

КРИСТАЛЛОГРАФИЯ

(полный курс – 1 и 2 семестр)



читается **исключительно**

студентам

геохимического потока

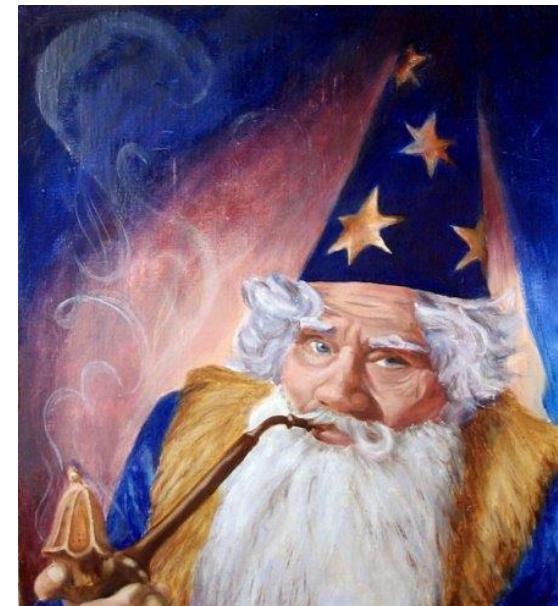
Геологического факультета МГУ

Занятие 1

Обещанные симметрийные ужасы
кристаллического микромира...
или



Основы кристаллографической магии



Транспортная проблема в государстве кристаллического микромира очень актуальна

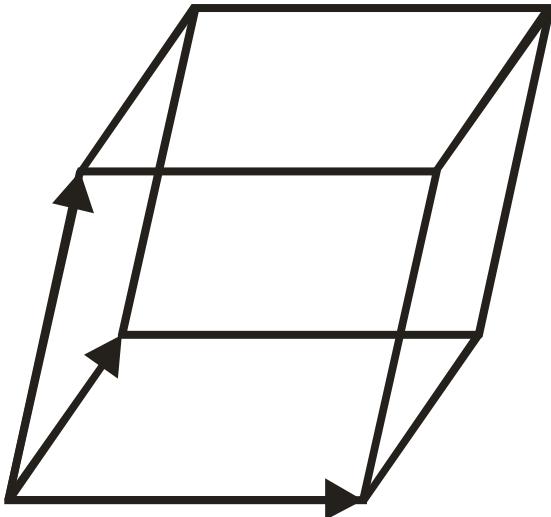
Внешние перевозки

(если 1 м = 1 ангстрему, то кристалл в 1 см будет иметь в микромире размерность 100000000 м = 100000 км = 10 расстояний от Москвы до Владивостока) т.е. РЖД не особо годится

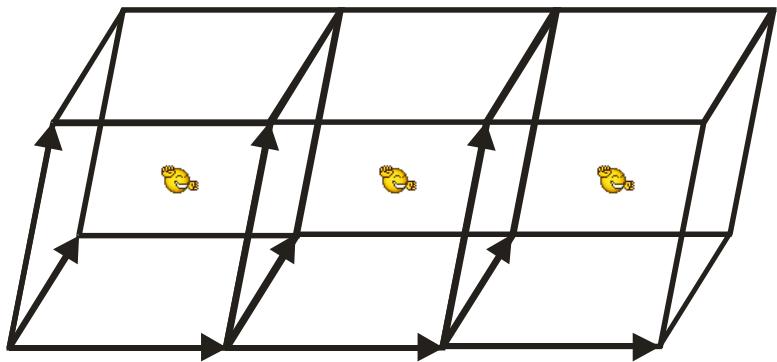


Внутренние перевозки

(элементарные ячейки бывают тоже большие!)



Вселенная микромира дискретна
и все самое интересное
сосредоточено в
ЭЛЕМЕНТАРНОЙ ЯЧЕЙКЕ –
параллелепипеде повторяемости

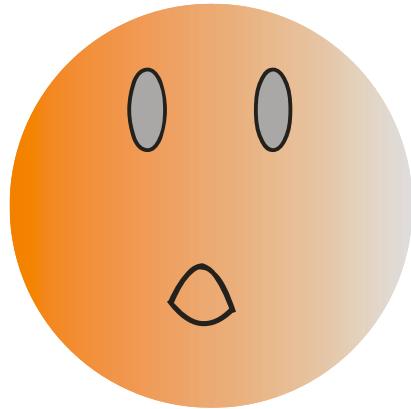


Трансляция позволяет **мгновенно**
перемещаться между эквивалентными
узлами с одинаковыми координатами
(x, y, z) **в различных ячейках** так как они
эквивалентны!



Это евро-экспресс
ICE с бесконечной
скоростью!





$$32 + 14 = ?$$

Был точечный набор (А)

*Была трансляция (Б)
(симпатичная)*



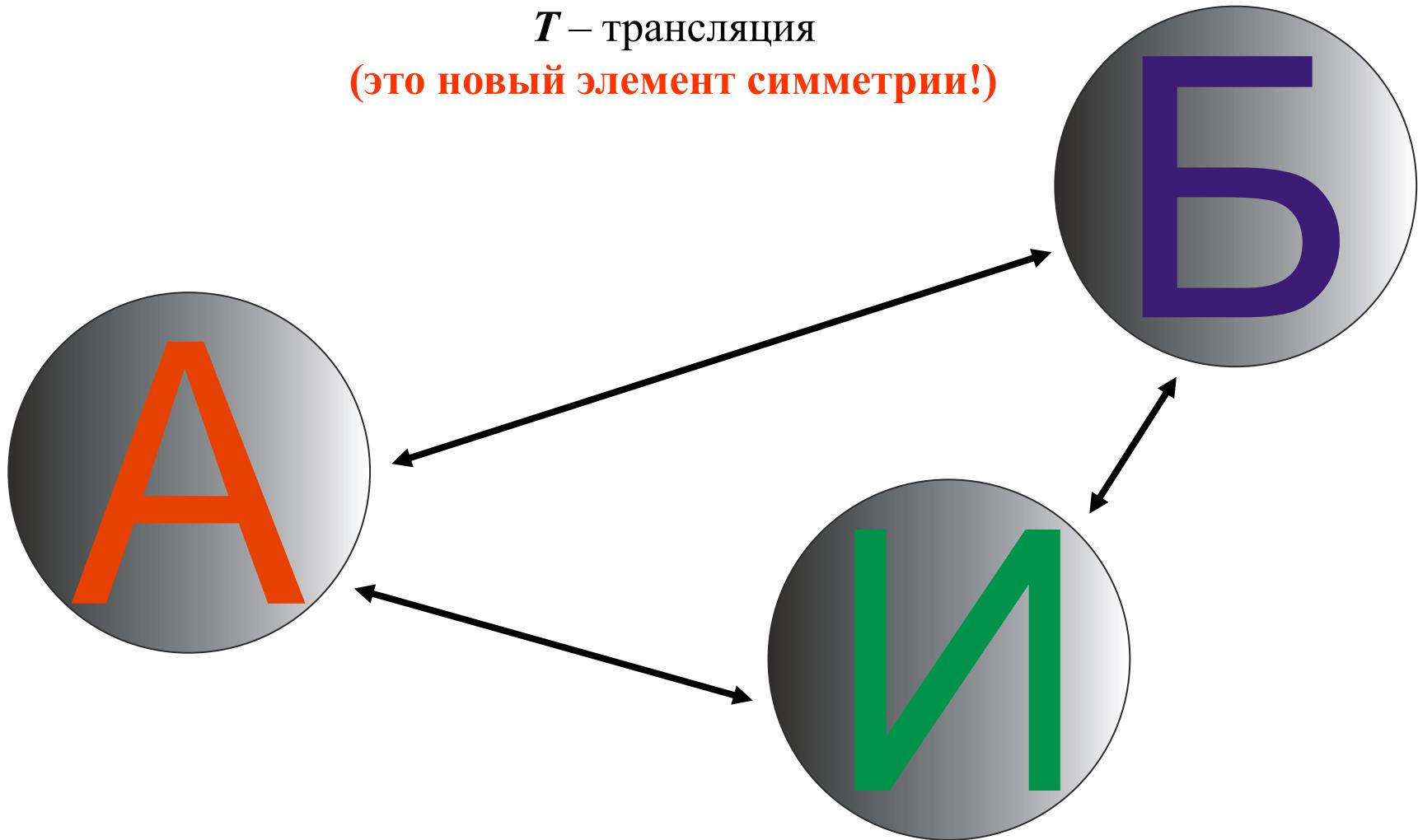
(А) И (Б) сидели на трубе...

И - что это?

ПРОБЛЕМУ ВНУТРЕННИХ ПЕРЕВОЗОК РЕШАЮТ И (ТРАНСЛЯЦИОННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СИММЕТРИИ)

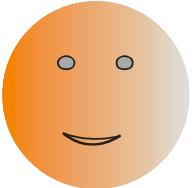
T – трансляция

(это новый элемент 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 одно и тоже! Следовательно, элемент симметрии может не оставить нас на месте а переместить в трансляционный эквивалент!



НАСТАЛО ВРЕМЯ!



ПЕРЕХОДИ НА
НОВЫЙ УРОВЕНЬ

Гарри Каспаров наконец-то выиграл у компьютера и с двумя очками и тремя жизнями перешел на следующий уровень.

СТРОГО СЕКРЕТНО!



