

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

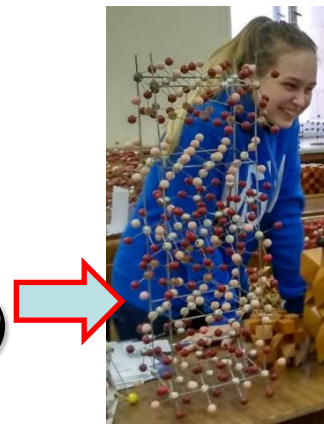
Внешние перевозки

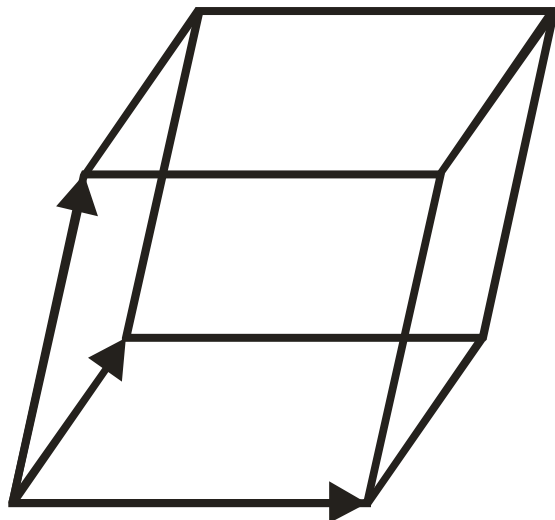
(если $1 \text{ м} = 1 \text{ ангстрем}$, то кристалл в 1 см будет иметь в микромире размерность $1000000000 \text{ м} = 100000 \text{ км} = 10 \text{ расстояний от Москвы до Владивостока}$) т.е. РЖД не особо годится



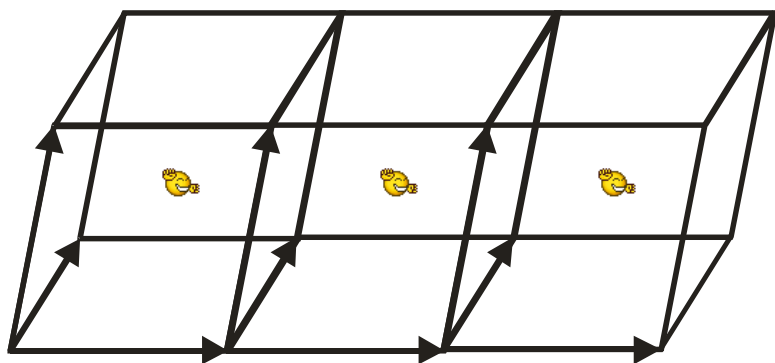
Внутренние перевозки

(элементарные ячейки бывают тоже большие!)





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

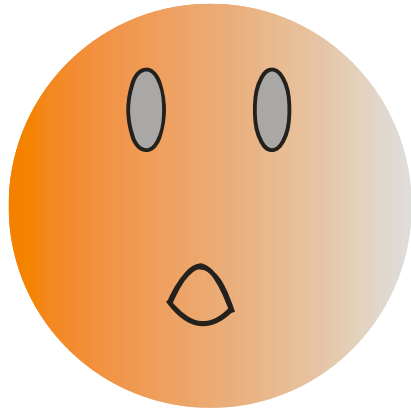


Трансляция позволяет **мгновенно**
перемещаться между эквивалентными
узлами с одинаковыми координатами
(x, y, z) **в различных** ячейках так как они
эквивалентны!



**Это евро-экспресс
ICE с бесконечной
скоростью!**





$$32 + 14 = ?$$

Был точечный набор (А)

*Была трансляция (Б)
(симпатичная)*



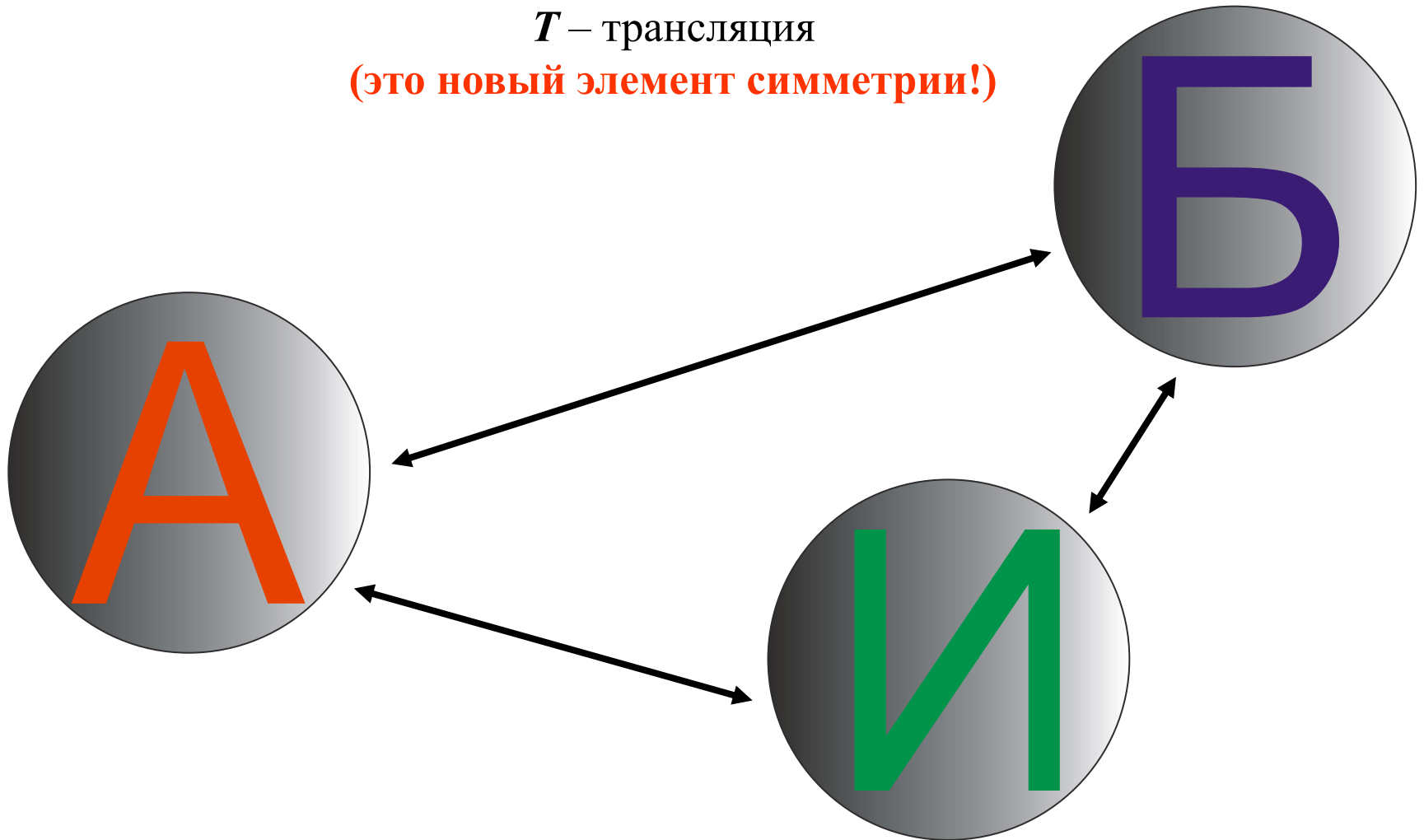
(А) И (Б) сидели на трубе...

И - что это?

ПРОБЛЕМУ ВНУТРЕННИХ ПЕРЕВОЗОК РЕШАЮТ **И** (ТРАНСЛЯЦИОННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СИММЕТРИИ)

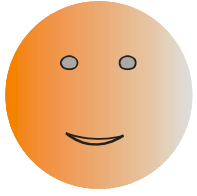
T – трансляция

(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 то же! 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!

