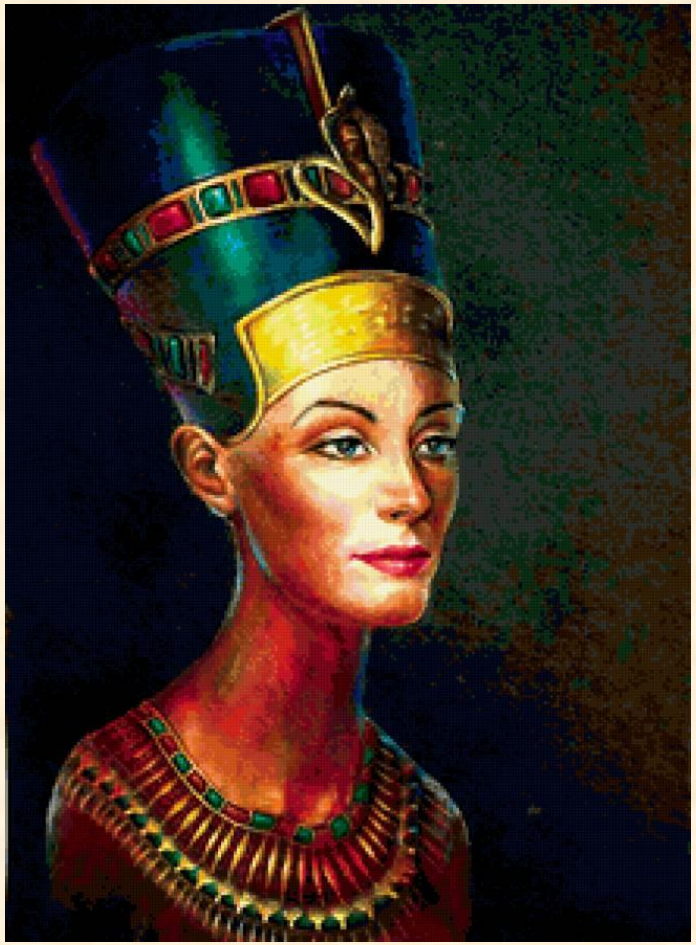
МИР КРИСТАЛЛОВ

«В мире царят кристалл и его твердые прямолинейные законы»
А.Е. Ферсман

ПОЕХАЛИ!
SCIENCE MUSEUM/PERC000393
ADME

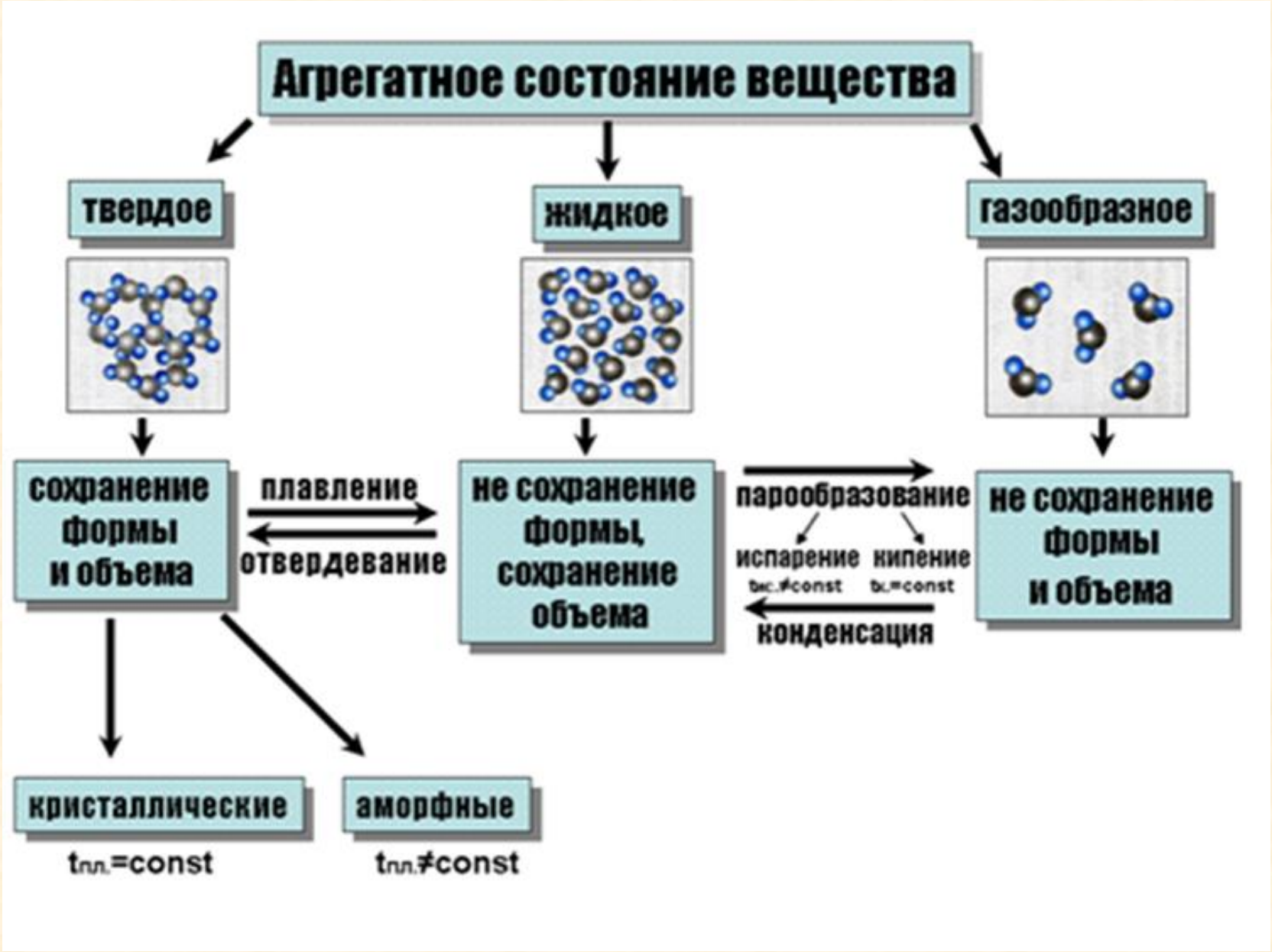
Что общего ?

