина новорожденной...**

Этапы построения графика группы Pnc ?



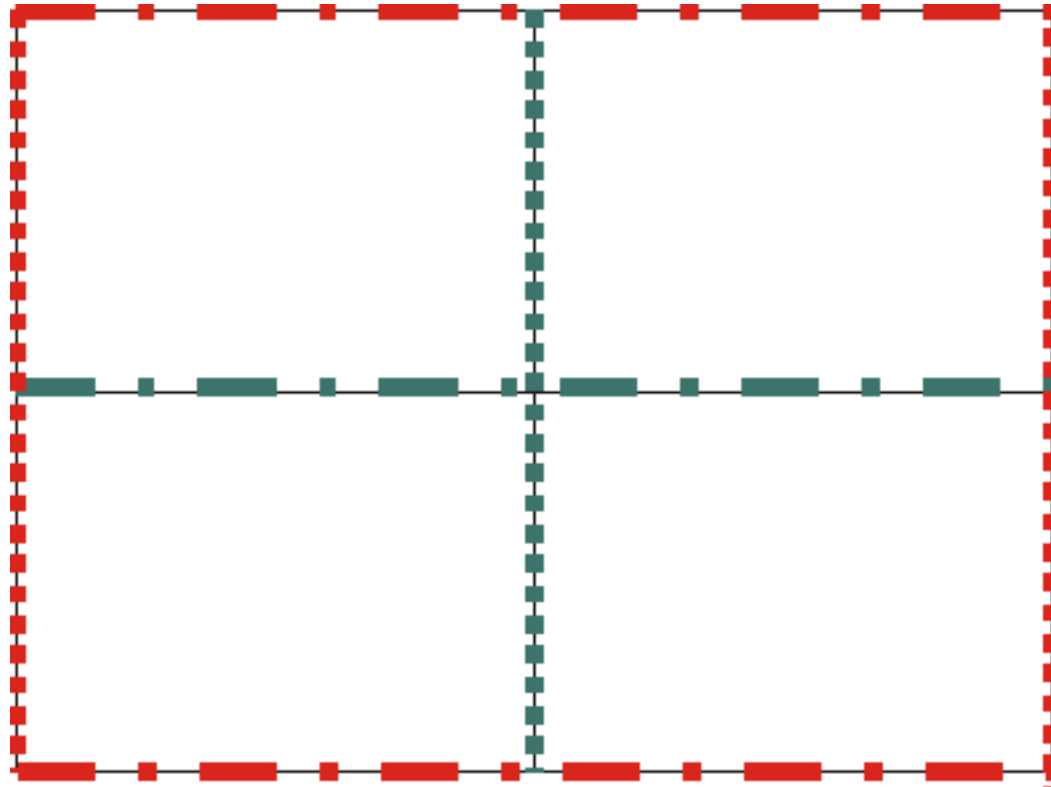
1) Вычерчиваем контуры ячейки **ТОНКИМИ** линиями, отмечаем
срединные линии

Этапы построения графика группы Pnc ?