**СТРОГО ХРАНИ
ГОСУДАРСТВЕННУЮ И ВОЕННУЮ ТАЙНУ!**

Для служебного
пользования

**СТУДЕТАМ 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»

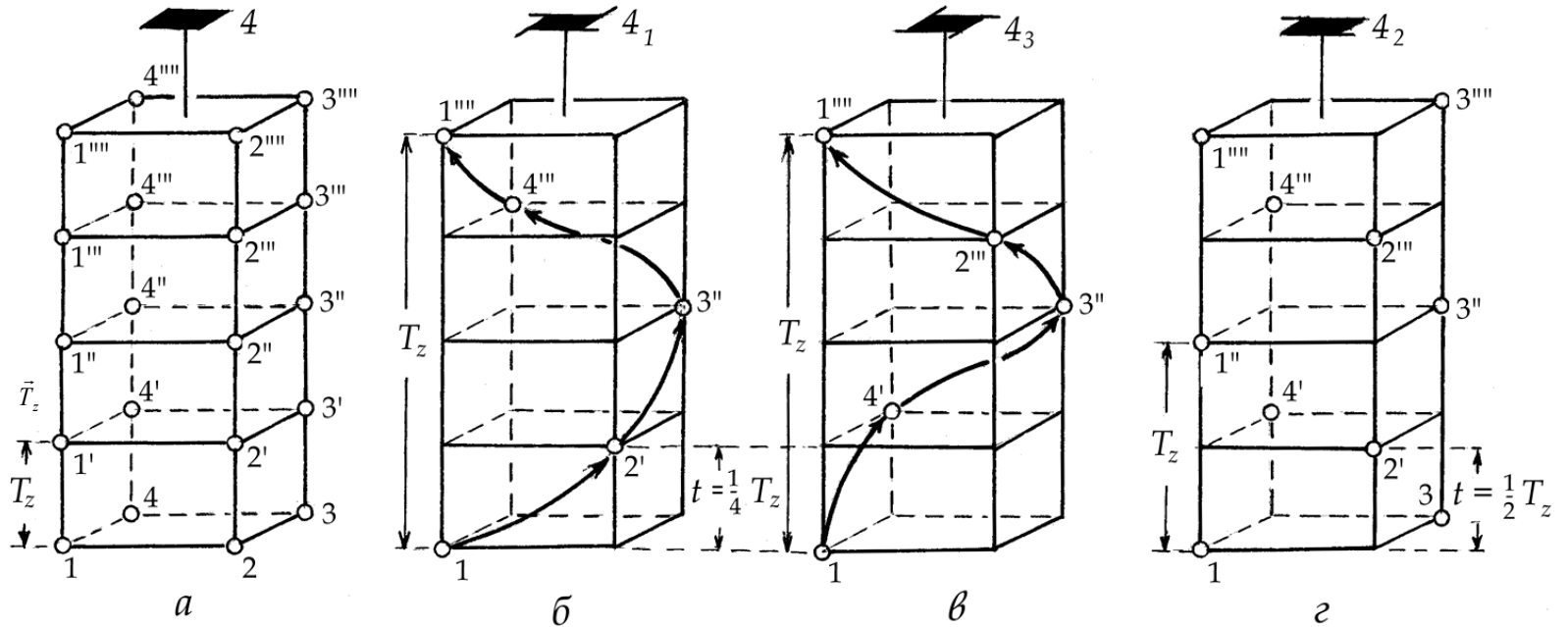


Иллюстрация взаимодействия поворотной оси 4-го порядка с параллельным ей трансляционным вектором:












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»

$2_1 -$ , $3_1 -$ , $3_2 -$ , $4_1 -$ , $4_2 -$ , $4_3 -$ ,
 $6_1 -$ , $6_2 -$ , $6_3 -$ , $6_4 -$ , $6_5 -$ .

| Ось | Для маглов | Для продвинутых гриффиндорцев | | | | |
|-----|---|---|--|---|---|---|
| | | | | | | |
| 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
инструмент для прыжка – волшебная
плоскость-зеркало*



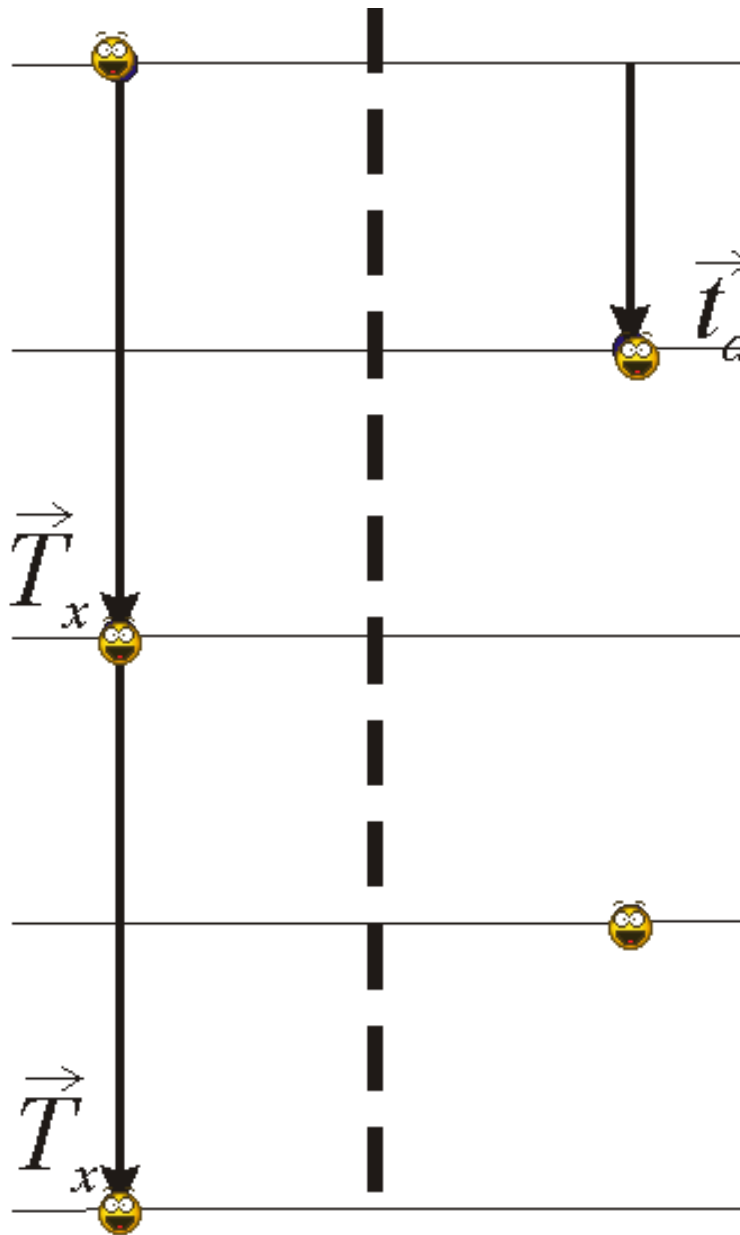
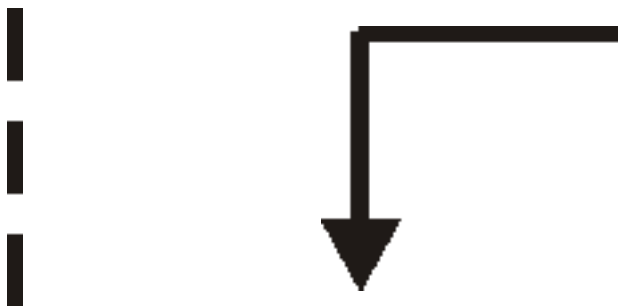


Волшебная плоскость скользящего отражения

a

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

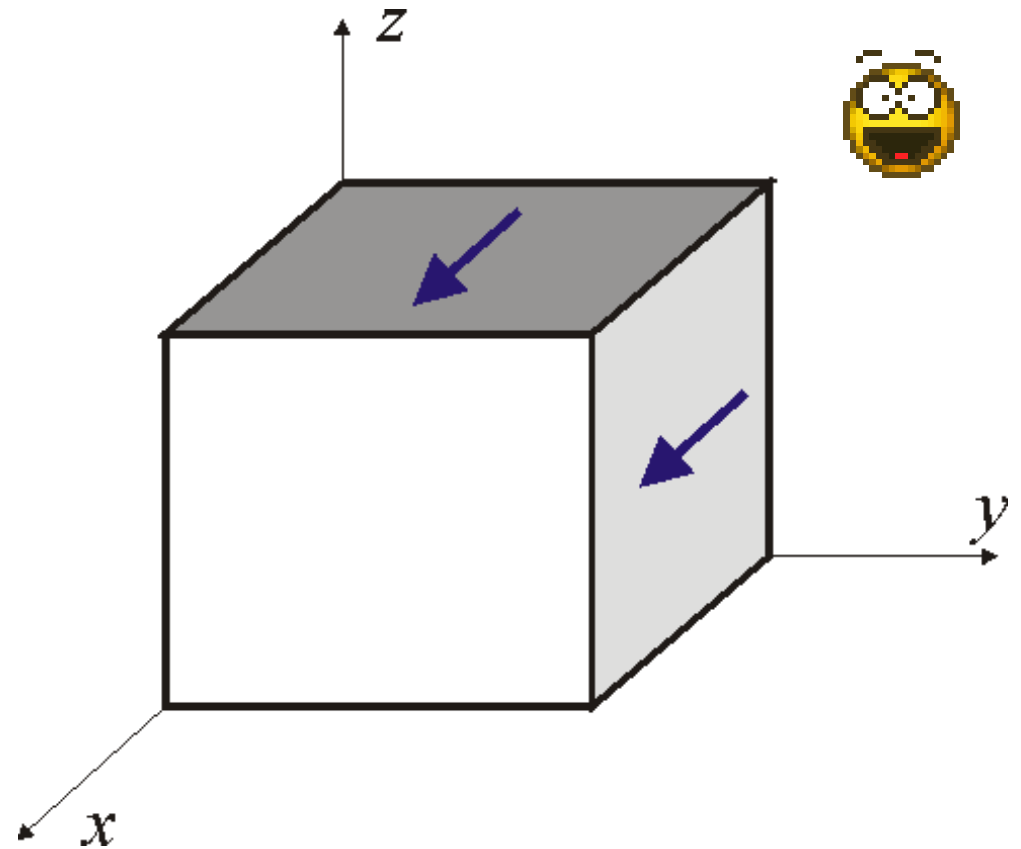
Обозначения :