Нефертити – жена царя Эхнатона (Аменхотеп IV)



1370 до н.э. — 1330 до н.э. , Египет

XXI век


Агрегатное состояние вещества
твердое
жидкое
газообразное
сохранение формы и объема
плавление
отвердевание
не сохранение формы, сохранение объема
парообразование
испарение
кипение
конденсация
не сохранение формы и объема
кристаллические
аморфные
tпл.=const
tпл.≠const

Шнобелевская премия 2017 по физике

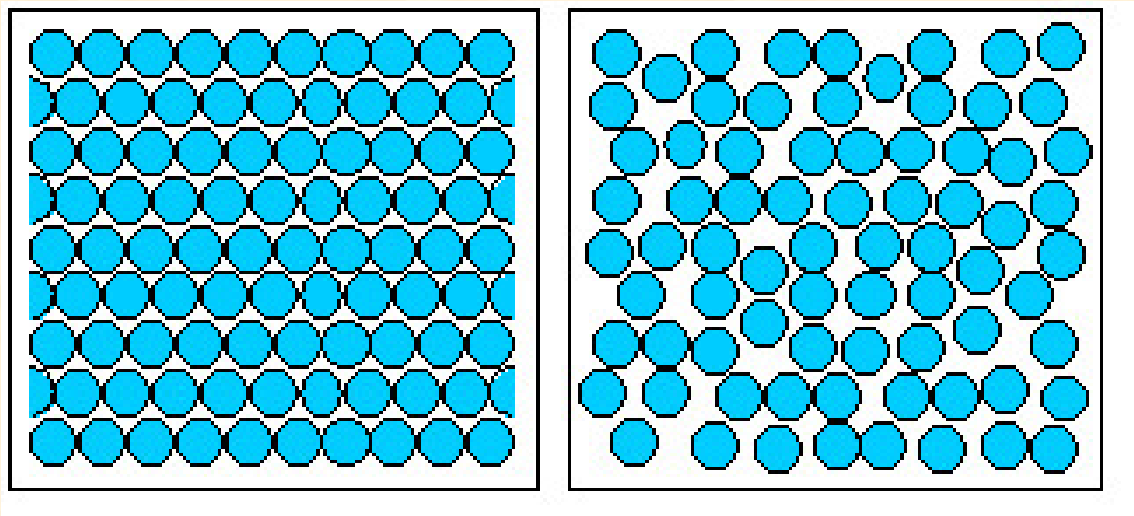
On the rheology of cats / M.A.Fardin // Rheology Bulletin, 83(2) July 2014

Дальний порядок и ближний порядок-

упорядоченность во взаимном расположении атомов или молекул в твёрдых телах и жидкостях.

упорядоченность, повторяющаяся на неограниченно больших расстояниях, — дальним порядком

упорядоченность на расстояниях, сравнимых с межатомными, называется ближним порядком;

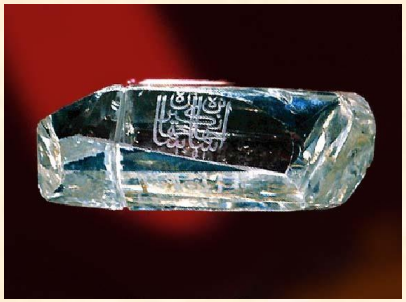


Газы – порядка нет
Жидкости, аморфные тела – ближний порядок
Кристаллические тела – дальний порядок

Кристаллы в природе

Гипсовая пещера в мексиканском городе Найка

Алмаз «Шах»



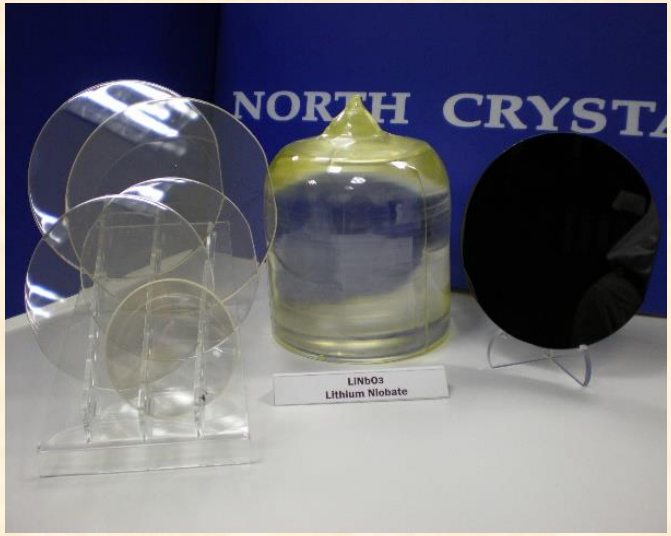
Горный хрусталь

Как выглядят кристаллы?

Огранка (симметрия и правильность внешней формы) или …?

Природный кристалл флюрита CaF_2

Выращенные кристаллы ниобата лития $LiNbO_3$

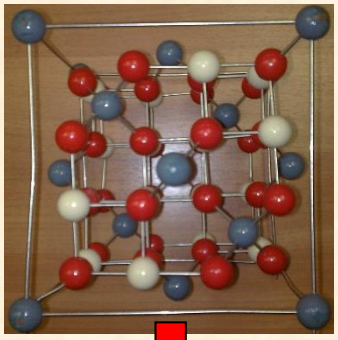


Что такое кристаллы?