Для служебного
пользования

СТУДЕНТАМ ДРУГИХ
ПОТОКОВ
ПОКАЗЫВАТЬ
КАТЕГОРИЧЕСКИ
ВОСПРЕЩАЕТСЯ!



1-ое волшебное заклинание кристаллографа

«Портал буравчика»



*В микромире можно безболезненно перемещаться,
прыгая от одного эквивалентного узла в другой.
Один из инструментов для прыжка – волшебная ось
 n -ого порядка*



«Винтовой портал»

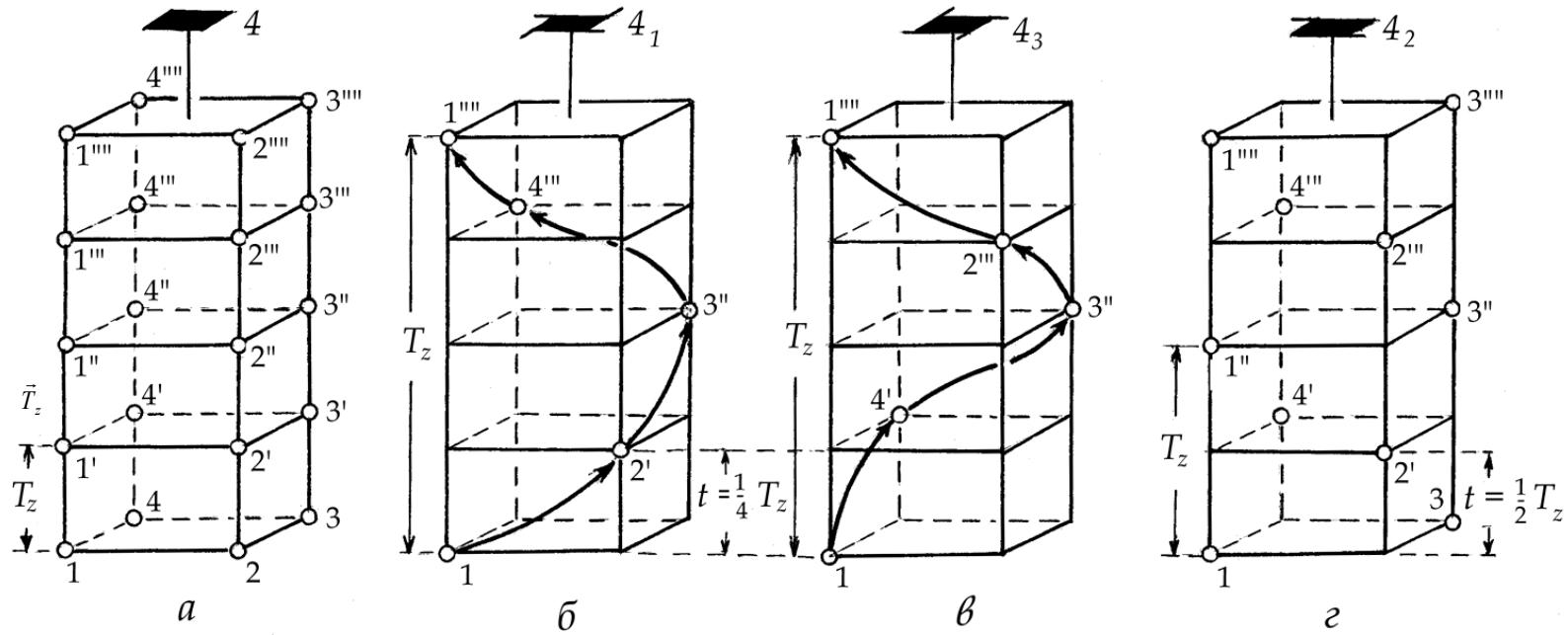


Иллюстрация взаимодействия поворотной оси 4-го порядка с параллельным ей трансляционным вектором:

а – четверная поворотная ось 4;

б, в – энантиоморфные винтовые оси 4_1 (правая) и 4_3 (левая);

г – нейтральная винтовая ось 4_2



«Винтовой портал»

$2_1 - \text{ } \text{ } \text{ } \text{ } , 3_1 - \text{ } \text{ } \text{ } \text{ } , 3_2 - \text{ } \text{ } \text{ } \text{ } , 4_1 - \text{ } \text{ } \text{ } \text{ } , 4_2 - \text{ } \text{ } \text{ } \text{ } , 4_3 - \text{ } \text{ } \text{ } \text{ } ,$
 $6_1 - \text{ } \text{ } \text{ } \text{ } , \quad 6_2 - \text{ } \text{ } \text{ } \text{ } , 6_3 - \text{ } \text{ } \text{ } \text{ } , 6_4 - \text{ } \text{ } \text{ } \text{ } , 6_5 - \text{ } \text{ } \text{ } \text{ } .$

Ось	<i>Для маглов</i>	<i>Для продвинутых гриффиндорцев</i>				
2						
3						
4						
5	<i>Не сегодня</i>					
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





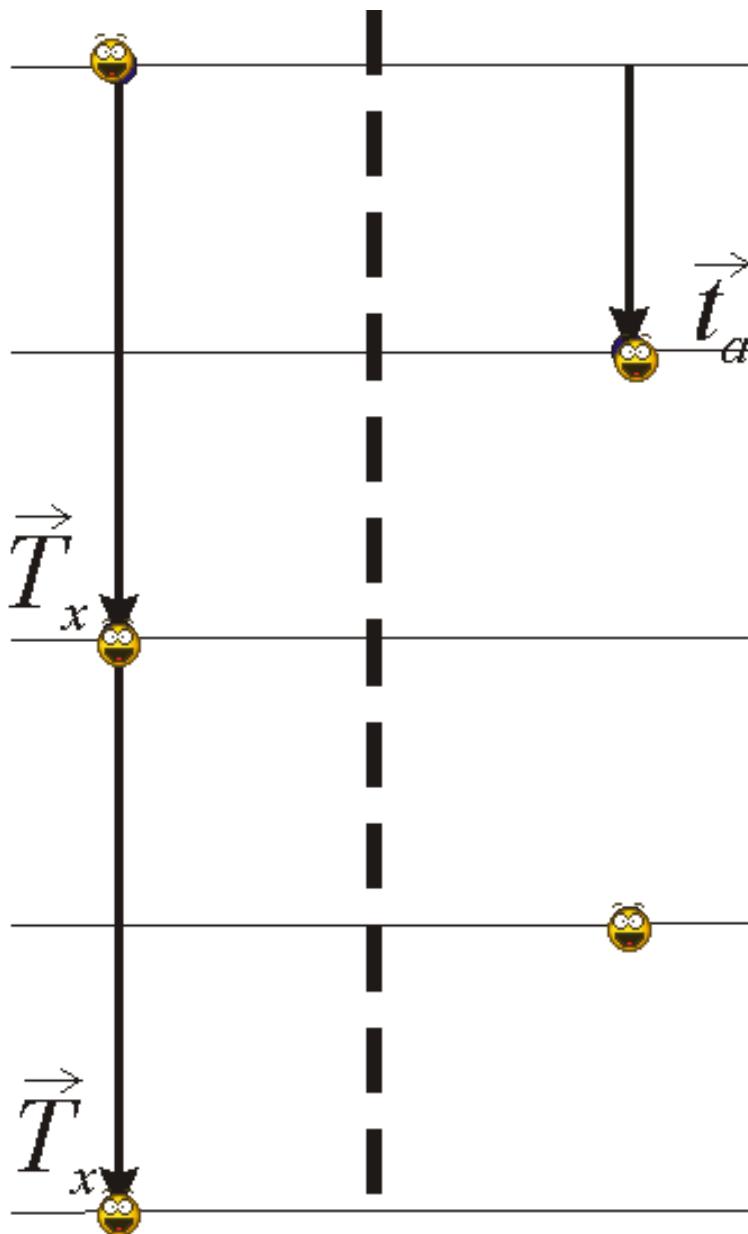
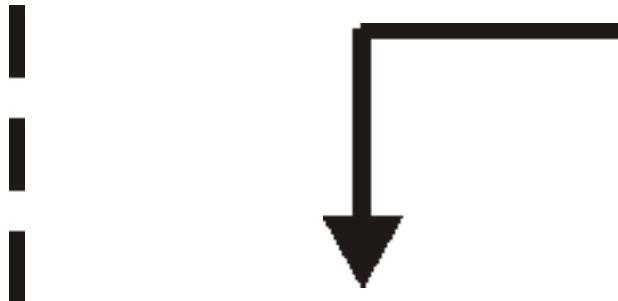
Волшебная плоскость

скользящего отражения

a

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

Обозначения :