Волшебная
плоскость
скользящего
отражения

a



a_z — горизонтальная клиноплоскость, нормаль перпендикулярна оси z

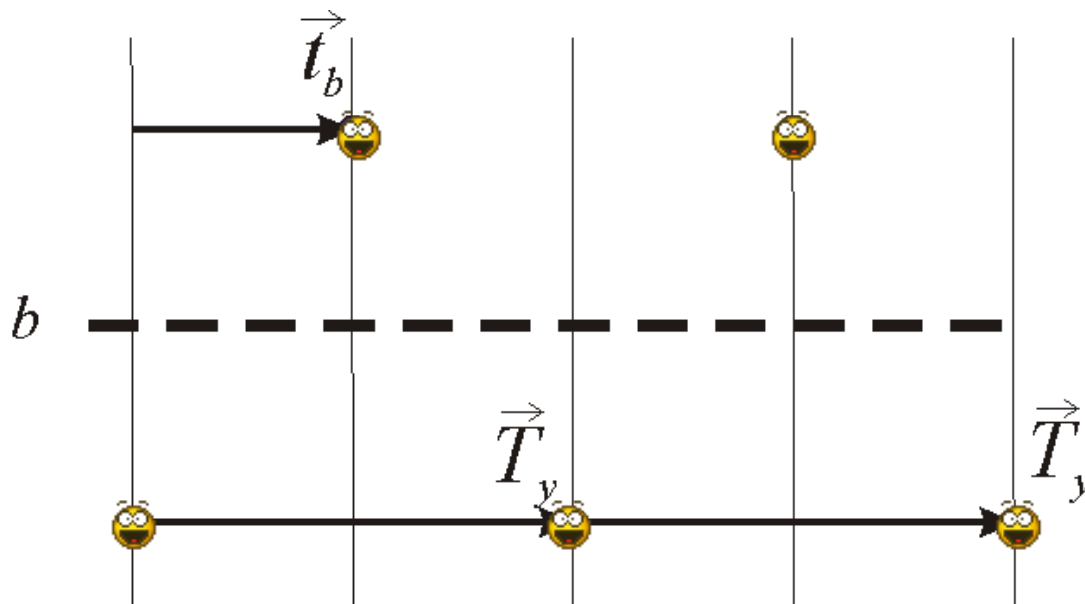
a_y — вертикальная клиноплоскость, нормаль перпендикулярна оси y

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*

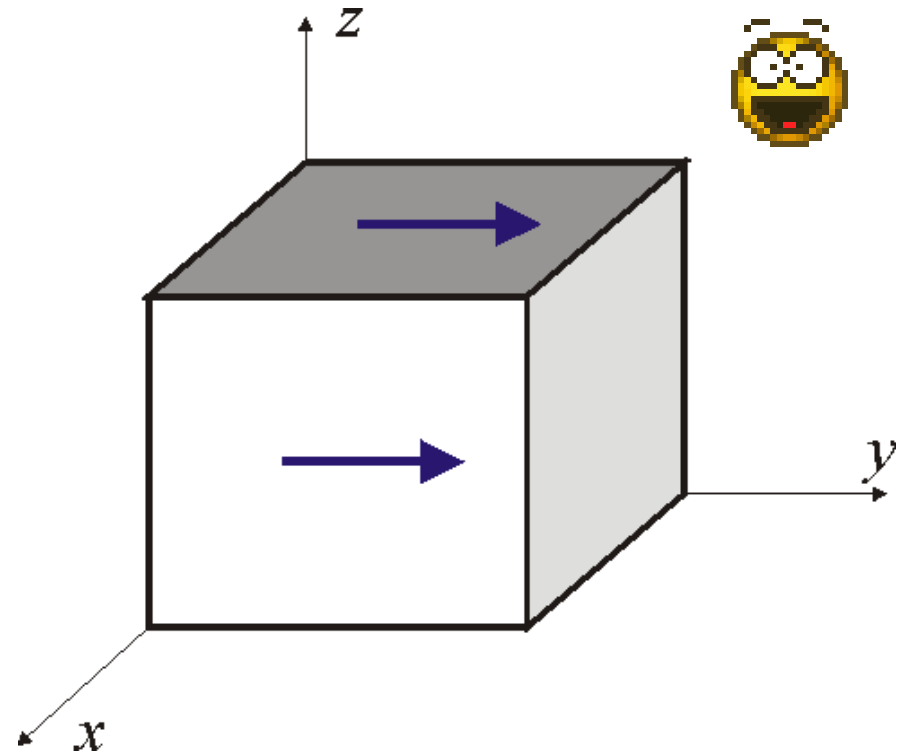
Обозначения :





Волшебная
плоскость
скользящего
отражения

b



b_z — горизонтальная
перпендикулярна оси z

b_x — вертикальная
перпендикулярна оси x

b_y — **быть не может!**

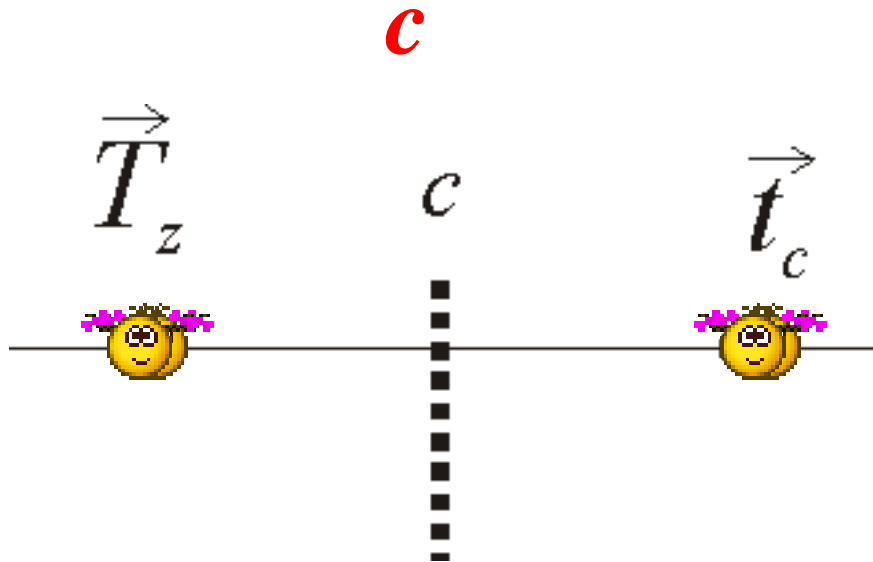
клиноплоскость, нормаль

клиноплоскость, нормаль



Волшебная плоскость скользящего отражения

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



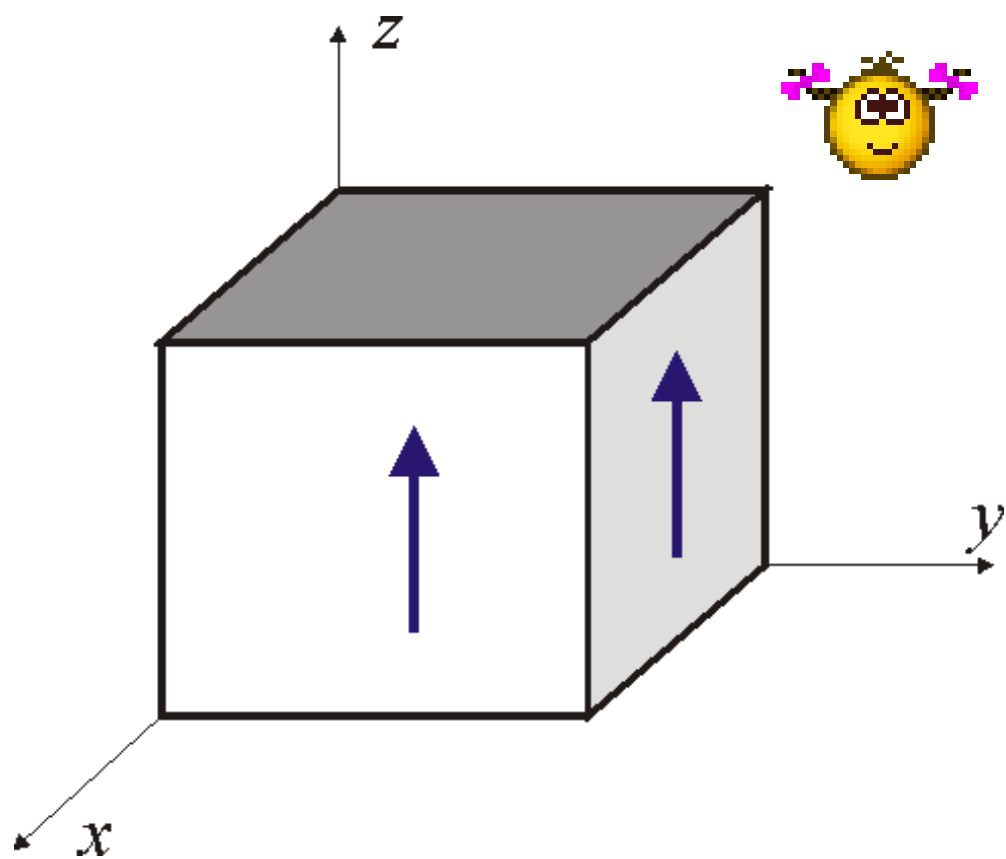
Обозначения :