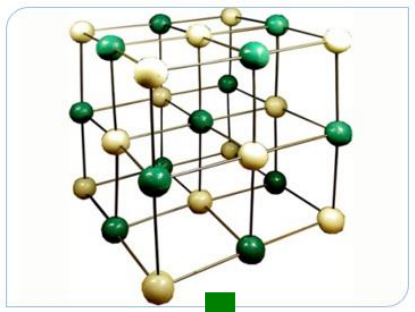
(от греч. κρύσταλλος, первоначально - лед,
в дальнейшем - горный хрусталь)

— **твёрдые тела, в которых атомы расположены закономерно**, образуя кристаллическую решетку

Шпинель



NaCl



NaCl

Закономерное атомарное строение

Кристаллы:

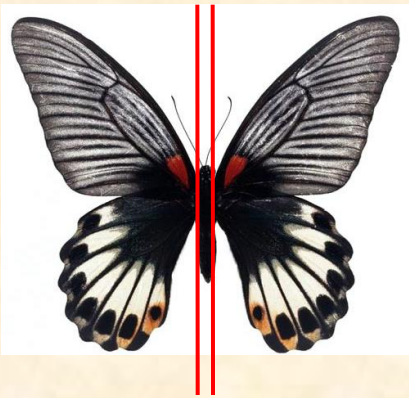
- ✓ ***Однородны***
- ✓ ***Анизотропны***
- ✓ ***Симметричны***

Симметрия

Кристаллография **– наука о кристаллах: предмет – кристаллы, метод – симметрия**

Элементы симметрии **– это *воображаемые* точки, прямые, плоскости, с помощью которых обнаруживается симметрия фигур:**

- ***Центр симметрии***
- ***Плоскость симметрии***
- ***Оси симметрии***



В кристаллах – оси симметрии **только 2,3,4 и 6** порядков!

Существует всего 32 набора элементов симметрии кристаллических многогранников – 32 класса симметрии

Элементы симметрии кристаллических многогранников

Симметричная фигура состоит из закономерно повторяющихся равных частей

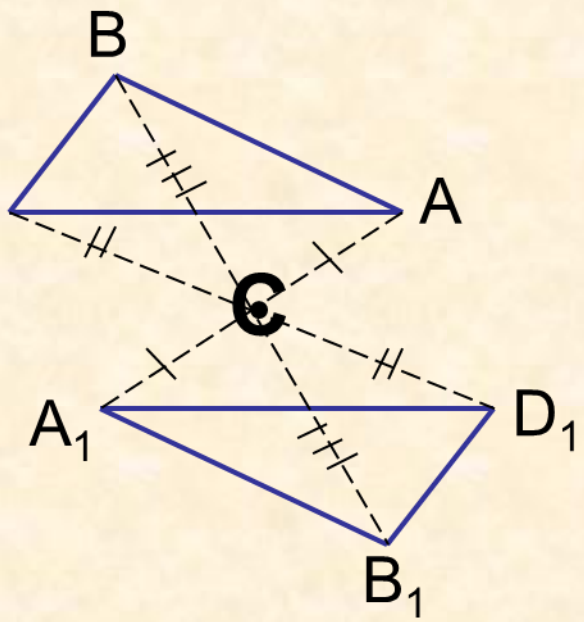
Элементы симметрии **– это *воображаемые* геометрические образы (точки, прямые, плоскости)**

- ***Центр симметрии***
- ***Плоскость симметрии***
- ***Оси симметрии***

проходят через центр тяжести фигуры

Центр симметрии (С)

– особая точка внутри фигуры, характеризующаяся тем, что любая проходящая через нее прямая по обе стороны от нее и на равных расстояниях встречает одинаковые (соответственные) точки фигуры



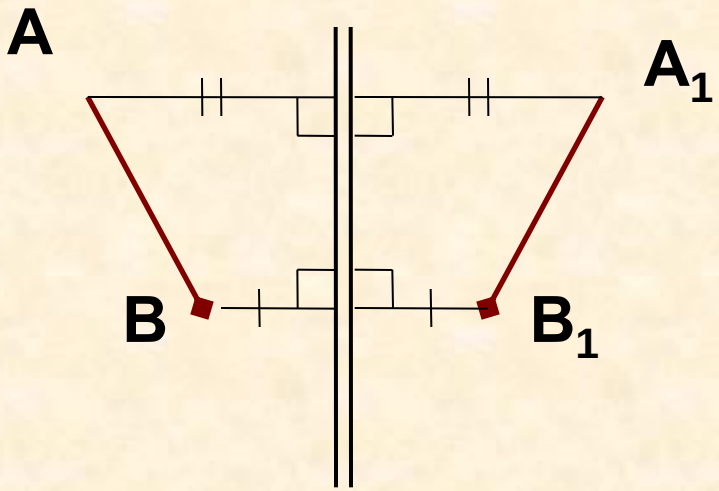
При наличии С каждой грани кристалла должна отвечать *антипараллельная* грань:

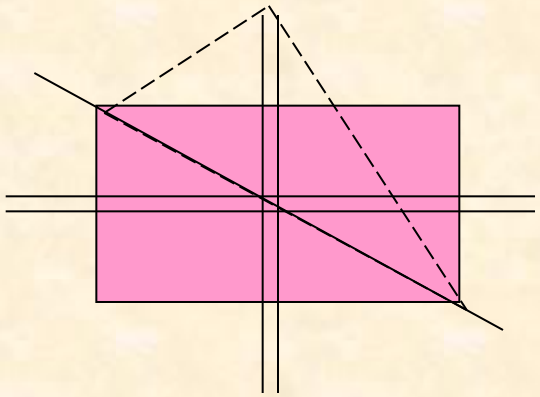
- ***параллельная***
- ***равная по форме и величине***
- ***развернутая на 180^0***