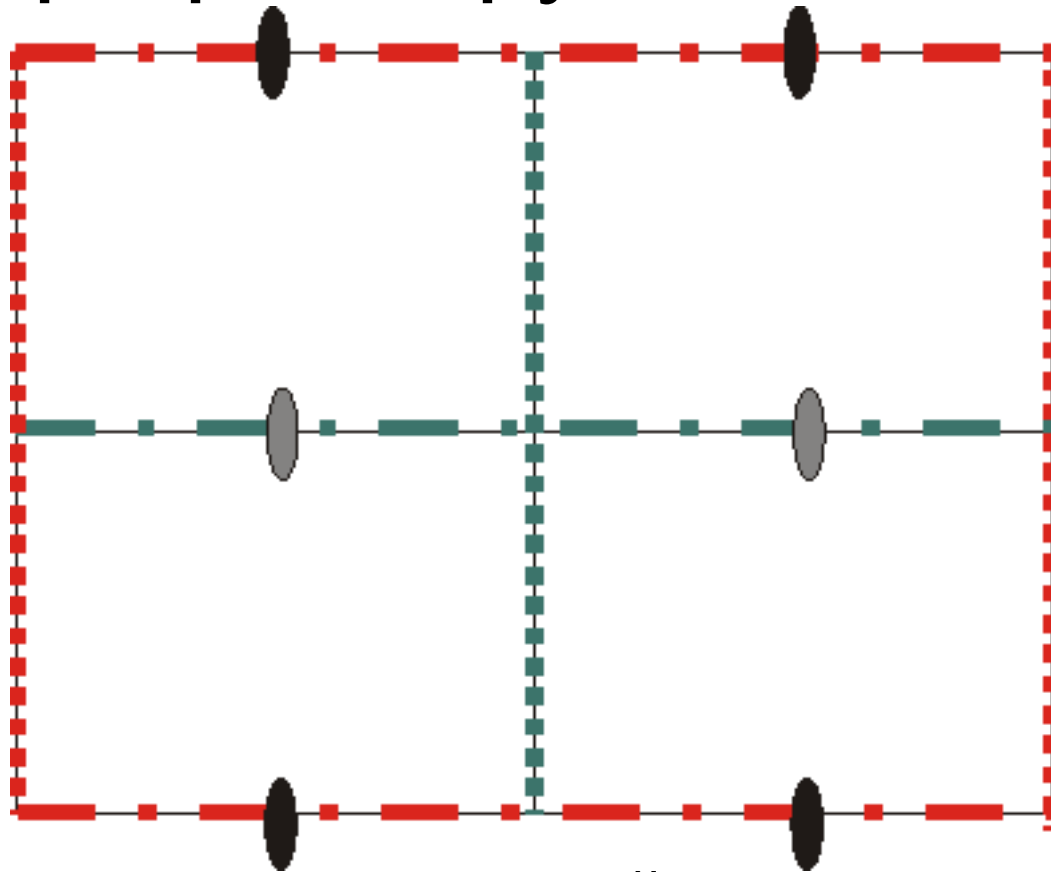
2) Наносим плоскости n , перпендикулярные направлению x :
начальные и появившиеся в результате взаимодействия с \vec{T}_x

Этапы построения графика группы Pnc ?



3) Наносим плоскости σ_u , начальные и появившиеся в результате взаимодействия с \vec{T}_y

Этапы построения графика группы Pnc ?



4) Ищем результат их взаимодействия, представляя каждую плоскость как совокупность макроплоскости и трансляционной составляющей

Число степеней свободы точки

ЧСС



Число измерений,
в которых можно
смещать точку и при этом ее
комплекс
макросимметрии (СП)
не изменится

Аналізу подвергаються тільки позиції, зафіксовані макроелементами симетрії!! Елементи симетрії, що містять трансляцію не залишають точку на місці і, відповідно, розмножують її!!

Центр інверсії,
особі точки інверсійних осей.

Ось 2, 3, 4, 6

Плоскість m

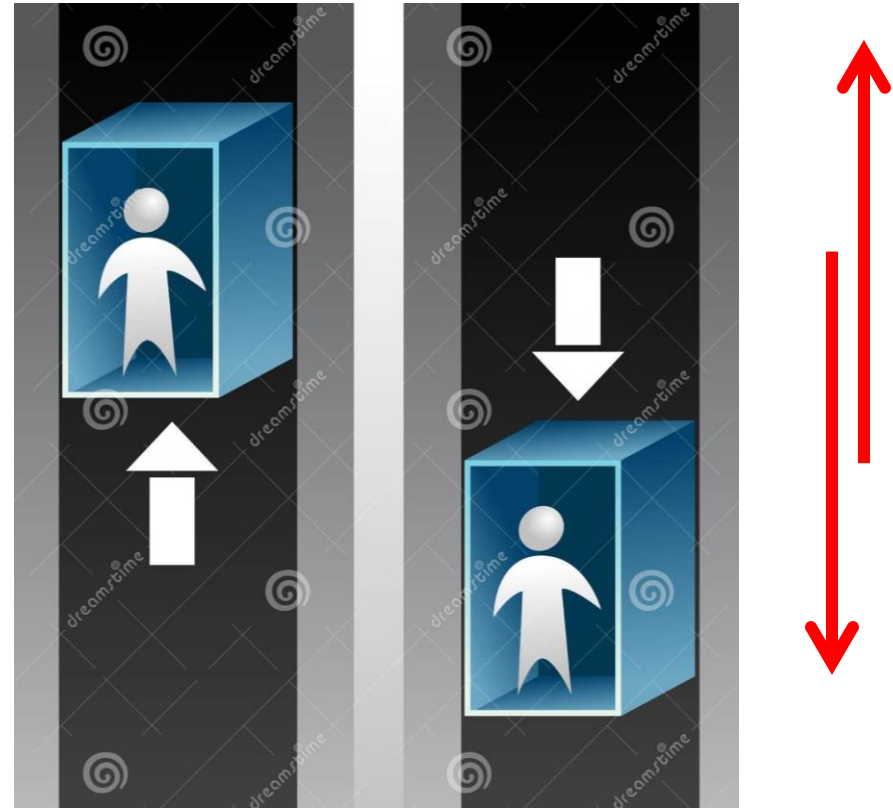
– 0 степеней свободы

– 1 степень свободы

– 2 степени свободы

Число степеней свободы точки ЧСС

Макроэлементы симметрии ограничивают свободу позиции!