Волшебная
плоскость
скользящего
отражения

с



c_x — вертикальная
перпендикулярна оси x

клиноплоскость, нормаль

c_y — вертикальная
перпендикулярна оси y

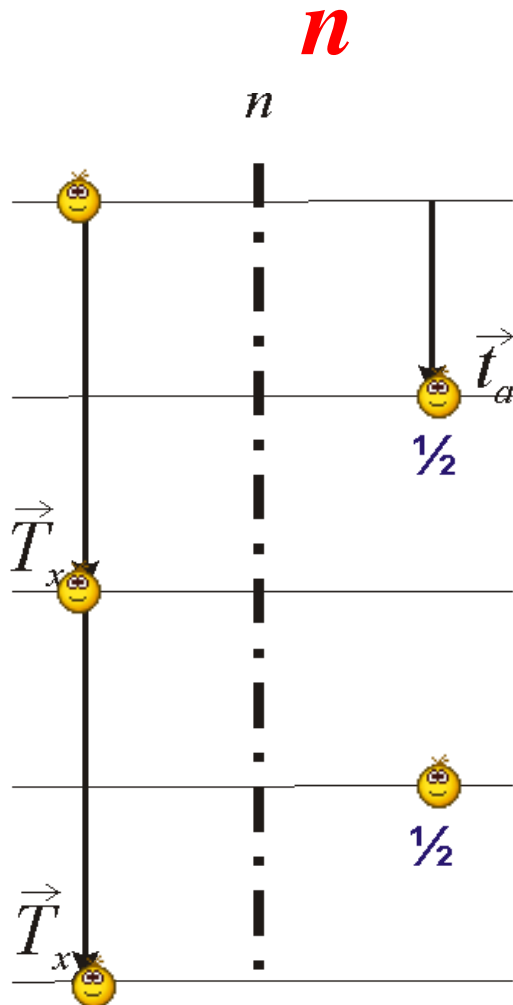
клиноплоскость, нормаль

горизонтальной с быть не может!



Волшебная КЛИНО- плоскость

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



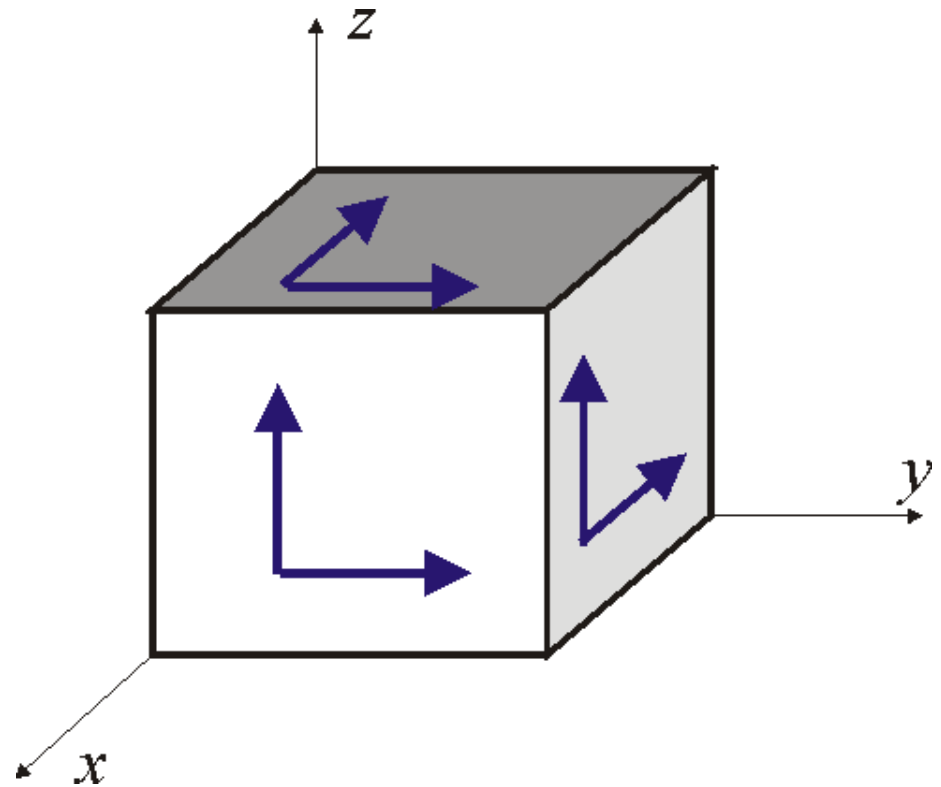
Обозначения :





Волшебная
клино-
плоскость

n



Есть три разных n



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 (только для продвинутых кристаллографов)





1-ое волшебное заклинание кристаллографа

«Клон»



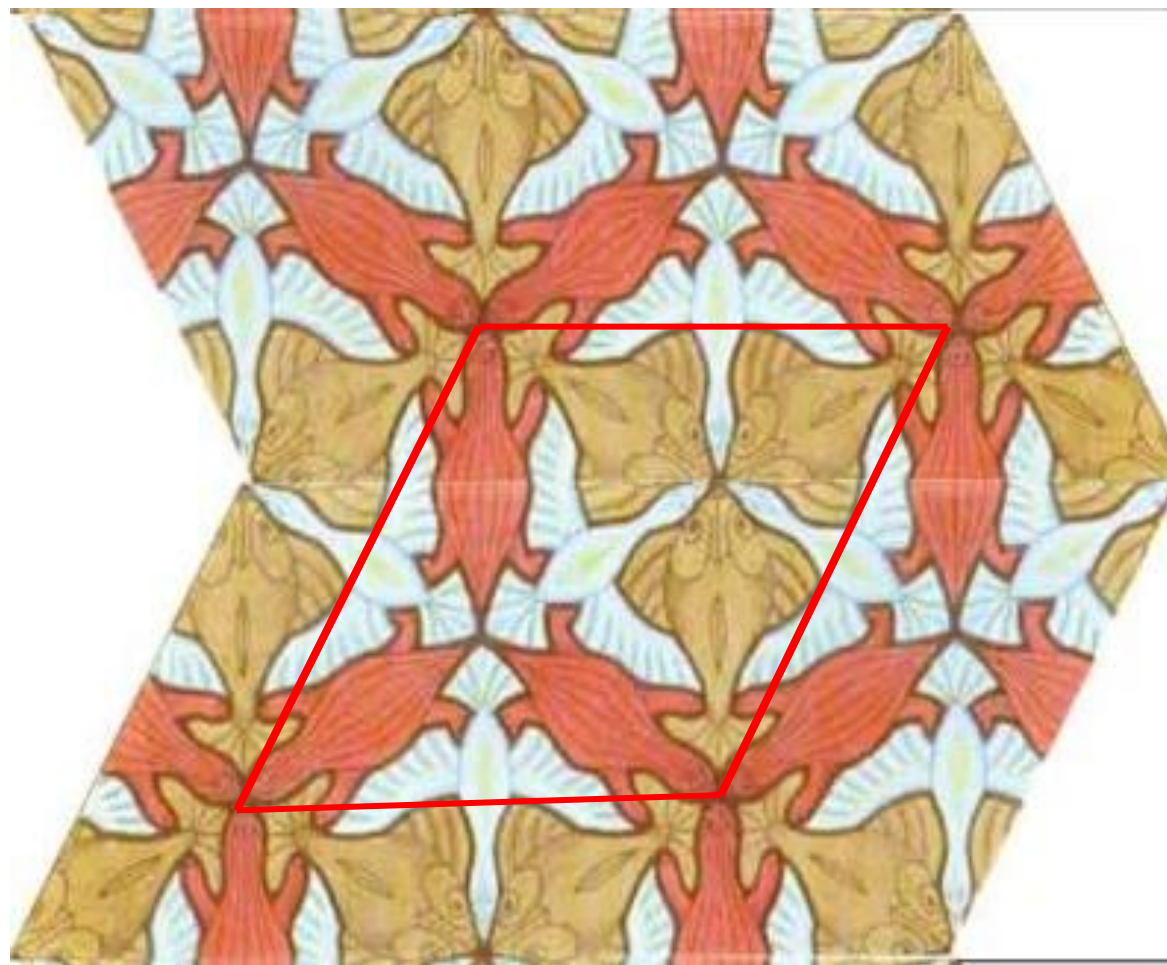
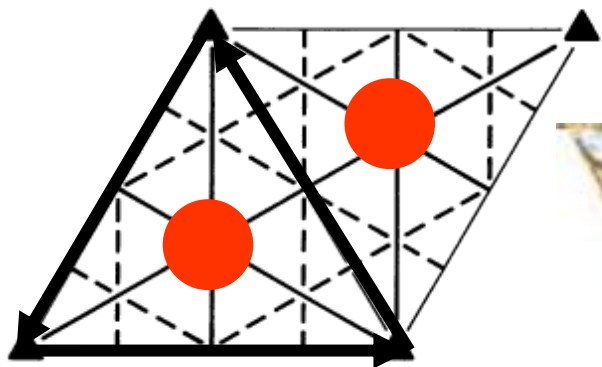
Берем поворотную ось n -ого порядка

и прикладываем к нему трансляцию.