Зеркальная плоскость симметрии

- воображаемая плоскость, проходящая через центр фигуры, и делящая ее на две зеркально равные части, расположенные <u>как предмет и его зеркальное отражение</u>

Учебный символ: P **Международный символ: m**





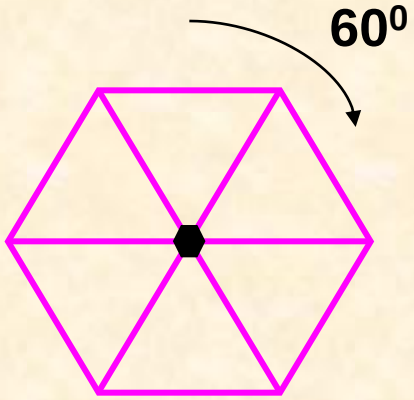
Поворотные оси симметрии

Поворотная ось симметрии **– воображаемая прямая линия, проходящая через центр фигуры, вокруг которой несколько раз повторяются одинаковые части фигуры**

Порядок оси симметрии **(n) - число равных частей фигуры, повторяющихся вокруг нее**

Элементарный угол поворота **(α) - минимальный угол, приводящий фигуру к самосовмещению**

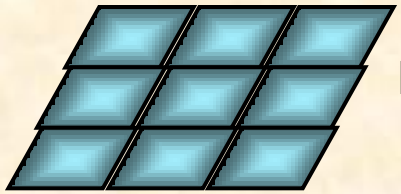
$$n = \frac{360^0}{\alpha}$$

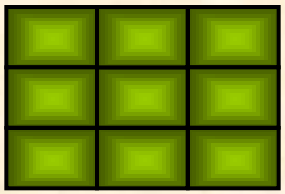


L_6

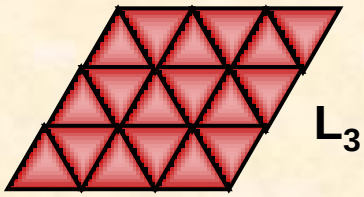
Строение кристаллов делает невозможным существование в них осей симметрии пятого порядка и порядка выше шестого

В кристаллах есть оси 1, 2, 3, 4 и 6 порядков

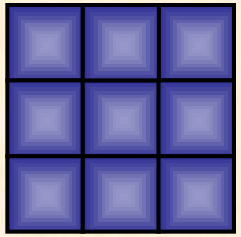




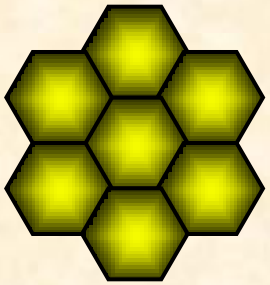
L_2



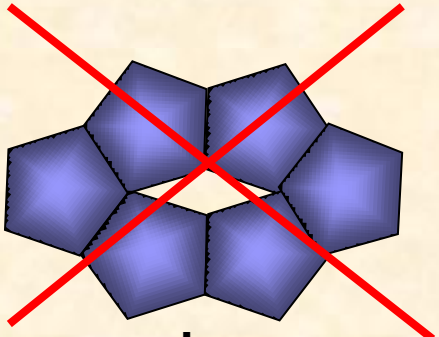
L_3



L_4



L_6

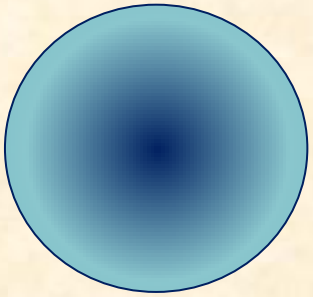


L_5

Анизотропия

– зависимость свойств от направления – неодинаковость физических свойств в разных направлениях и одинаковость в симметрично равных

Если скорость роста была бы одинакова – кристалл вырос бы в форме шара



Способность к самоогранению - результат анизотропии скорости роста

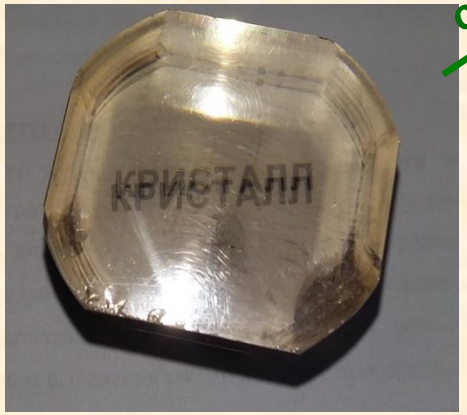
Анизотропия свойств:

- механических,
- электрических,
- тепловых,
- оптических, …

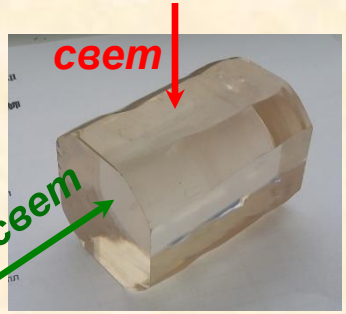
возможность управлять характеристиками приборов путем подбора кристаллических срезов с оптимальными свойствами

Оптическая анизотропия

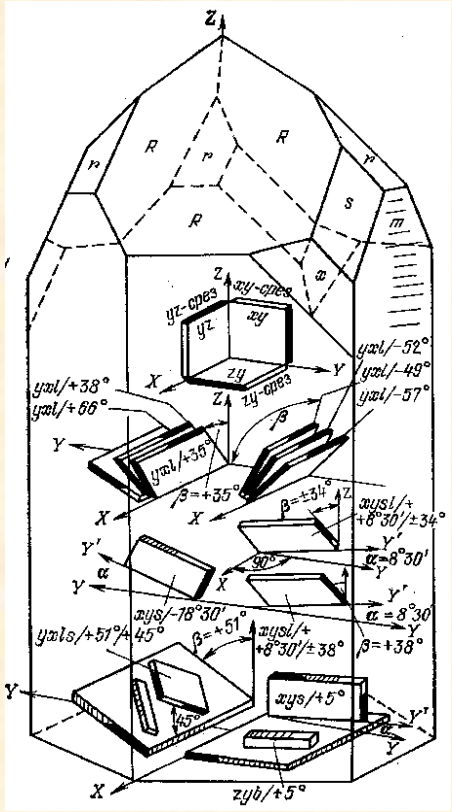
Двулучепреломление света:



Есть!