Поворотные оси 2, 3, 4, 6 допускают только 1 степень свободы!
Перемещение позиции в направлении протяженности оси не меняет ее симметрии.

Число степеней свободы точки ЧСС

Макроэлементы симметрии ограничивают свободу позиции!

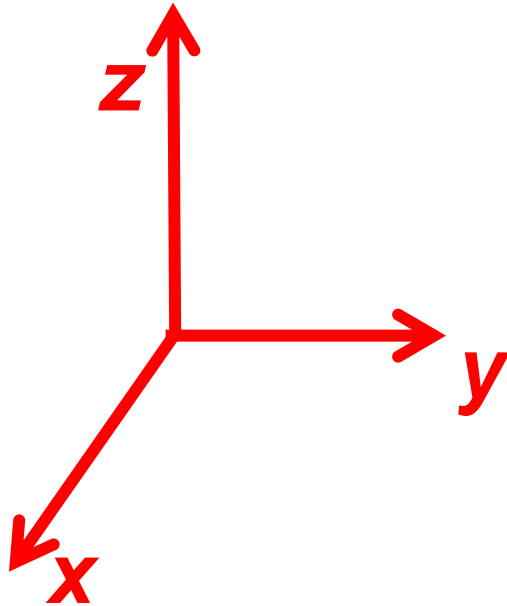


Плоскость t допускает 2 степени свободы!

Например, для плоскости для tz , изменение координат x и (или) y не меняет ее симметрии.

Число степеней свободы точки ЧСС

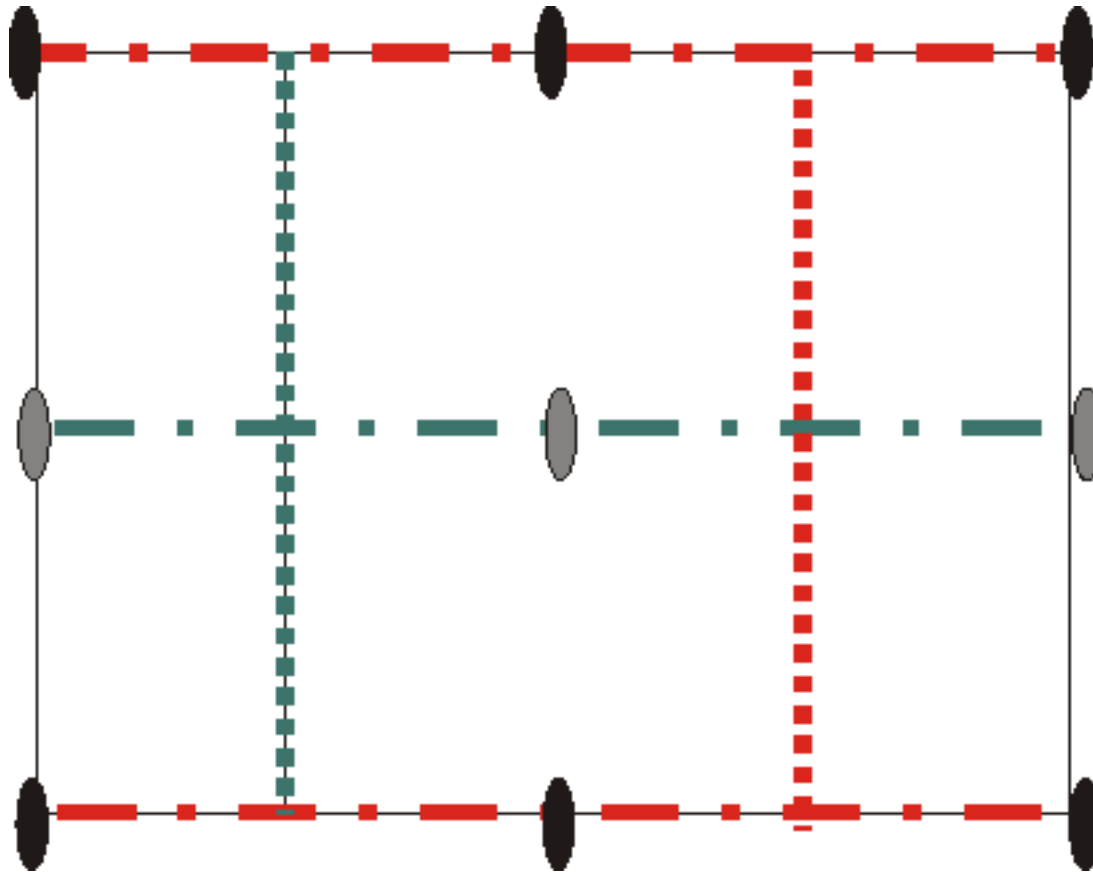
Макроэлементы симметрии ограничивают свободу позиции!