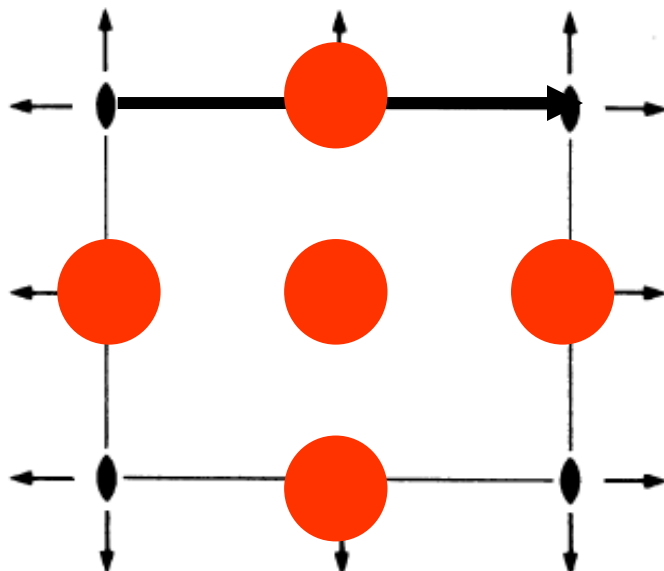


**В результате кристаллографической магии
клонировается ось n -ого порядка
в центре магического n -угольника,
построенного на этой трансляции**

Например:



Еще:





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

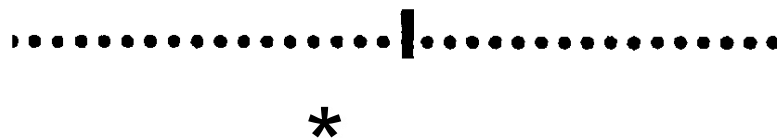


Когда встречаются две волшебные плоскости

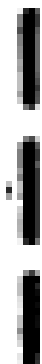


Ищи результат их взаимодействия разложением каждой из них на магические порталы $t=1/2$ T и немагические зеркальные плоскости m

Например:



$$C_x = m_x t_z$$

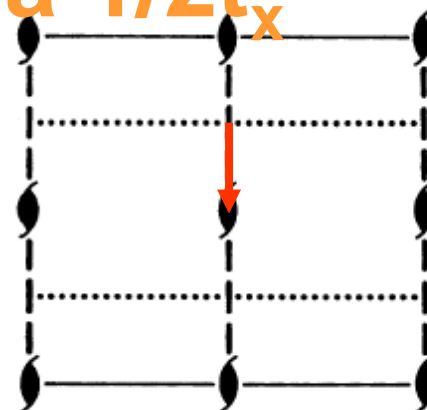


$$a_y = m_y t_x$$

смещенная
на $1/2t_x$

$$= m_y m_x t_x t_z$$

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

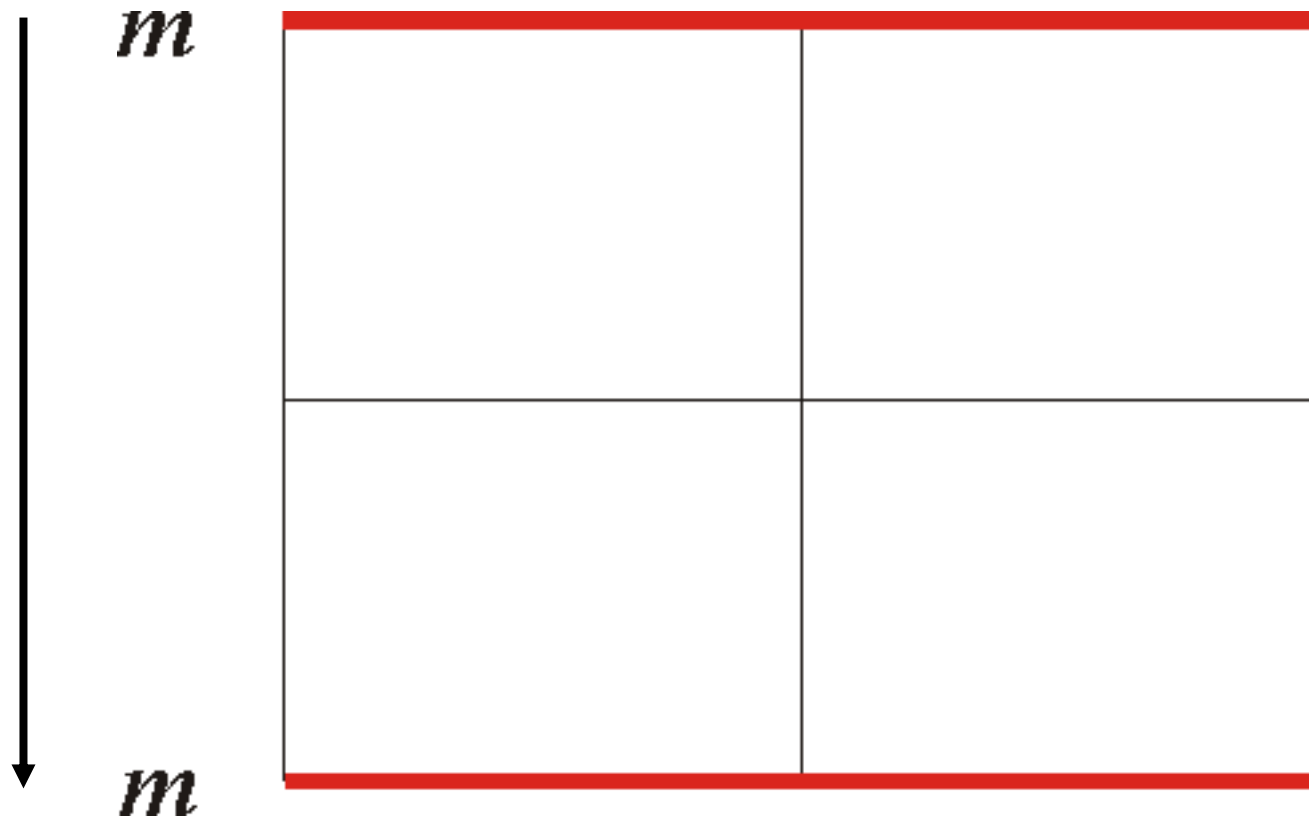


Откуда родилась трансляция?