Нет!

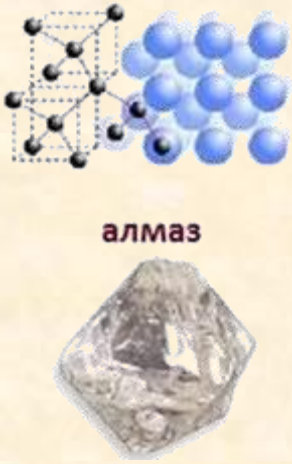


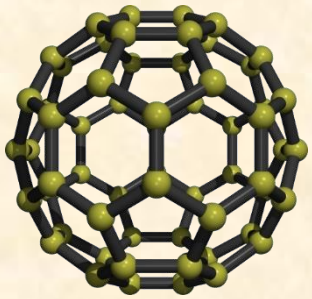
Срезы в кварце, применяемые в технике

Структура определяет свойства материала

Углерод

- Сажа (копоть)
- Уголь
- Графит
- Алмаз
- Фуллерен





Всякий кристалл, как и всё существующее в природе, претерпевает со временем ряд изменений, составляющих то, что условно называют его «жизнью»

А.В. Шубников

Как растут кристаллы в природе?

Из расплава

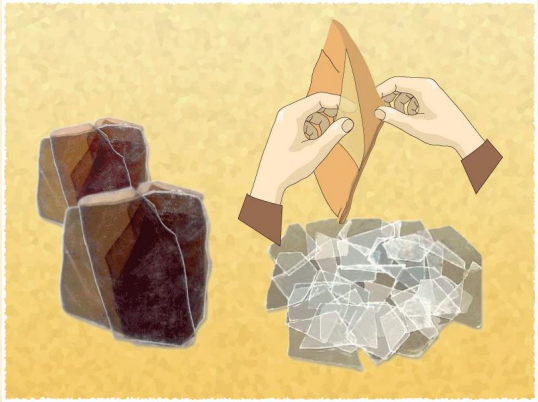
Из раствора

Из газовой фазы

Как использовали природные кристаллы?