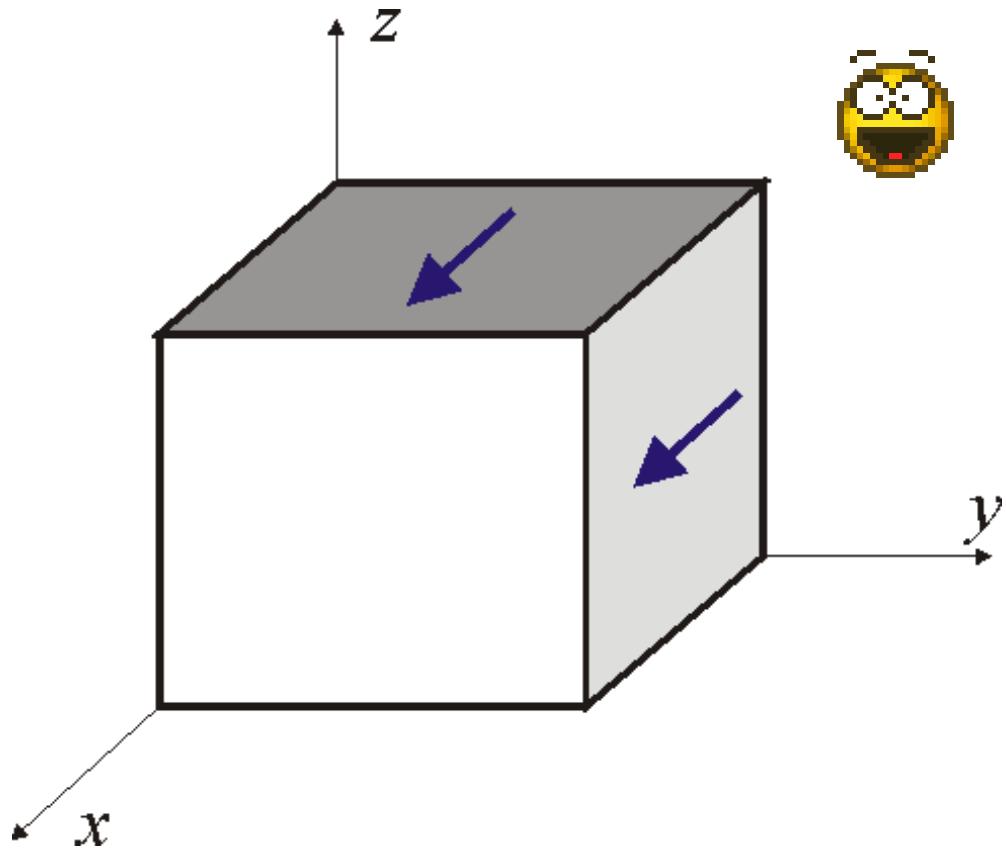




Волшебная плоскость

скользящего отражения

a



a_z – горизонтальная клиноплоскость, нормаль перпендикулярна оси z

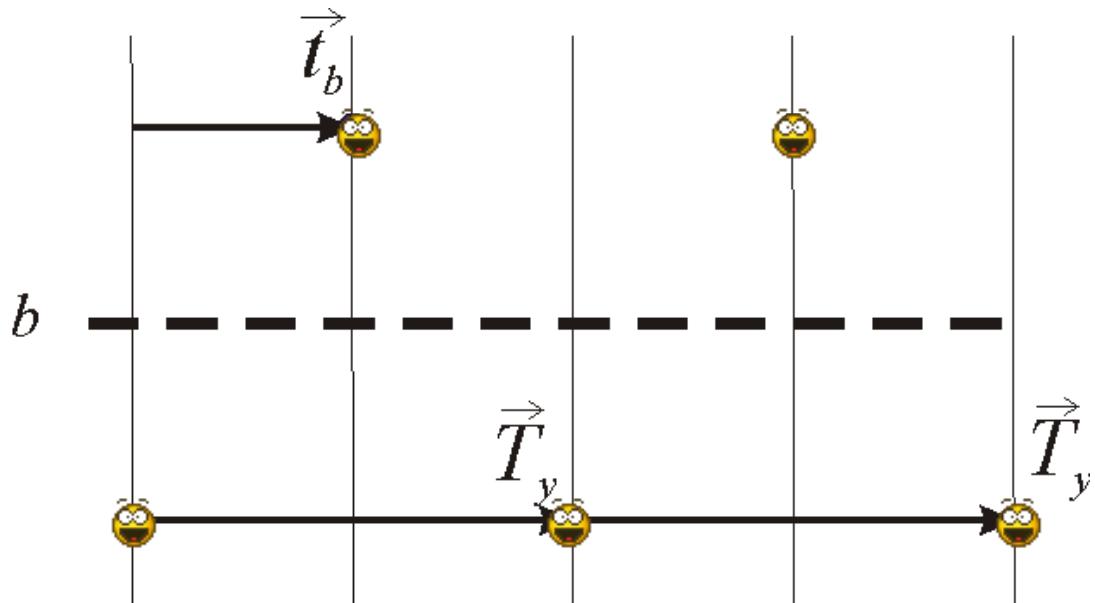
a_y – вертикальная клиноплоскость, нормаль перпендикулярна оси y

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

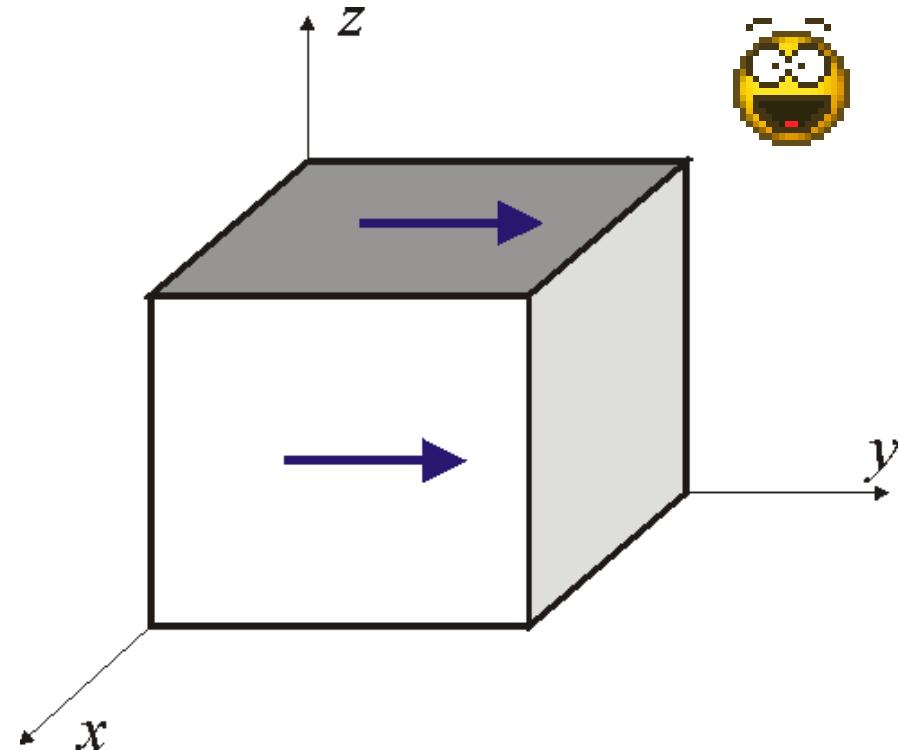
скользящего отражения

b

b_z – горизонтальная
перпендикулярна оси z

b_x – вертикальная
перпендикулярна оси x

b_y – быть не может!



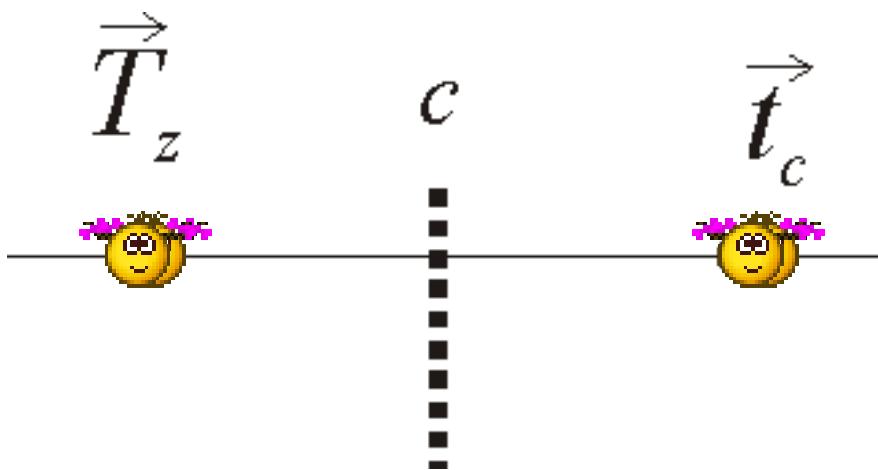
клиноплоскость, нормаль

клиноплоскость, нормаль



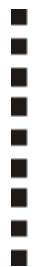
Волшебная плоскость скользящего отражения

c



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

Обозначения :