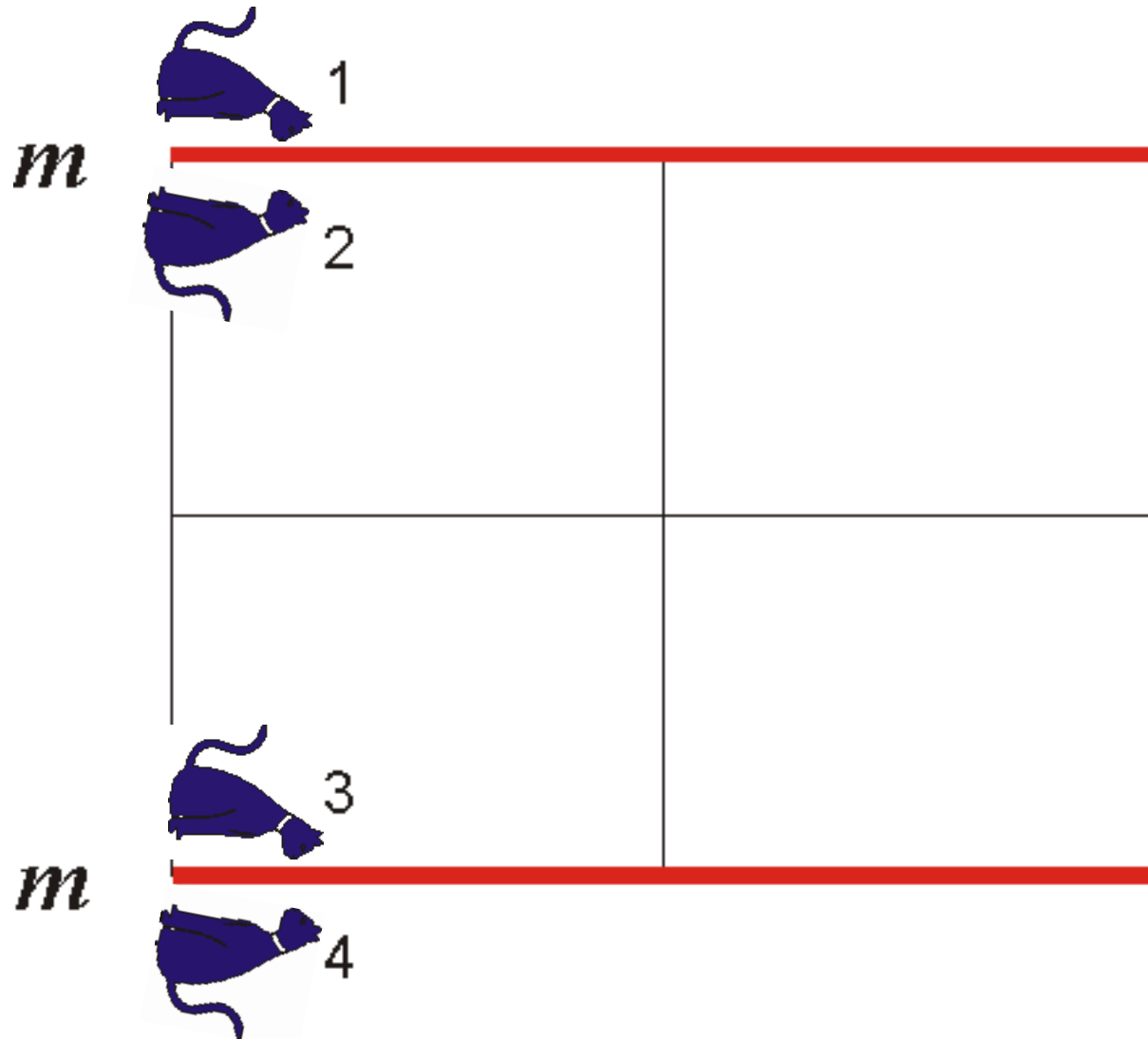


Принес аист?
Нашли в капусте?
Родилась из пены
как Афродита?
Как то еще?

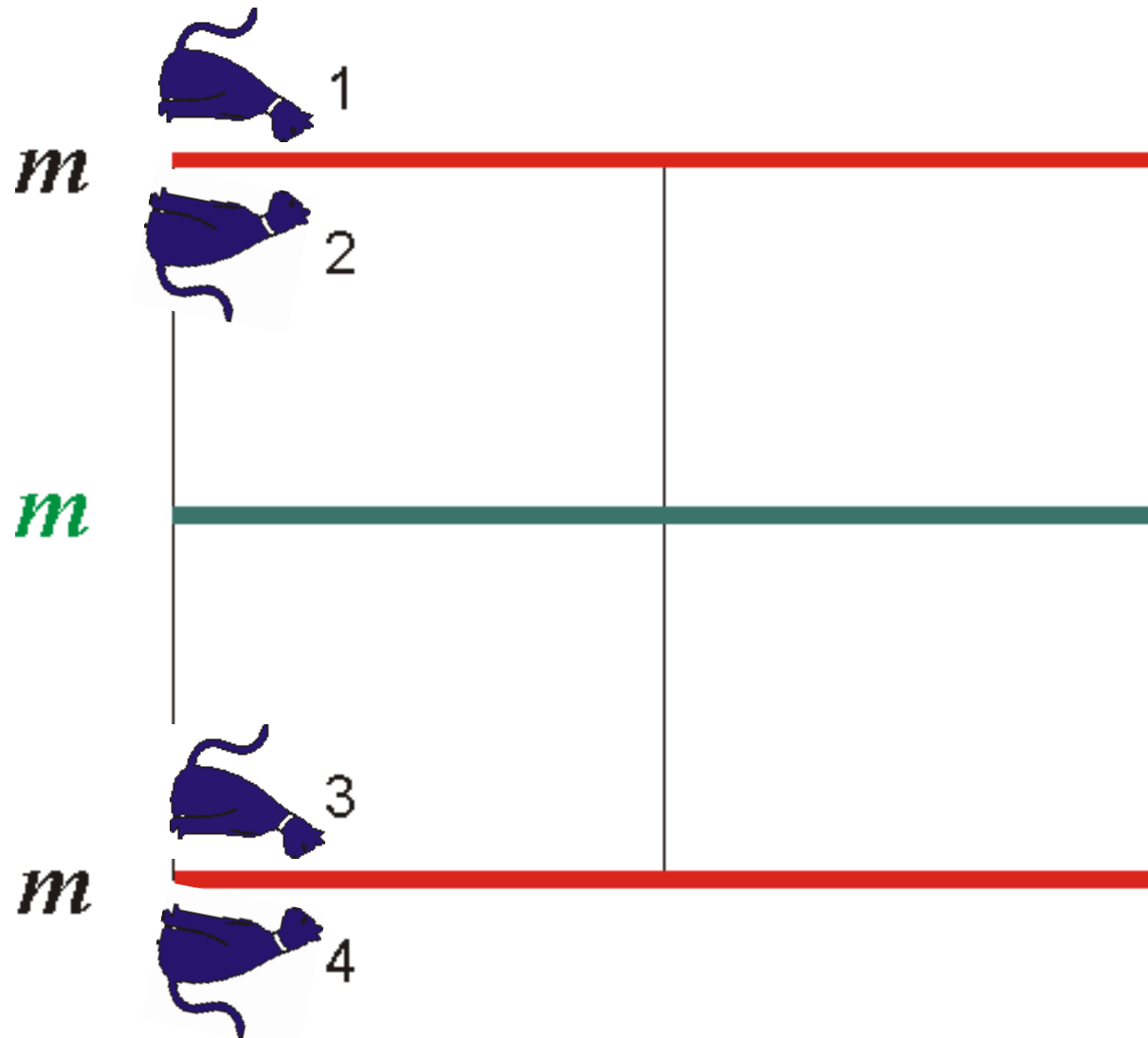
Для этого проверим, как
трансляция сосуществует с
плоскостями?



А как трансляция сосуществует с
плоскостями?



А как трансляция сосуществует с
плоскостями?



И если Европа родилась
из пены...