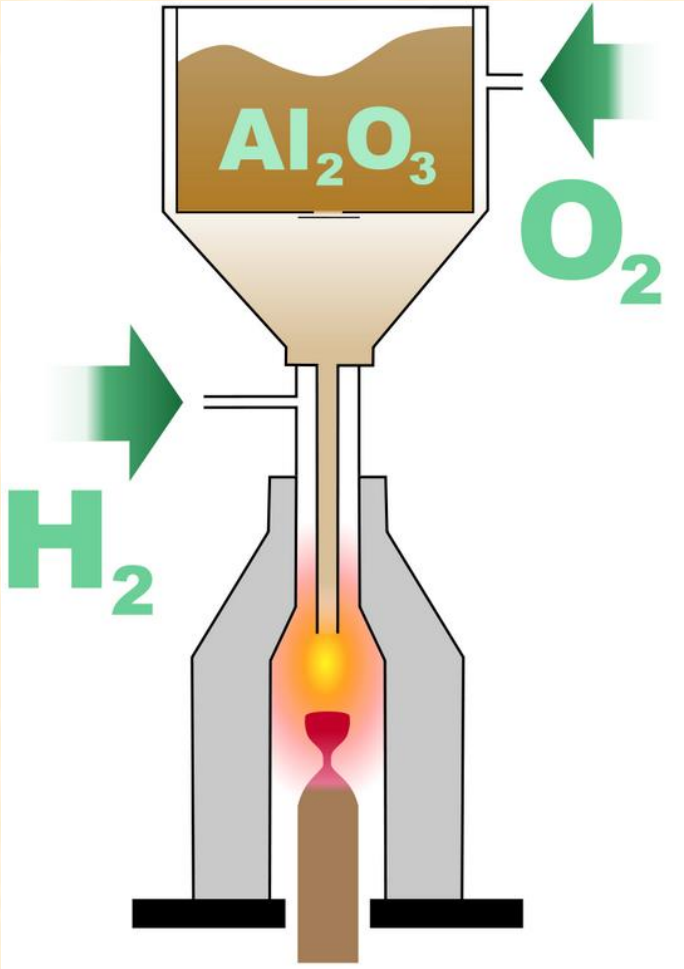
Ювелирное дело

Строительство



Искусственные кристаллы

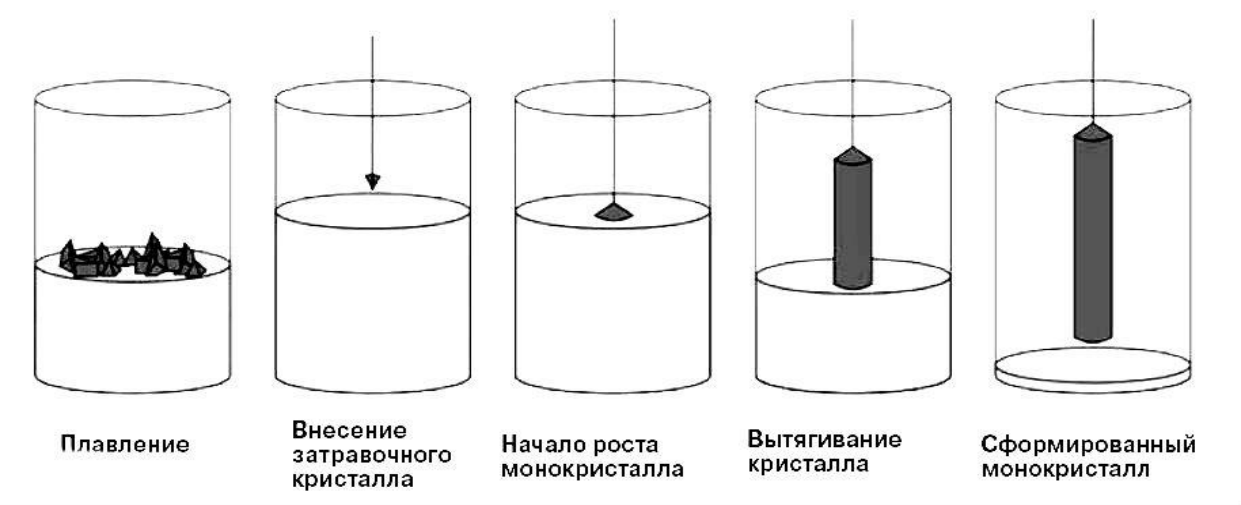
Во второй половине **19-го века** французский ученый химик **Огюст Вернейль** разработал способ получения искусственных драгоценных камней, преимущественно синтетических **рубинов Al_2O_3:Cr** и **сапфиров Al_2O_3:Fe.**



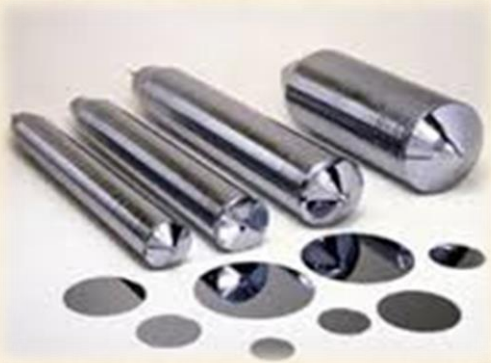
- Синтез из расплава

Кристалл $La_3Ga_5SiO_{14}$

Этапы метода



Кристалл $Y_3Al_5O_{12}$

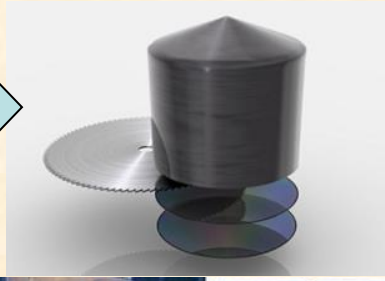


Кристалл Si

Кристалл GaAs

Монокристалл кремния (Si)

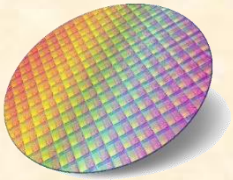
Установка для выращивания монокристаллов по методу Чохральского



Максимальный диаметр кристалла – 400 мм

Электроника

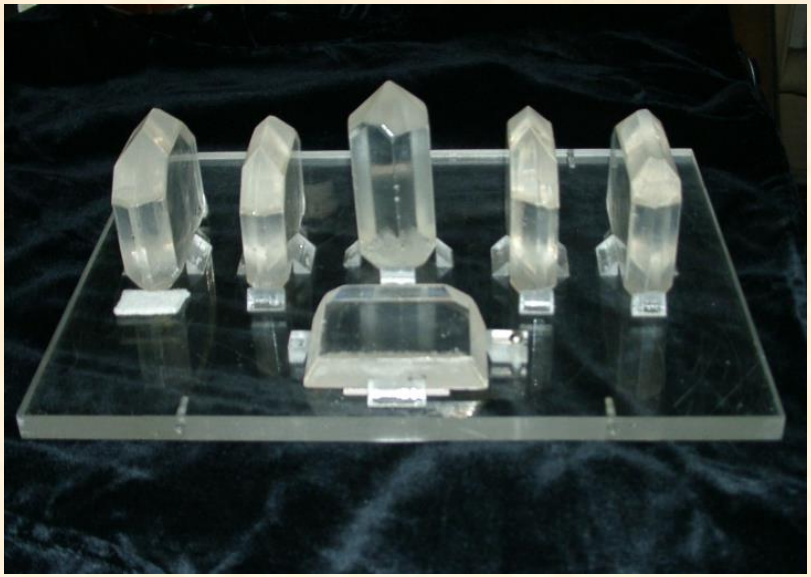
Солнечная энергетика



Солнечные батареи – возобновляемые автономные источники энергии

- Синтез из раствора

Монокристаллы иодата лития



Получение монокристаллов заданной формы для нелинейных оптических элементов преобразования частоты лазерного излучения

- Синтез из газовой фазы

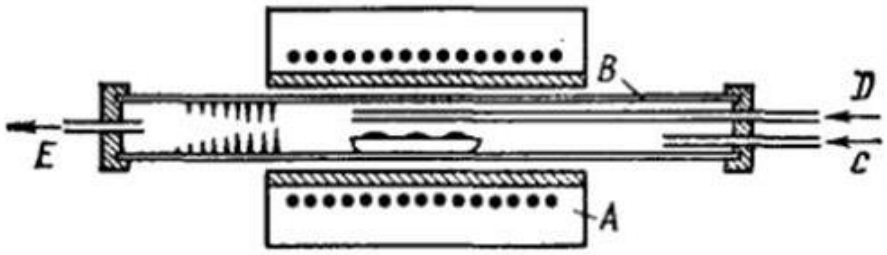
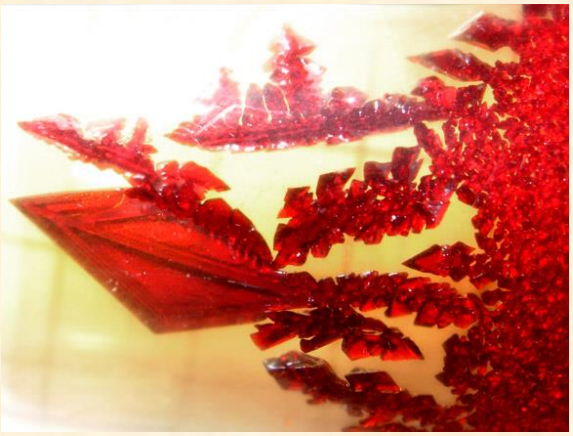