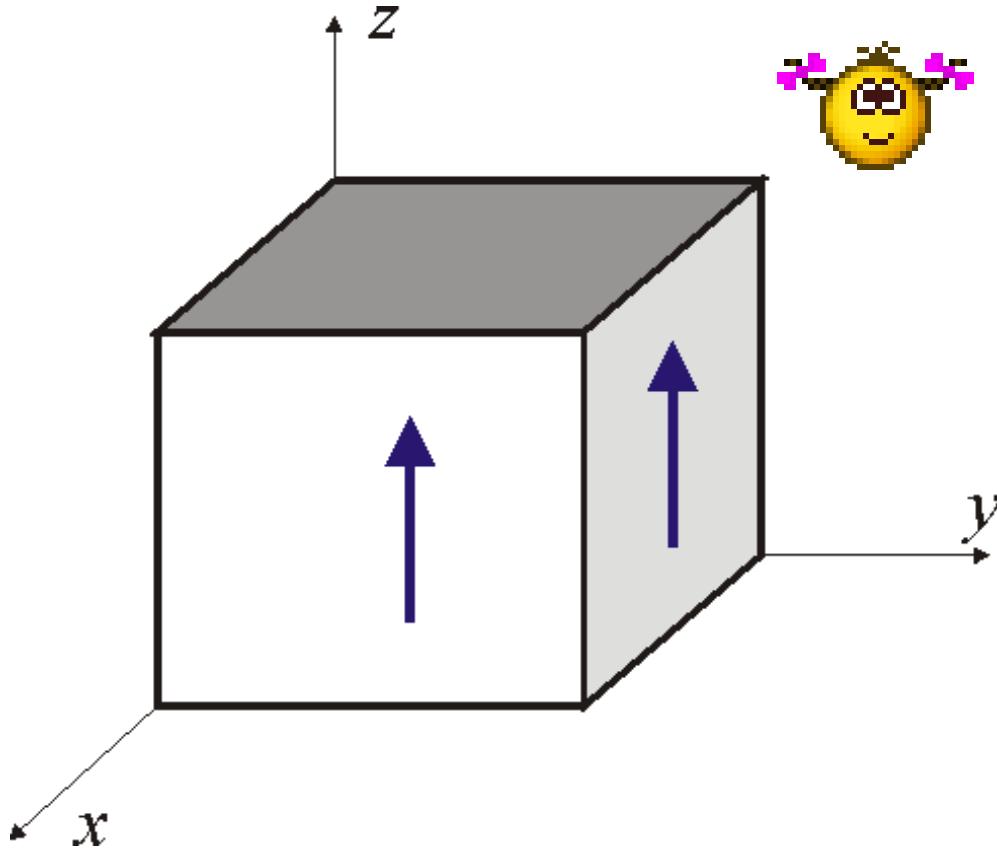




Волшебная плоскость

скользящего отражения

с



c_x – вертикальная
перпендикулярна оси x

клиноплоскость, нормаль

c_y – вертикальная
перпендикулярна оси y

клиноплоскость, нормаль

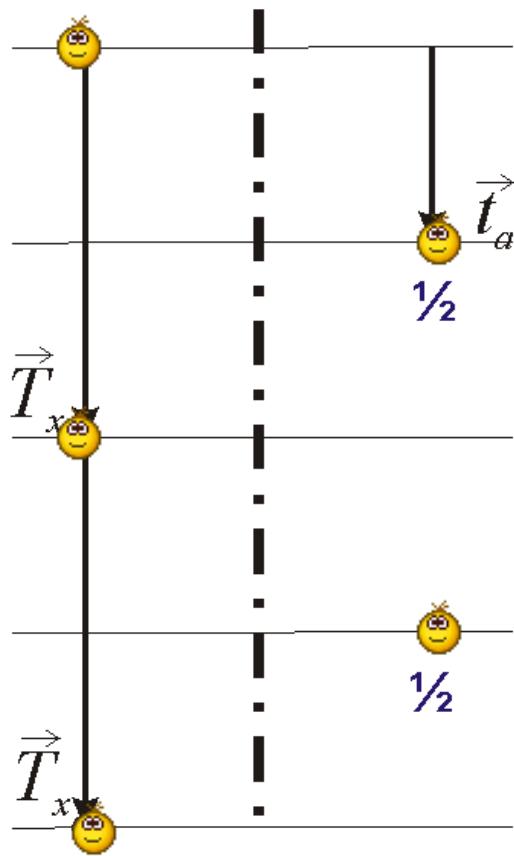
горизонтальной с быть не может!



Волшебная клино- плоскость

n

n



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

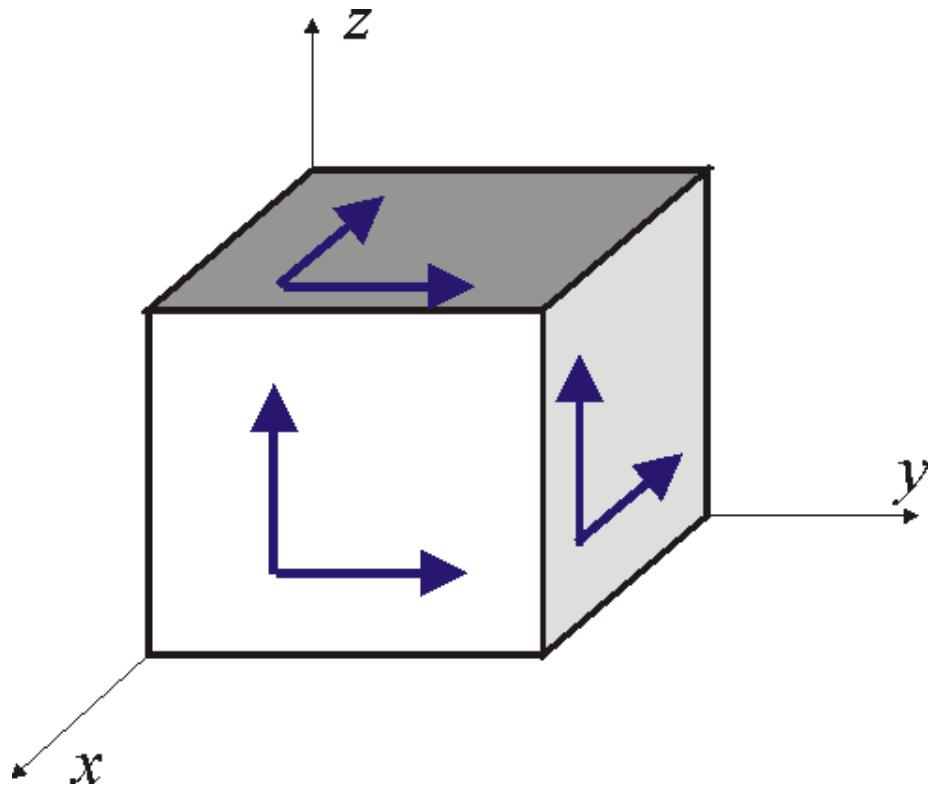
Обозначения :





Волшебная клино- плоскость

n



Есть три разных n

Есть еще



Волшебная
клино-
плоскость

d

Волшебная
плоскость
скользящего
отражения

e



и другие...
Так что не думайте,
что вам прям так сразу
все расскажут

Заклинания
взаимодействия
(только для продвинутых
кристаллографов)





1-ое волшебное заклинание кристаллографа

«Клон»



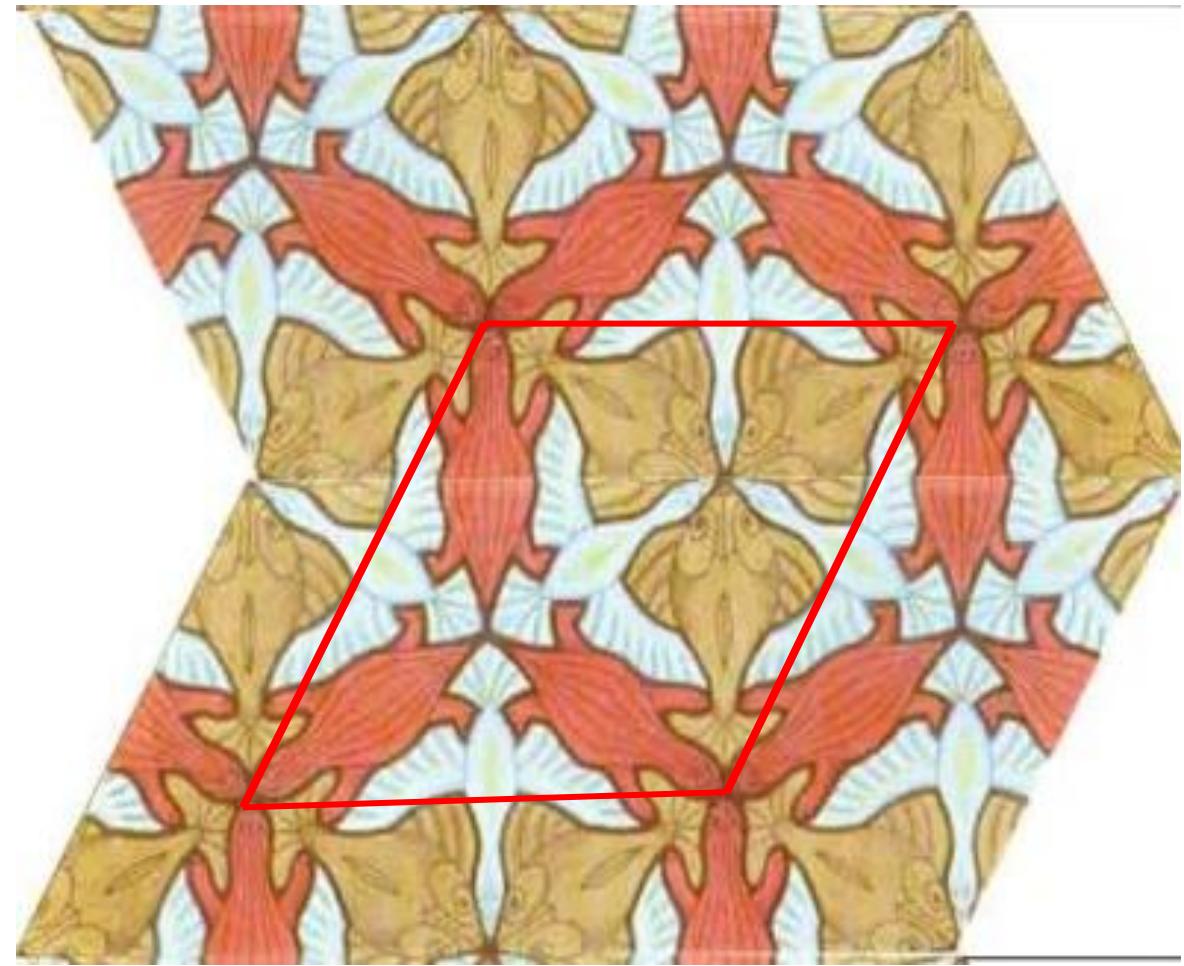
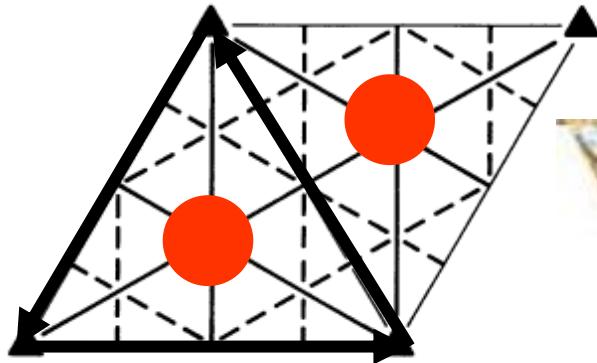
Берем поворотную ось n -ого порядка

и прикладываем к нему трансляцию.