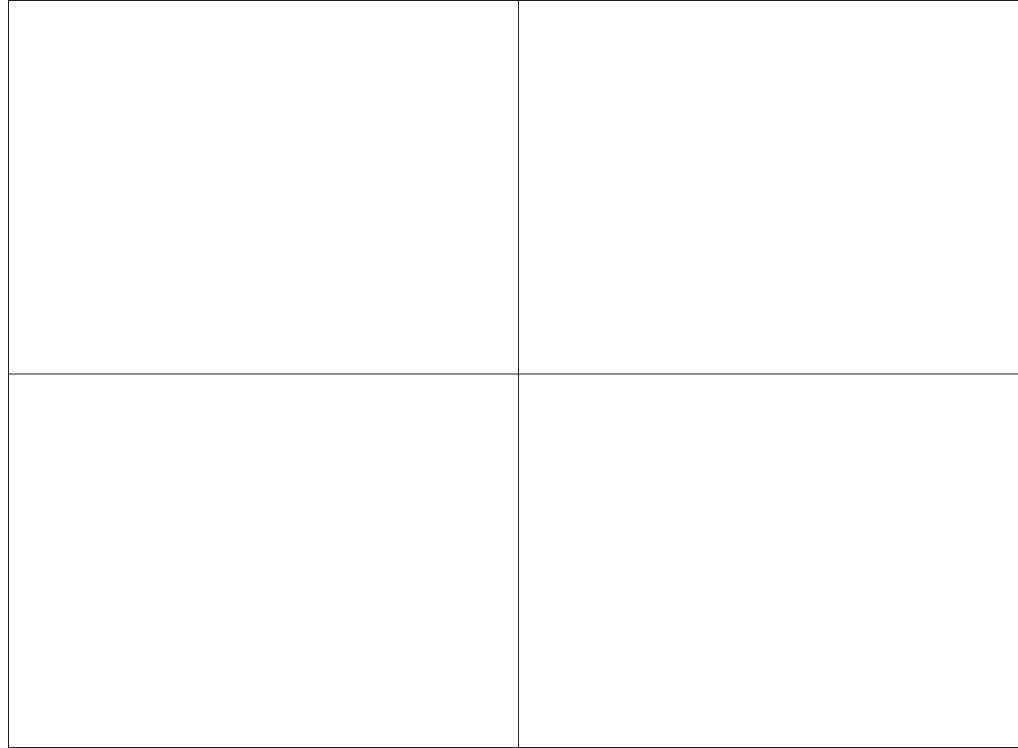
То трансляция родилась

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



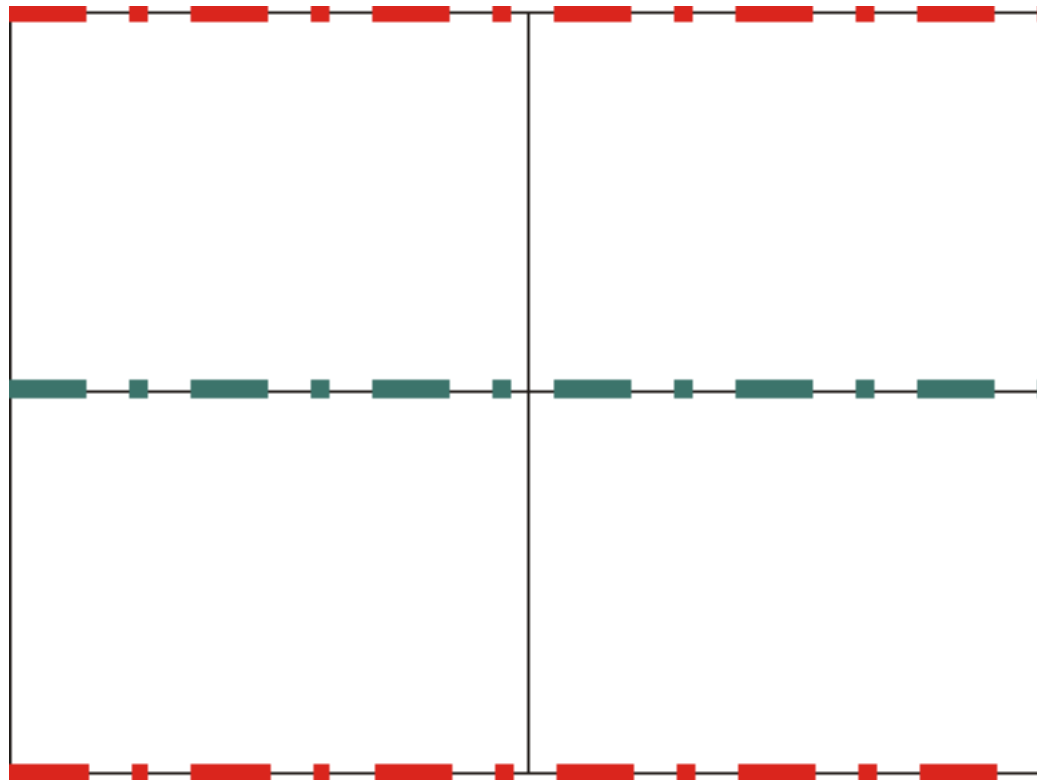
*В результате взаимодействия двух параллельных плоскостей,
находящихся друг от друга на расстоянии
в два раза меньшем, чем длина новорожденной...*

Этапы построения графика группы Pnc ?



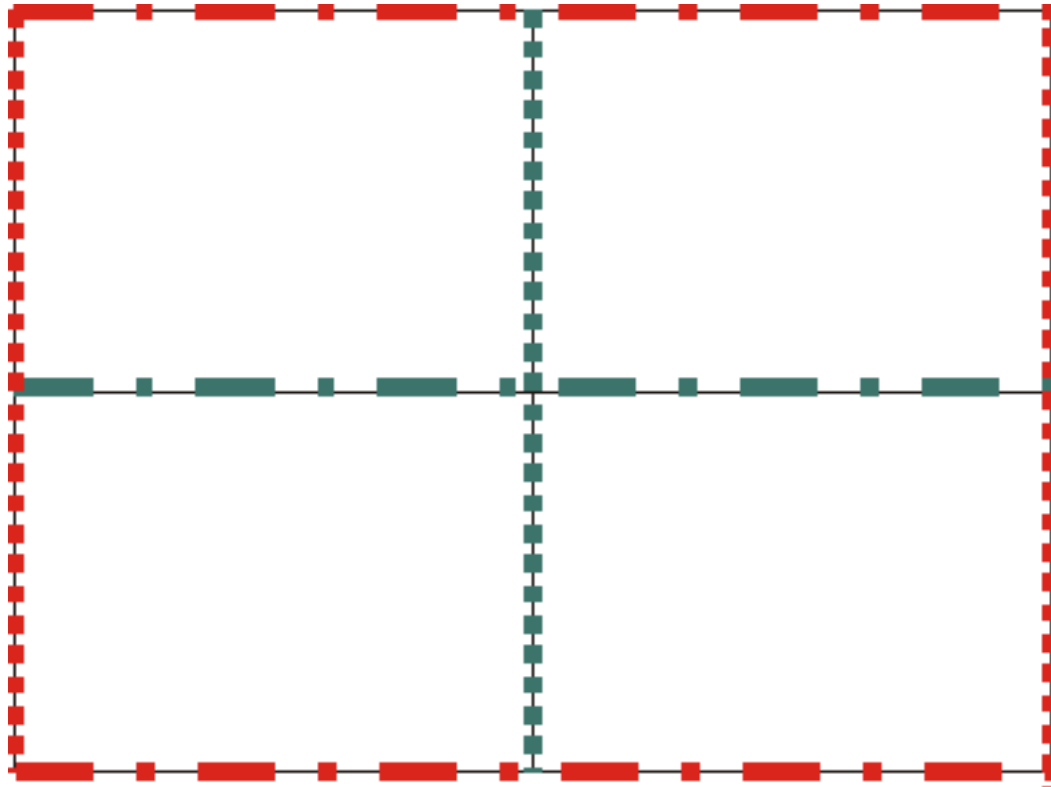
1) В ооконтуренной ячейке (лучше тонкие волнистые линии)
наносим x плоскости (n)

Этапы построения графика группы Pnc ?



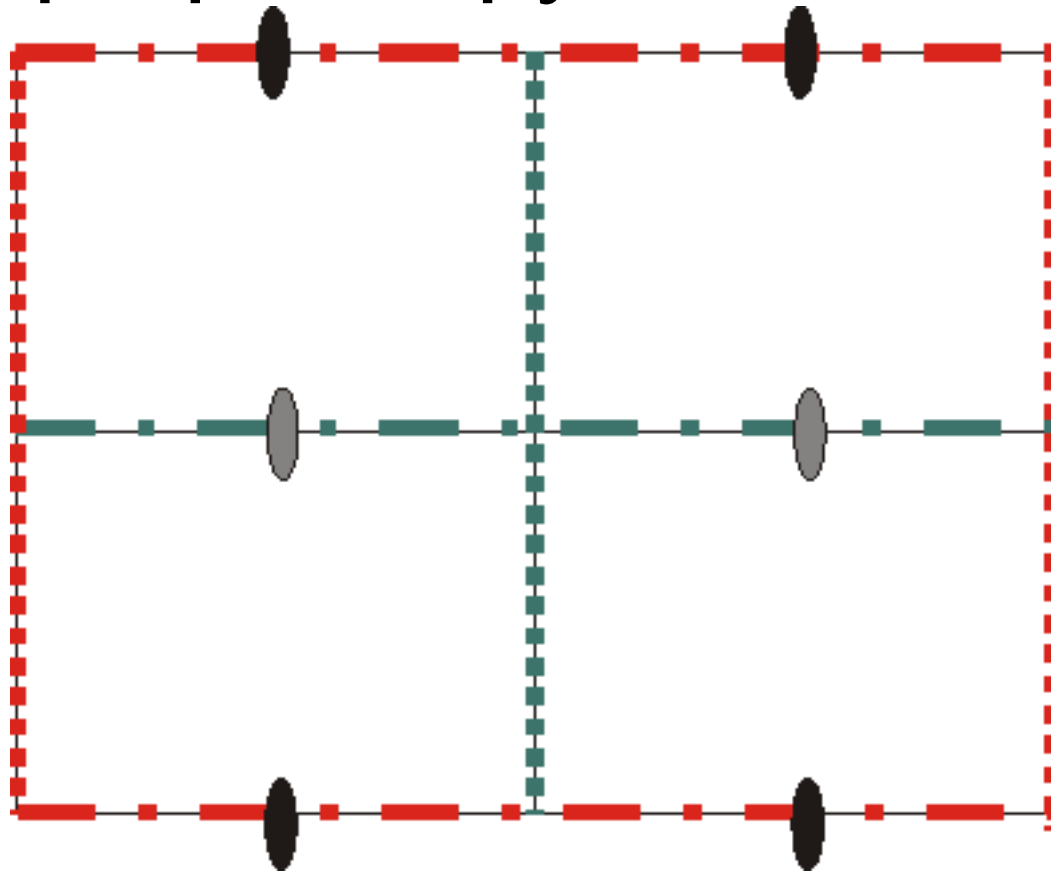
2) В оконтуренной ячейке наносим у-овые плоскости (с)

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.