Схема выращивания кристаллов CdS по методу транспортной реакции:

A — печь; *B* — сосуд, на дне которого находится металлический кадмий; *C* — ввод водорода; *D* — ввод сероводорода; *E* — вывод продуктов реакции

Кристаллы Pt

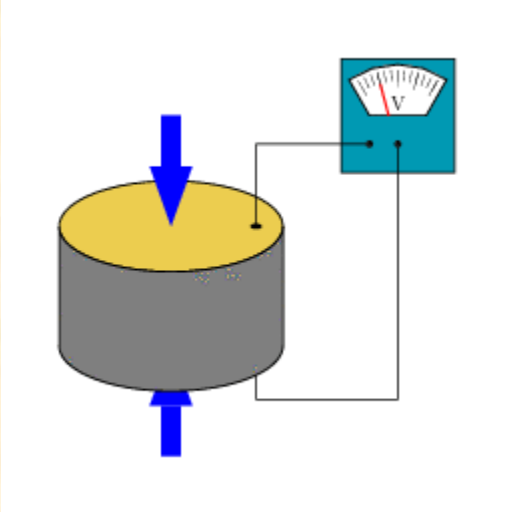
Кристаллы SiC



Кристаллы Br

Пьезокристаллы

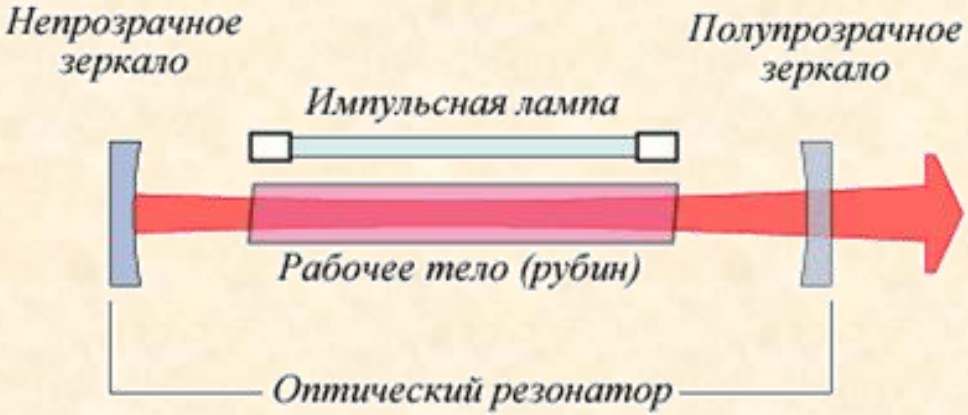
- кристаллы, умеющие вырабатывать электричество



- ✓ ***Датчики давления, вибрации, механических колебаний***
- ✓ ***Синхронизаторы времени***
- ✓ ***Частотные фильтры***

ЛАЗЕРЫ

- **Ла́зер** (англ. *laser*, акроним от ***l**ight **a**mplification by **s**timulated **e**mission of **r**adiation* «усиление света посредством вынужденного излучения»)



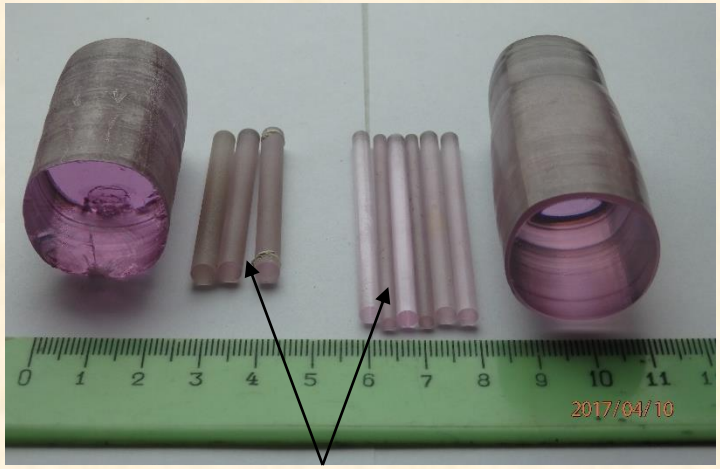
Луч лазера

- **монохроматический**
- **узконаправленный**
- **мощный**

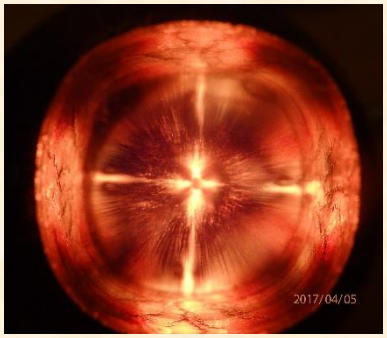
рубины

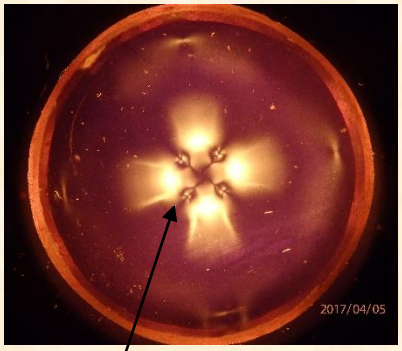
Оценка качества кристаллов оптическими методами