Особые точки инверсионных осей.

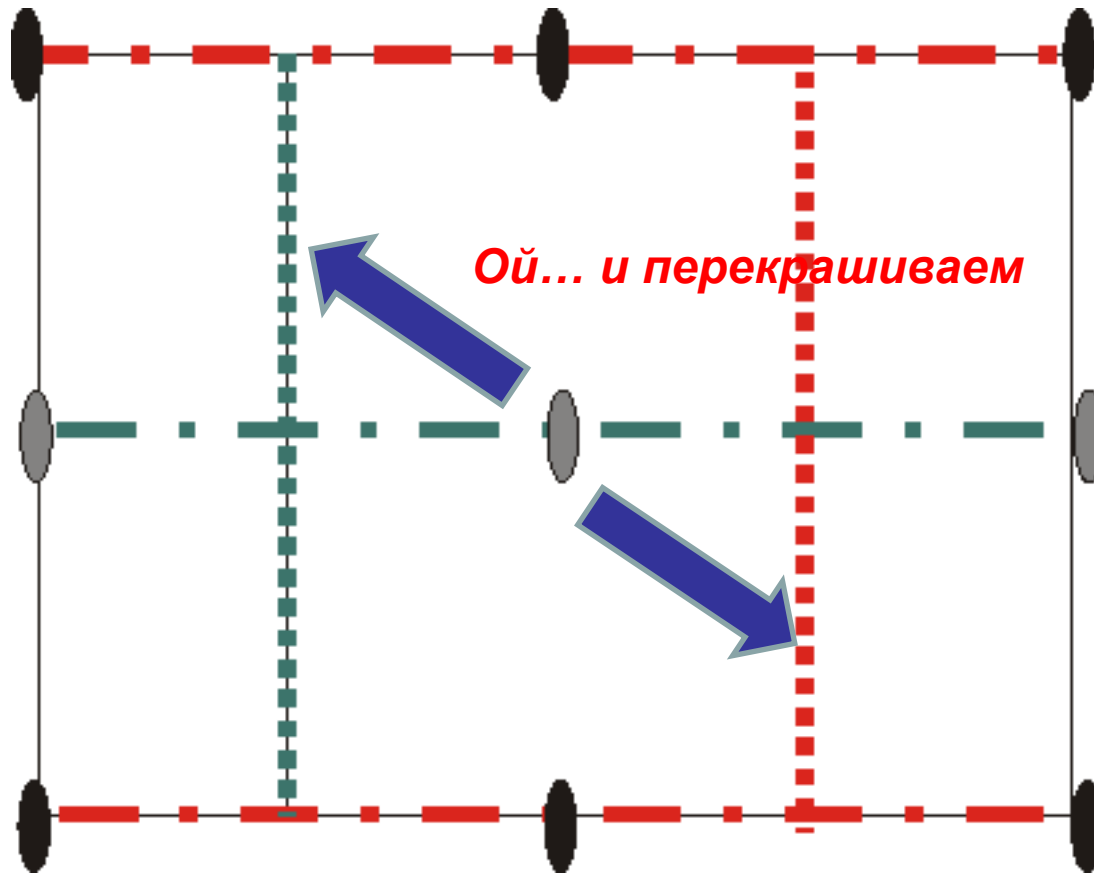
– 0 степеней свободы

Этапы построения графика группы $Pnc2$



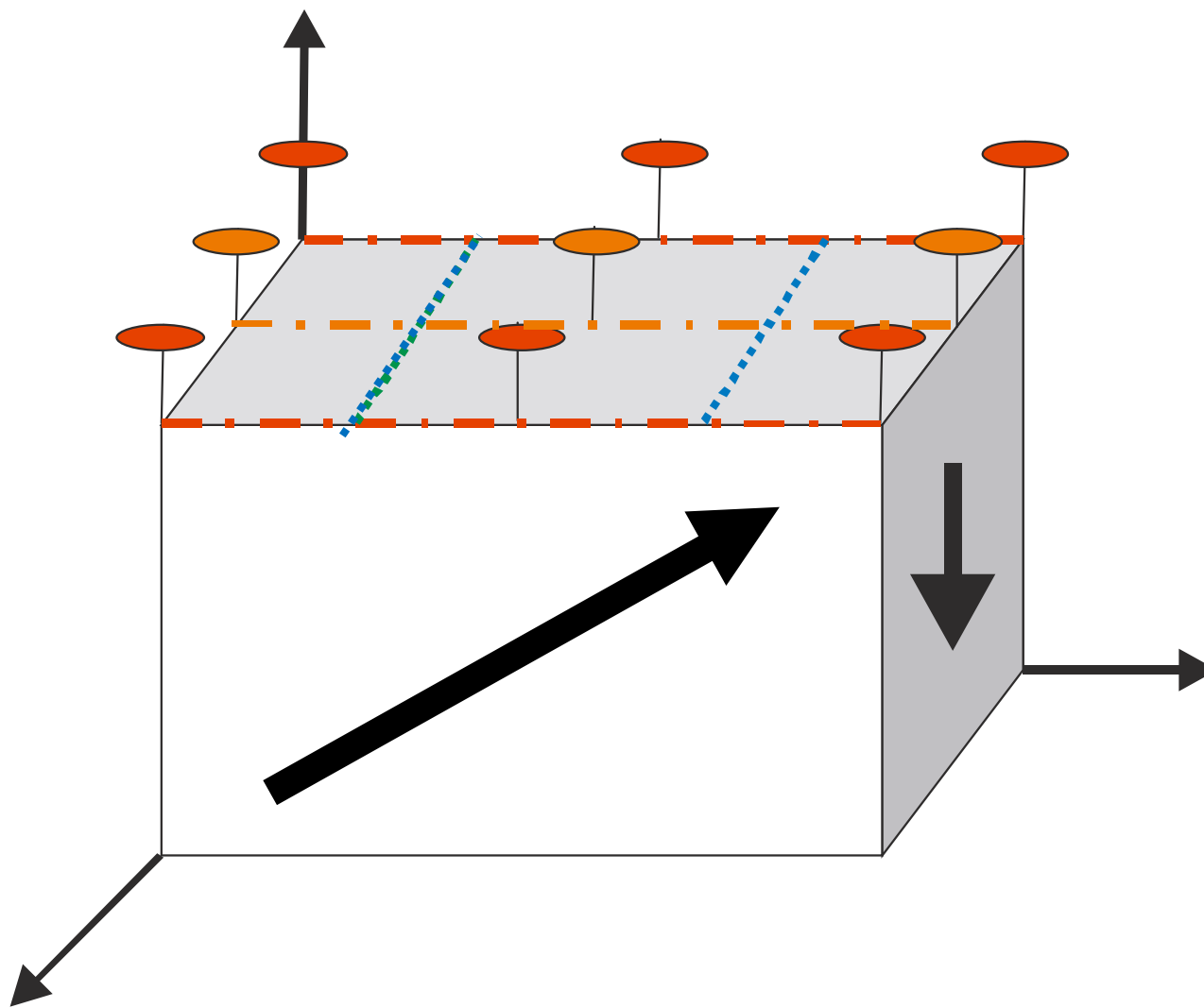
5) Выбираем правильно начало координат (в самой неподвижной точки с наименьшим числом степеней свободы) ЧСС

Этапы построения графика группы $Pnc2$



5) Плоскости su – эквивалентны, так как они связаны осями 2_z

Группа $Pnc2$



В следующий раз



- **Характеристики правильных систем точек**
- **Магическая книга кристаллографа**
- **Позиция Уайкоффа – что это?**
- **Как найти трижды в одном месте центр в группах *ттт*. Разбор группы *Ptab***
- **Ромбические группы, повернутые набор – дубли или клоны?**