– 0 степеней свободы

Ось 2, 3, 4, 6

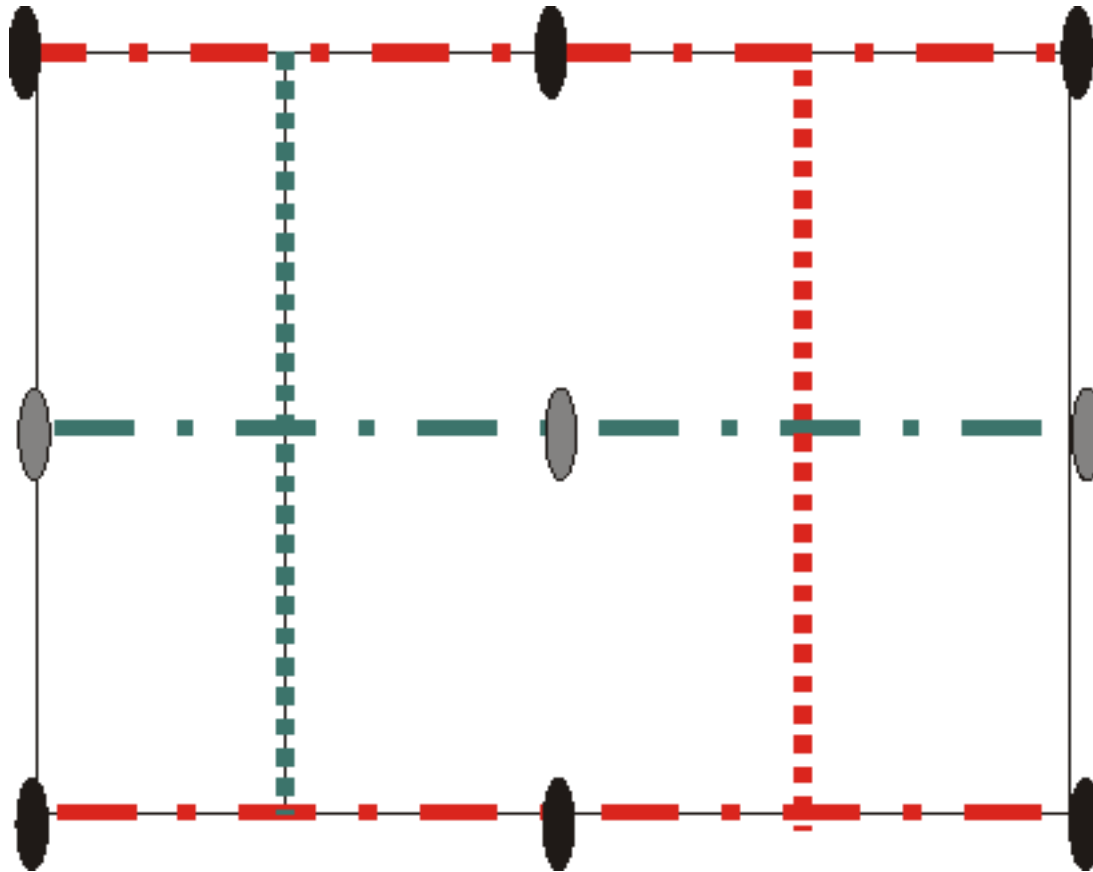
– 1 степень свободы

Плоскость m

– 2 степени свободы

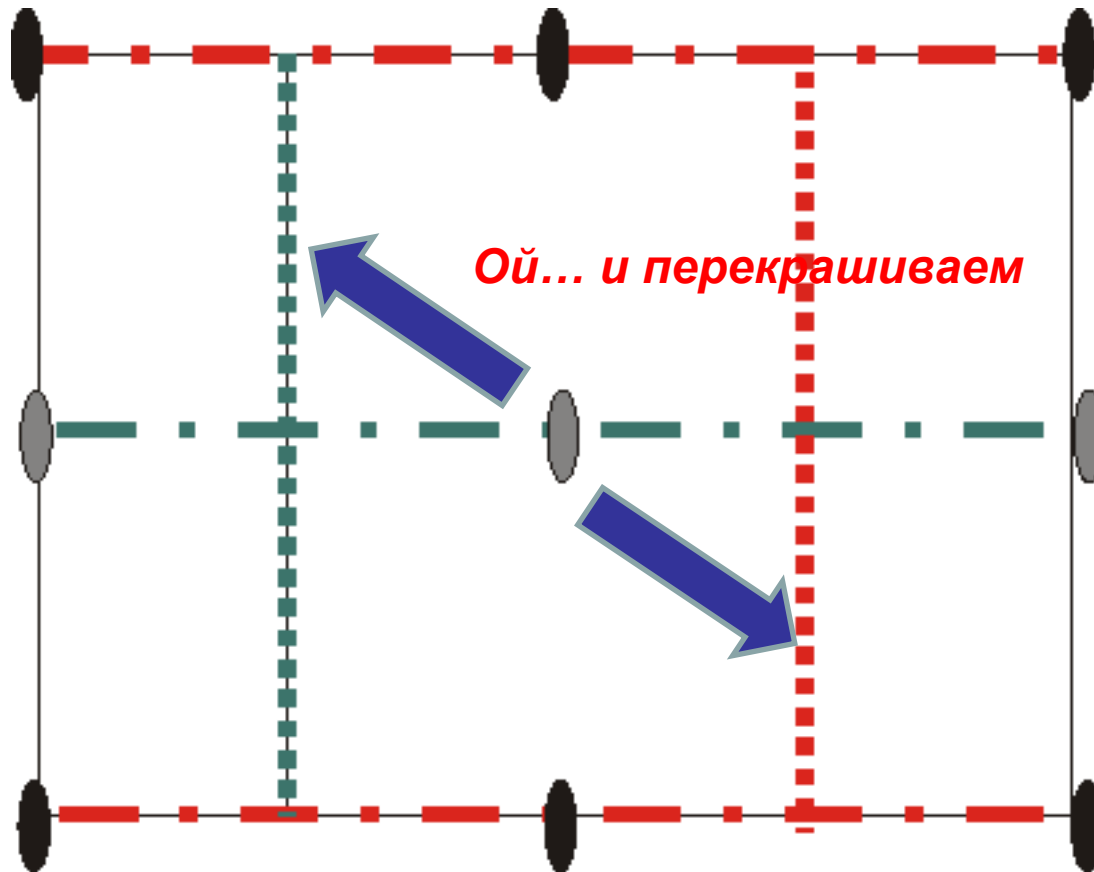
Точка без элементов симметрии (1) – 3 степени свободы

Этапы построения графика группы $Pnc2$



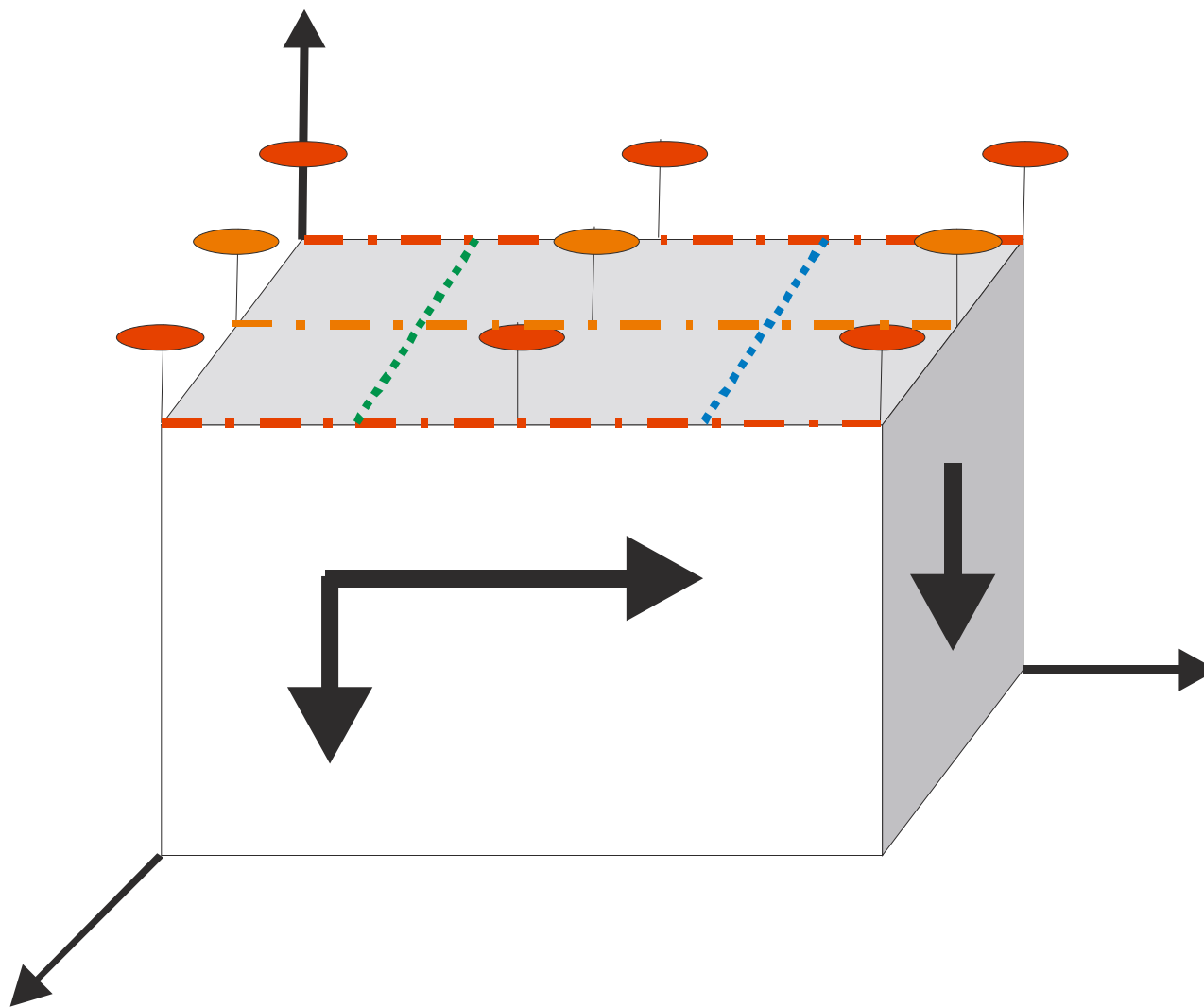
5) В данном случае перерисовываем

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 *ттт*. Разбор группы *Ptab***
- **Ромбические группы, повернутые набок – дубли или клоны?**