Монокристаллы алюмо-иттриевого граната



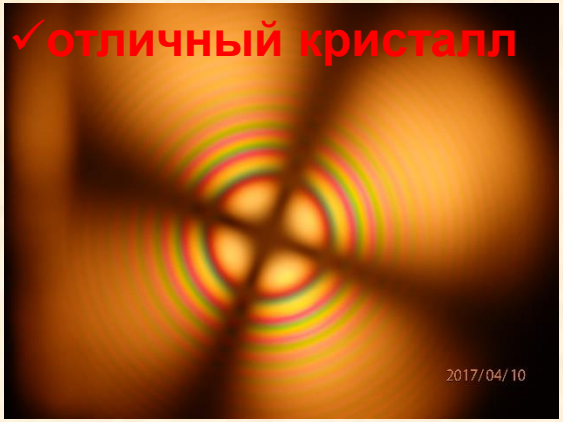
Рабочие элементы твердотельного лазера

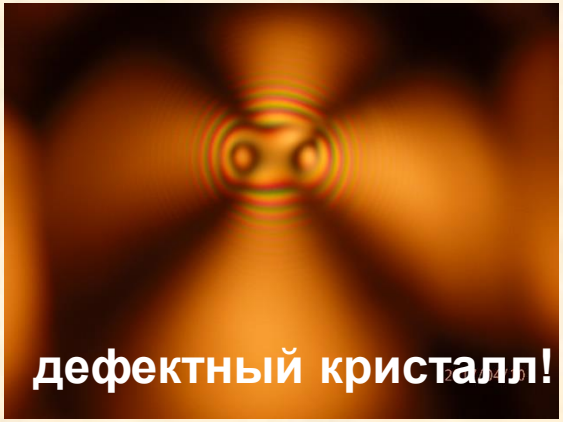




Центральный дефект

Коноскопические картины в монокристаллах ниобата лития $LiNbO_3$





1986-2001 гг.
Была домом для 104 космонавтов. В 2001 году была затоплена в Тихом океане.

Орбитальная станция (ОС) "Мир" была выведена на орбиту 20 февраля 1986 год. В настоящее время ОС "Мир" – это сложный многоцелевой научно-исследовательский комплекс, в состав которого, кроме базового блока, входят пять конструктивно завершенных, оснащенных системами и агрегатами.

MyShared

Корунд:

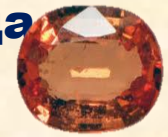
Рубин

Сапфир

Хризолит

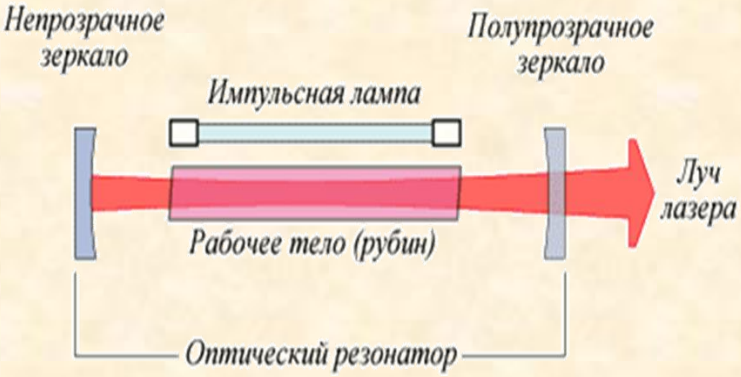
Аметист

Лейкосапф

Падпаражда 

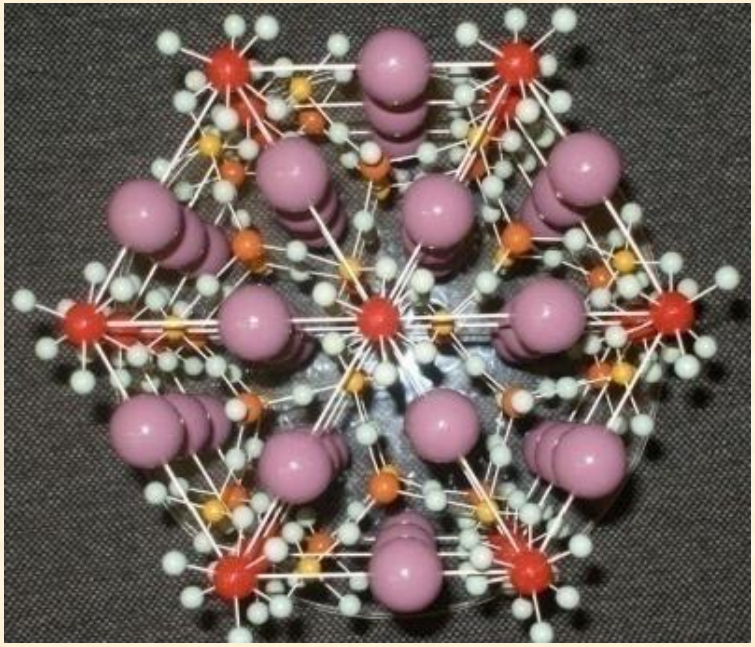
Изменение цвета корунда:

1. Корунд + хром = рубин
2. Корунд + титан + железо = сапфир
3. Корунд + железо = хризолит
4. Корунд + хром = аметист
5. Корунд без примеси - лейкосапфир
6. Корунд + церий + железо = падпараджа



Разновидности цветов Фианита (ZrO_2)

Металл	Цвет
Церий	жёлтый
	оранжевый
	красный
Хром	зелёный
Неодим	пурпурный
Эрбий	розовый
Титан	золотисто-коричневый

Более 40 цветов

Благодарю за внимание!