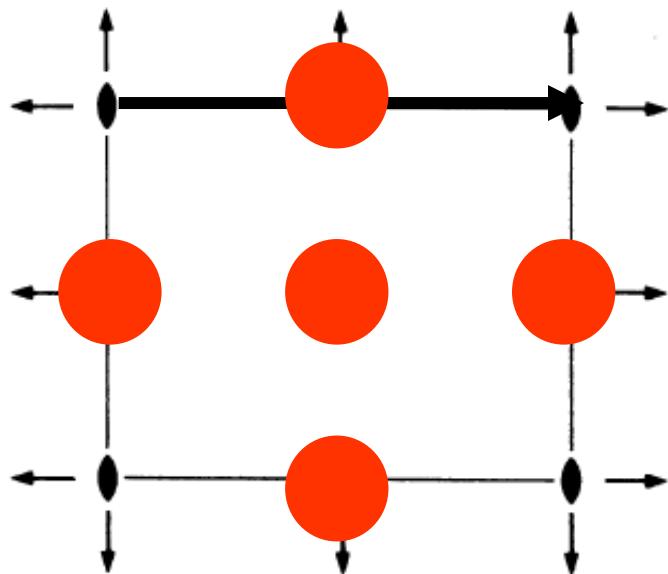


**В результате кристаллографической магии
клонируется ось n -ого порядка
в центре магического n -угольника,
построенного на этой трансляции**

Например:



Еще:





2-ое волшебное заклинание геохимика

«Поиск портала»

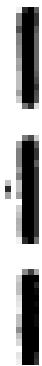
Когда встречаются две волшебные плоскости

Ищи результат их взаимодействия разложением каждой из них на магические порталы $t=1/2$ T и немагические зеркальные плоскости m

Например:



$$C_x = m_x t_z$$

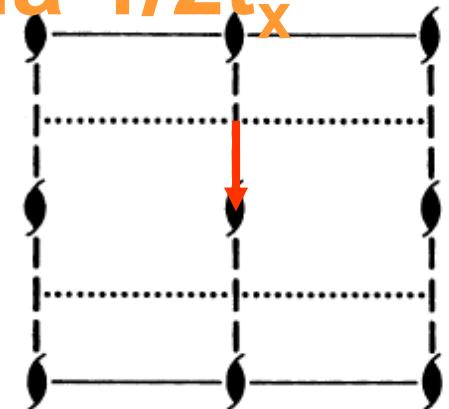


$$a_y = 2_{1z} = m_y t_x$$

**смещенная
на $1/2t_x$**

$$= m_y * m_x t_x t_z$$

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

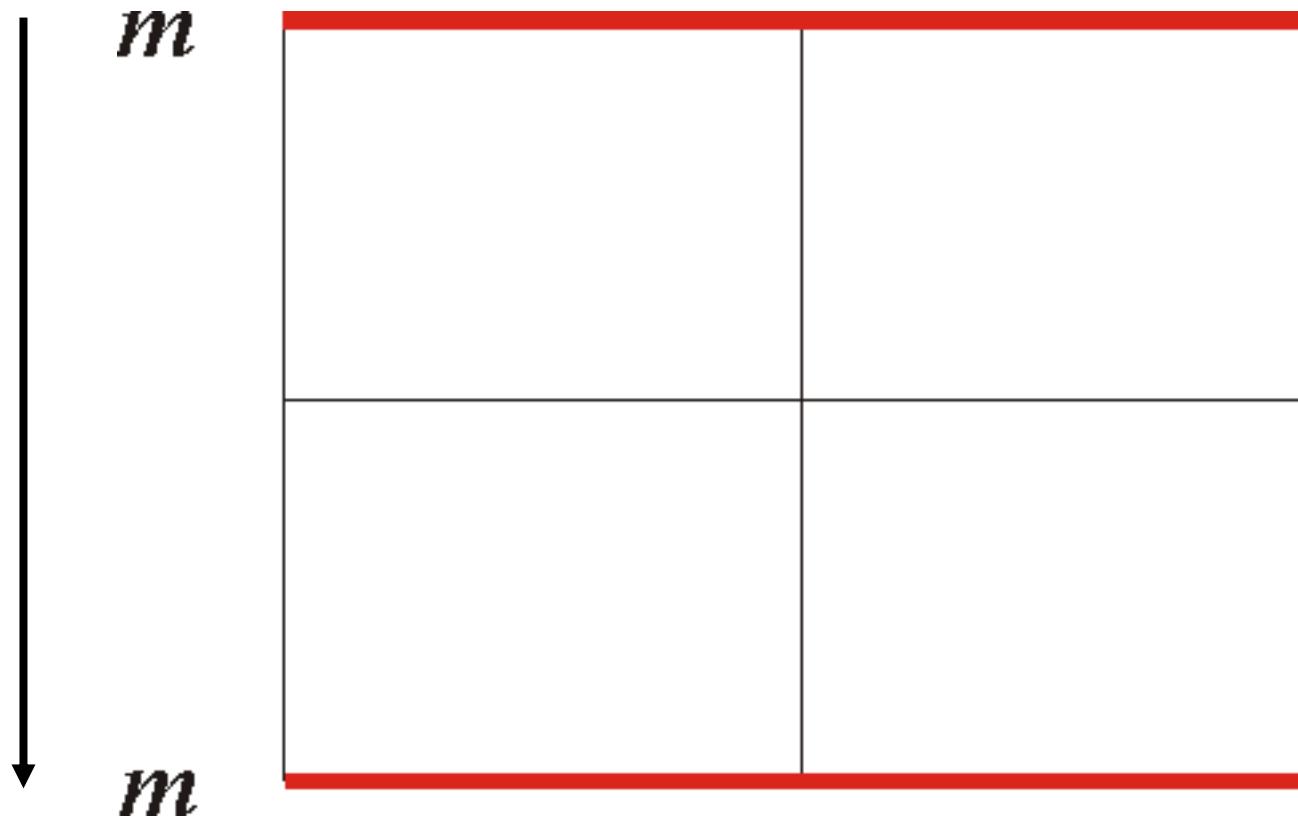


Откуда родилась трансляция?

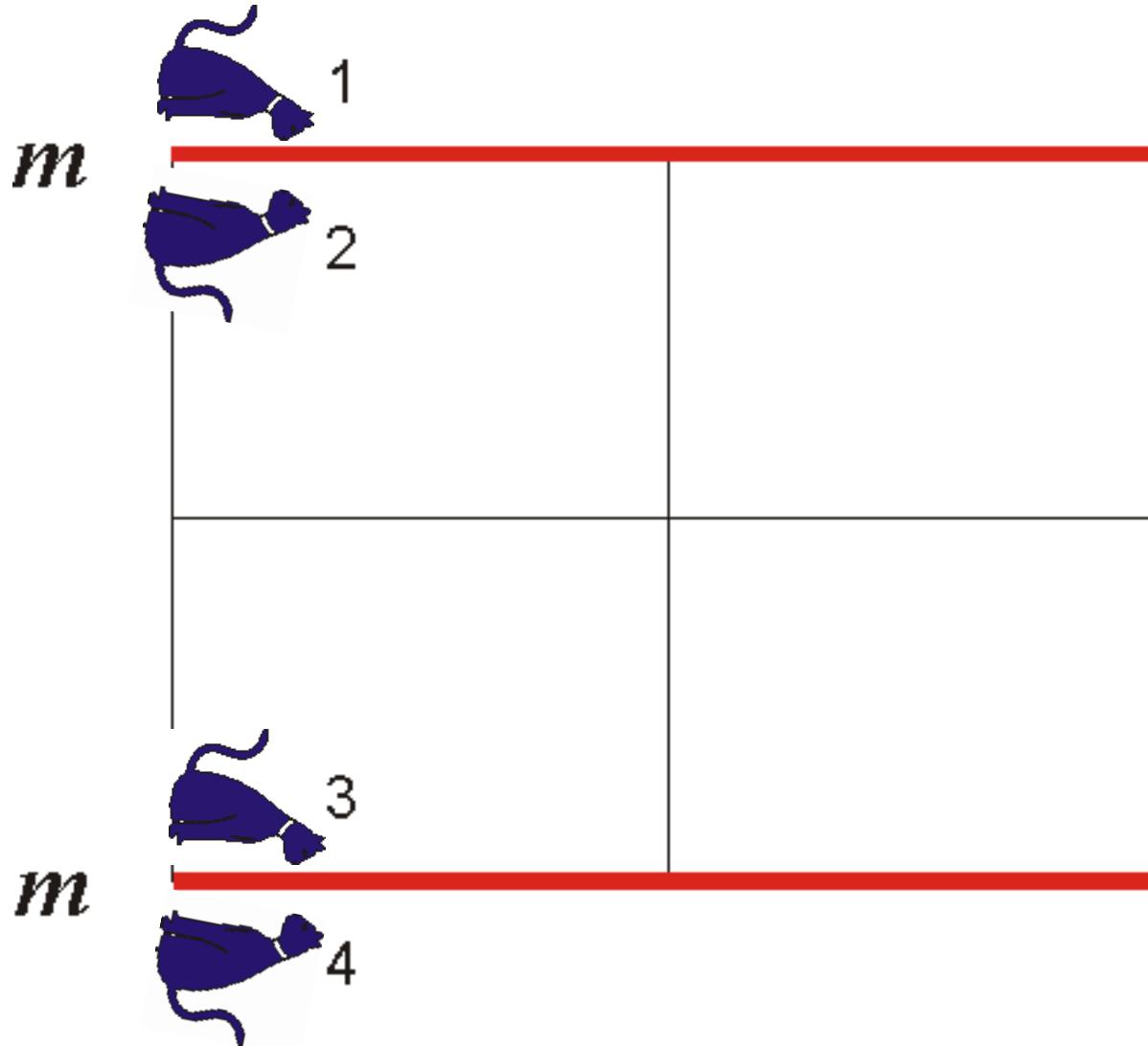


Принес аист?
Нашли в капусте?
Родилась из пены
как Афродита?
Как то еще?

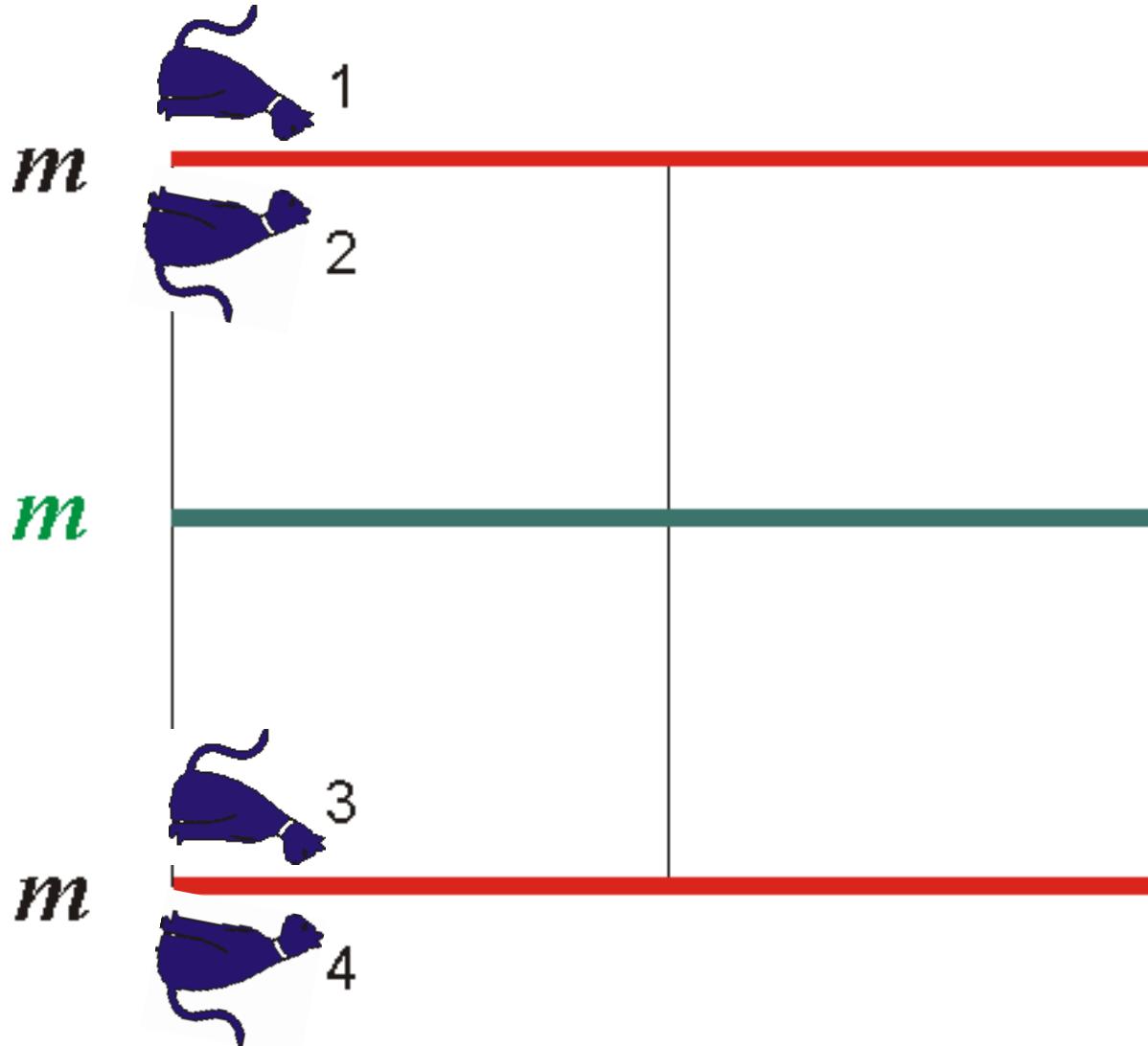
Для этого проверим, как трансляция сосуществует с плоскостями?



А как трансляция сосуществует с плоскостями?



А как трансляция сосуществует с плоскостями?



И если Европа родилась
из пены...

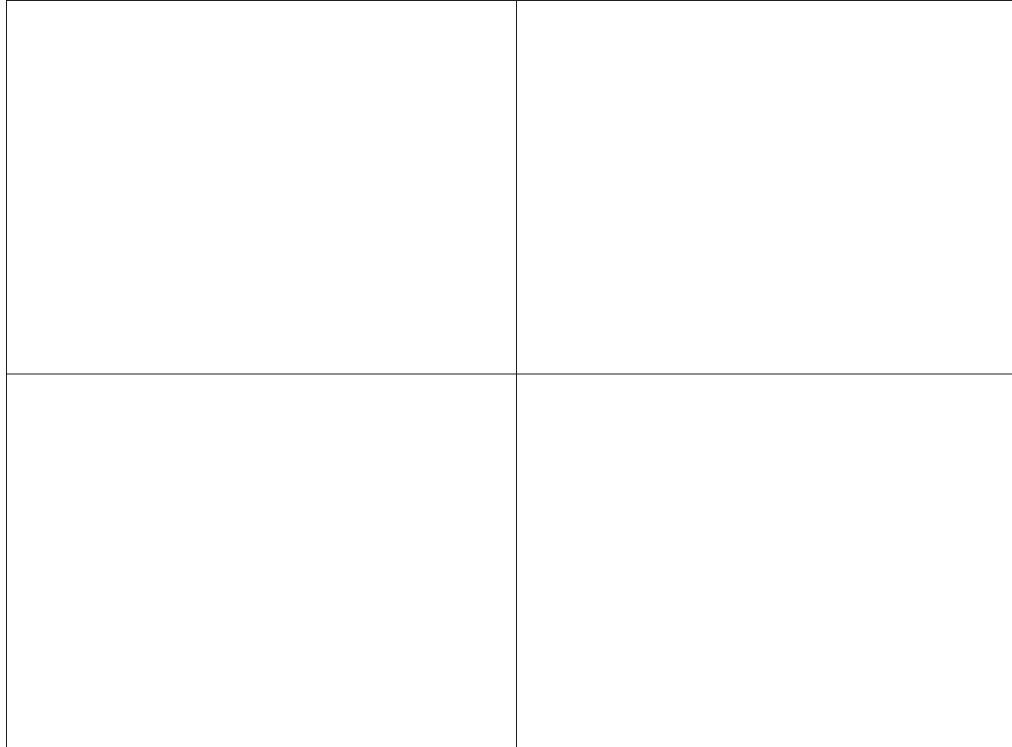


То трансляция родилась
(например, так как есть еще варианты непорочного
зачатия трансляции)



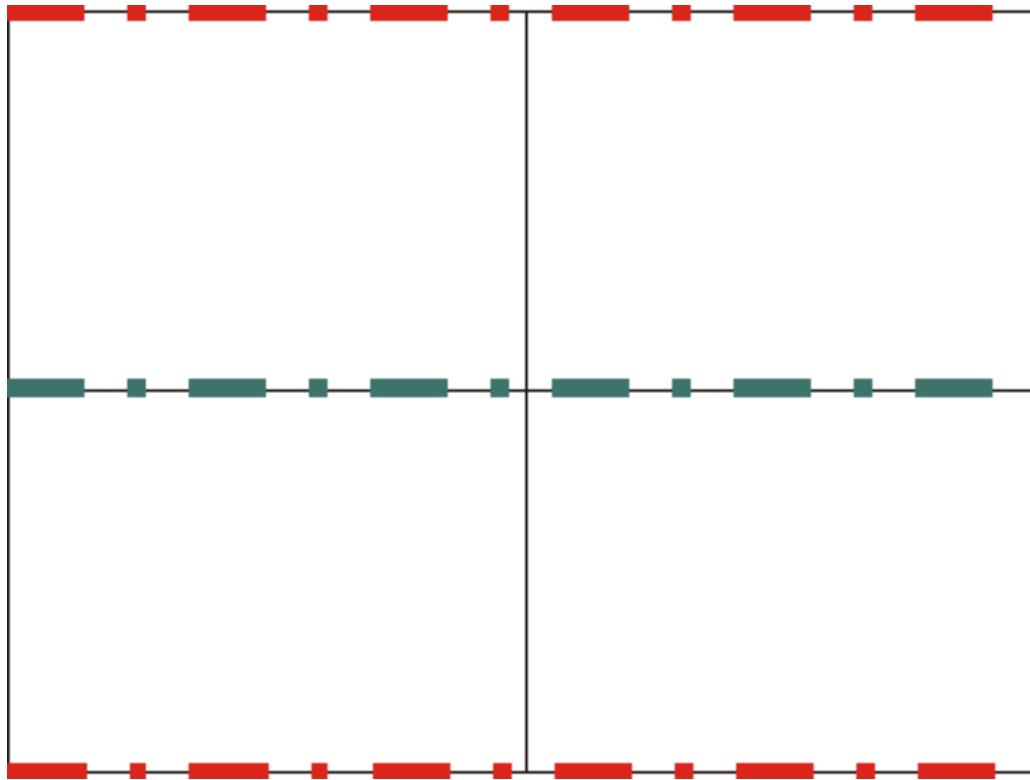
*В результате взаимодействия двух параллельных плоскостей,
находящихся друг от друга на расстоянии
в два раза меньшем, чем длина новорожденной...*

Этапы построения графика группы Rnc ?



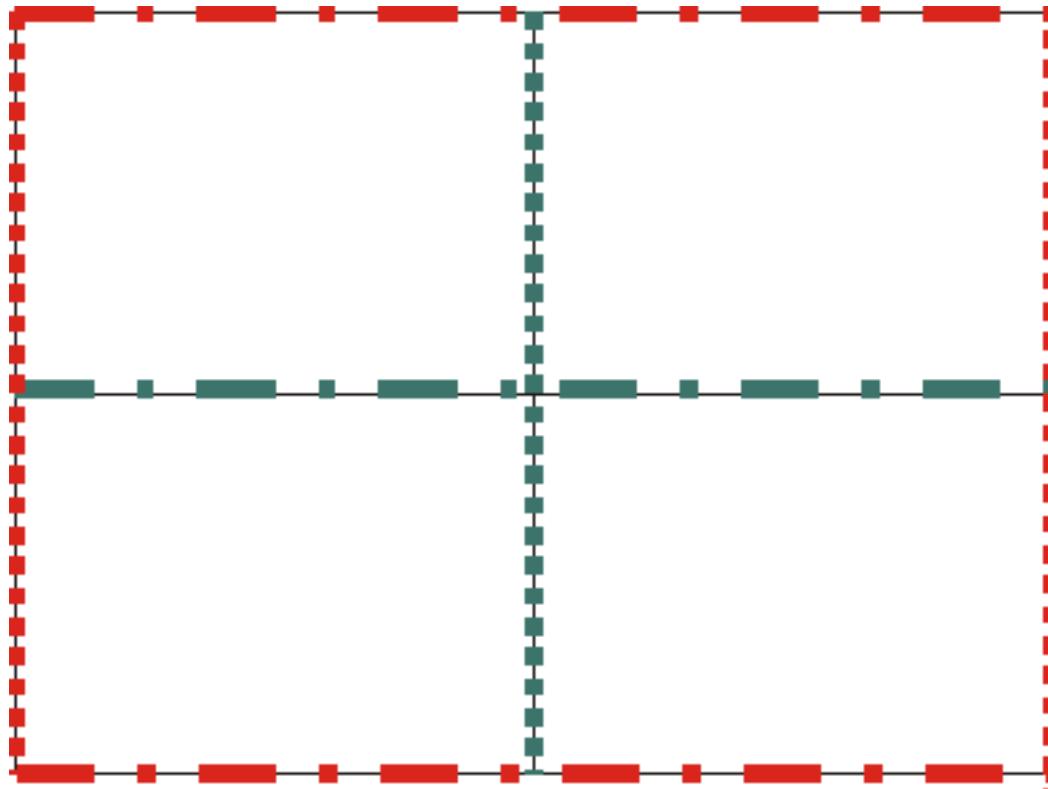
- 1) В оконтуренной ячейке (лучше тонкие волнистые линии) наносим x плоскости (n)

Этапы построения графика группы Pnc ?



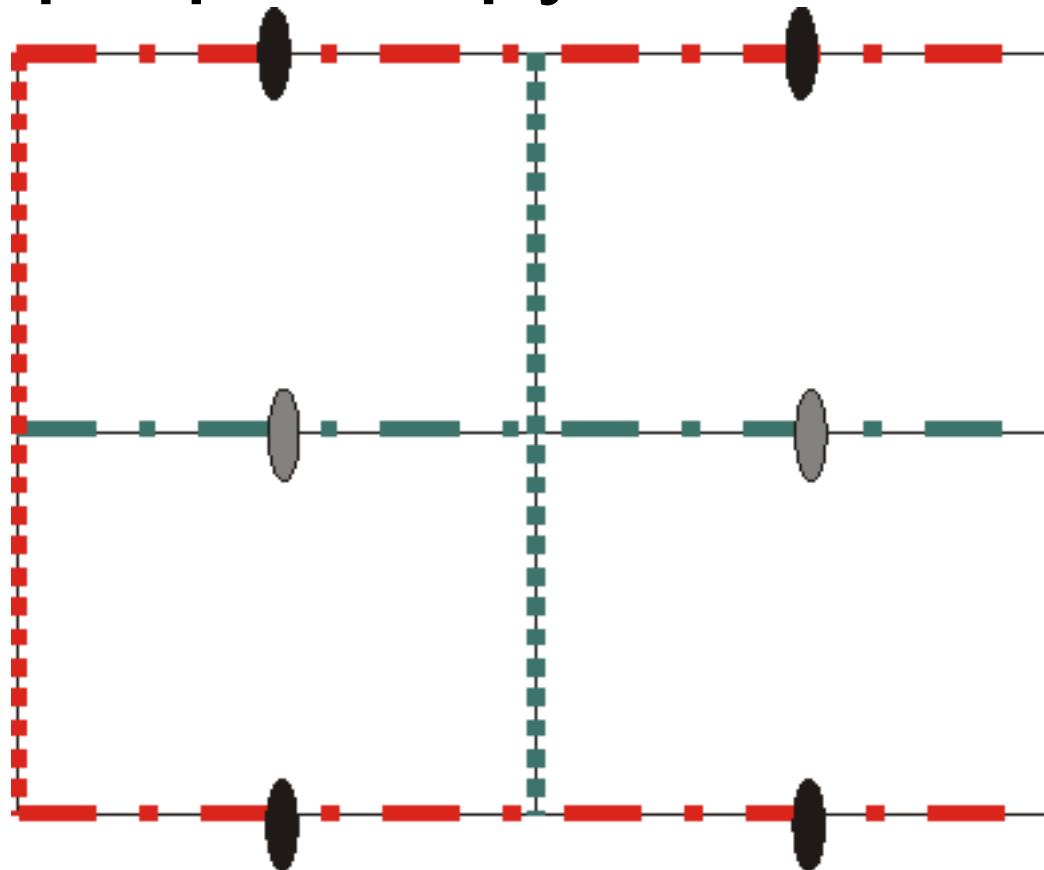
2) В оконтуренной ячейке наносим у-овые плоскости (с)

Этапы построения графика группы Pnc ?



- 3) Ищем результат их взаимодействия (каждую плоскость раскладываем на магические и не-магические компоненты)

Этапы построения графика группы Pnc ?



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

Число степеней свободы точки

ЧСС



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

Анализу подвергаются только магловские позиции!!

Волшебные элементы симметрии не оставляют точку на месте!!

Центр , комплекс $3/m$ и т. д.

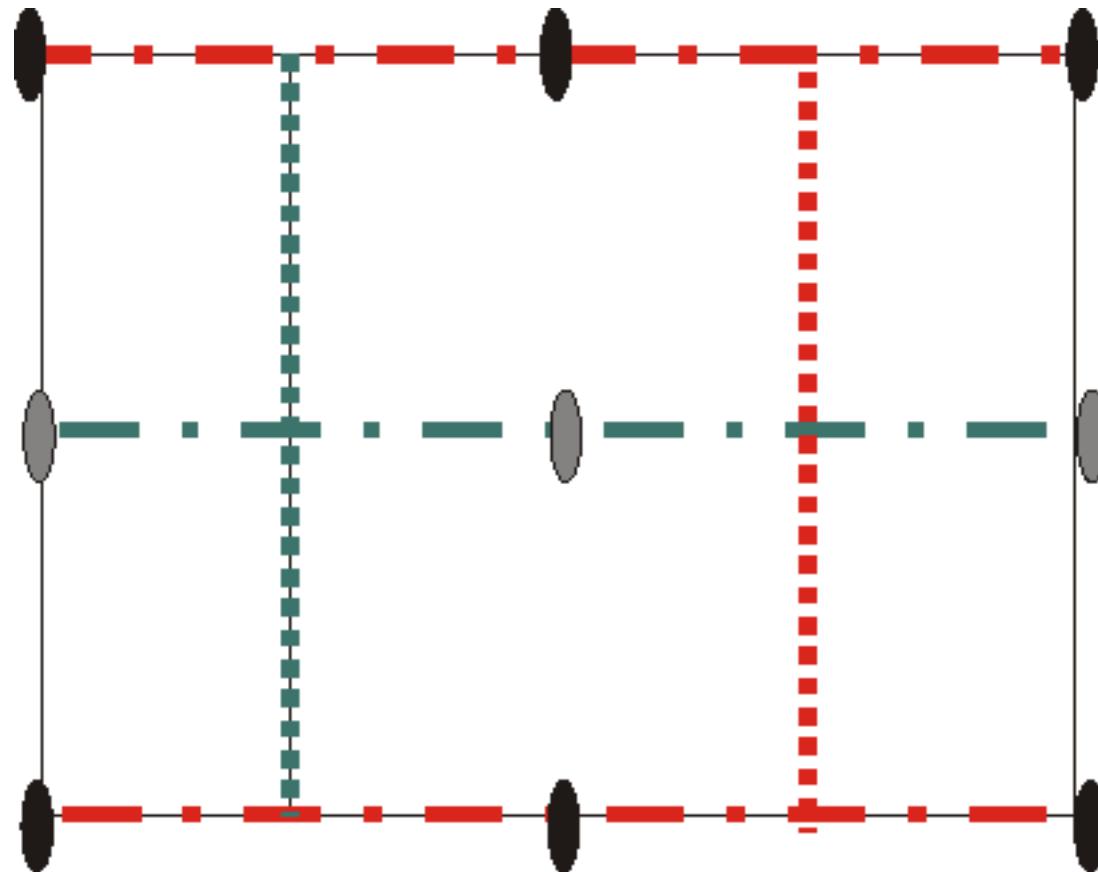
Ось 2, 3, 4, 6

Плоскость m

Точка без элементов симметрии (1) – 3 степени свободы

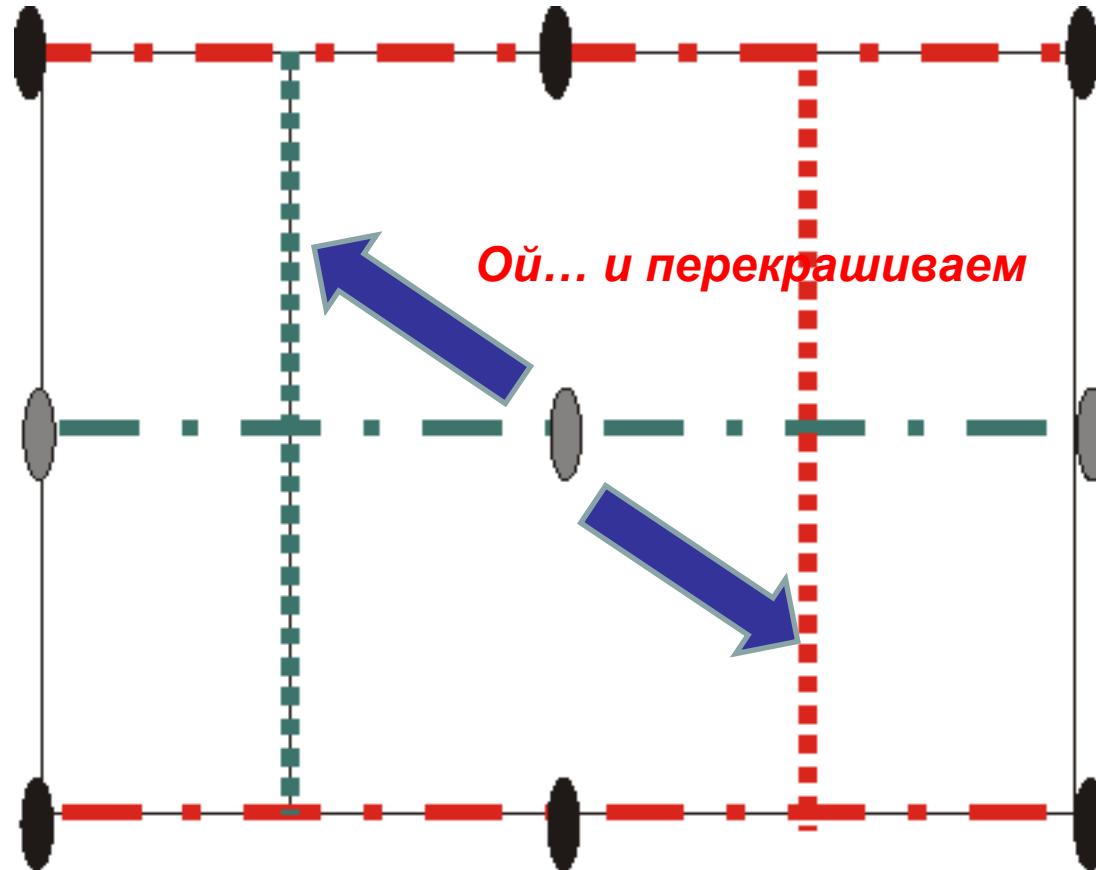
- 0 степеней свободы
- 1 степень свободы
- 2 степени свободы

Этапы построения графика группы $Pnc2$



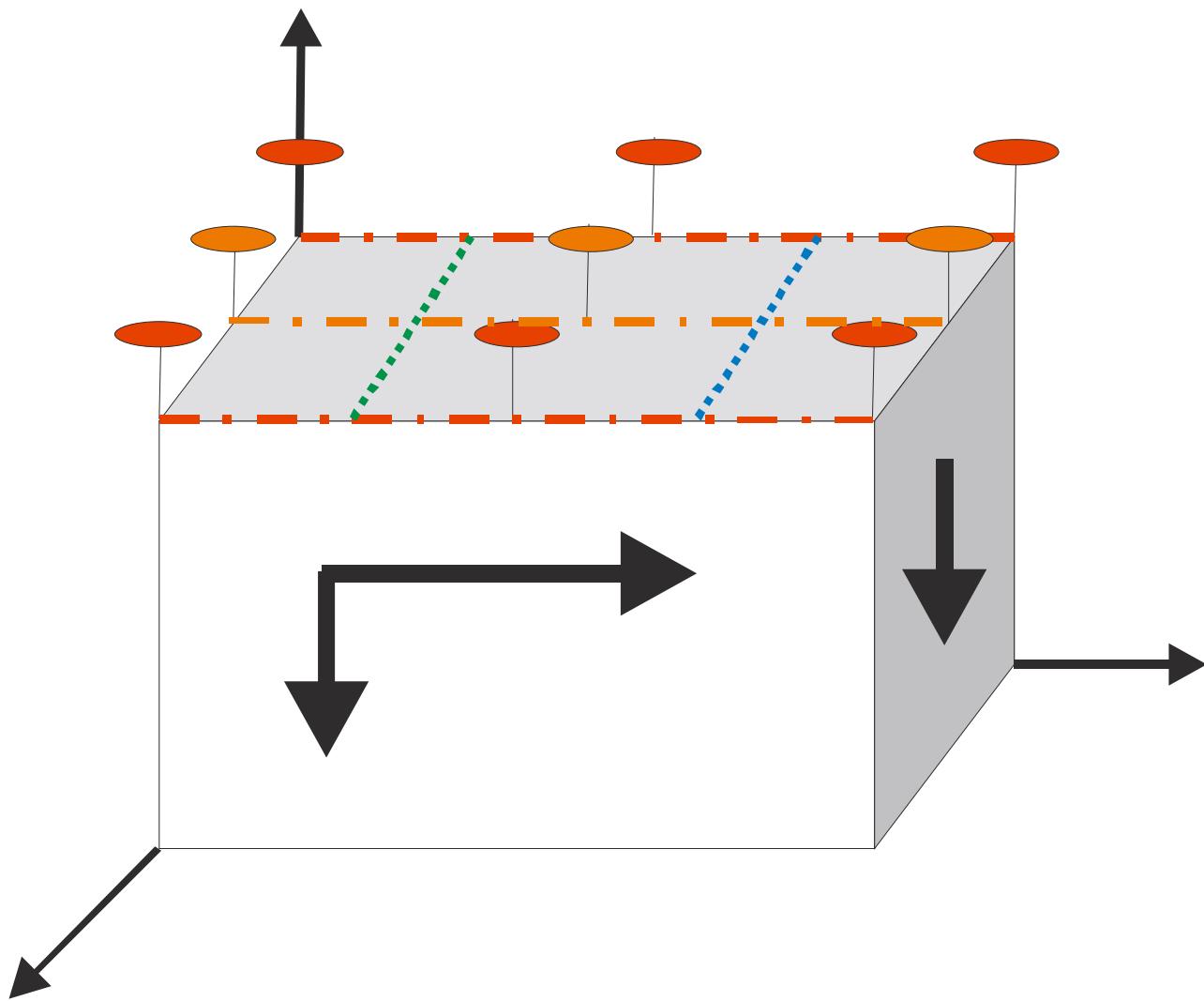
5) В данном случае перерисовываем

Этапы построения графика группы $Pnc2$



5) В данном случае перерисовываем

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 *tmm*. Разбор группы *Pmab*
- Ромбические группы, повернутые набок – дубли или клоны?