

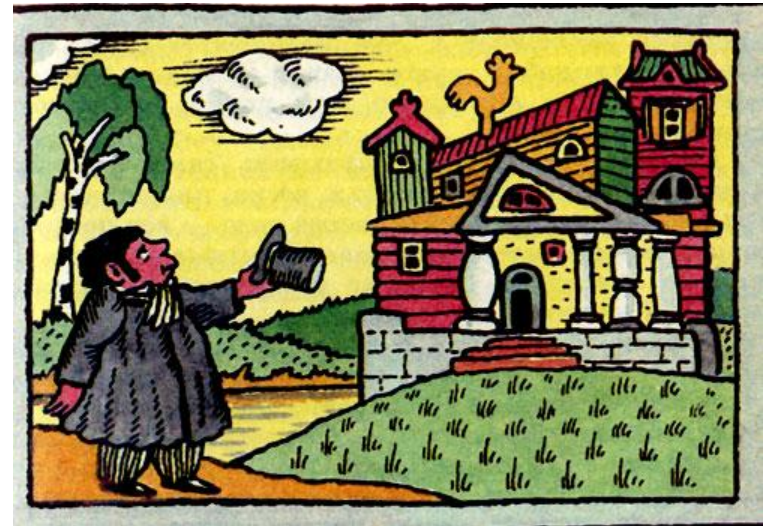
Принципы симметрии

1. Симметрия и асимметрия. Виды симметрии.
2. Симметрия в неживой природе.
3. Симметрия и асимметрия в живой природе.
4. Симметрия пространства-времени.
5. Симметрия и законы сохранения.
6. Нарушения симметрии.



Что такое симметрия?

Само понятие «**симметрия**» связано с понятием красоты или гармонии, оно произошло из Древней Греции (5 в. до н.э.). Греческое слово **συμμετρία** означает нечто гармоничное, соразмерное, пропорциональное в объекте.



Что такое симметрия?

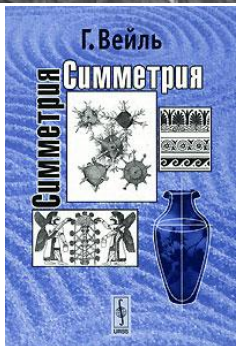


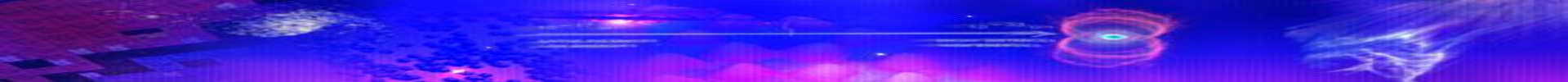
В словаре С.И. Ожегова мы встречаем такое определение: **симметрия** - соразмерность, пропорциональность в расположении частей чего-нибудь по обе стороны от середины, центра.



Одно из наиболее популярных определений понятия симметрии принадлежит немецкому математику Герману Вейлю:

«Симметрия – есть идея, с помощью которой человек веками пытался объяснить и создать порядок, красоту и совершенство.»





✓ Виды симметрии

- симметрия положений, форм, структур – **геометрическая симметрия**.
- симметрия физических явлений и законов природы, лежащая в основе естественно-научной картины мира – **физическая симметрия**.
- Современное представление о симметрии предполагает неизменность объекта по отношению к некоторым преобразованиям: симметричным можно назвать объект, который можно изменять каким-либо образом, получая в результате то, с чего начали.
- **Асимметрия** – антипод симметрии.
- **Симметрия** выражает общее свойство разных объектов (явлений), она связана со структурой и лежит в самой основе вещей.
- **Асимметрия** выражает индивидуальность и связана с вопрошением структуры в конкретном объекте (явлении).
- Все виды симметрии сводятся к трем возможным: отражение, поворот и трансляция(перемещение).

Симметрия в неживой природе



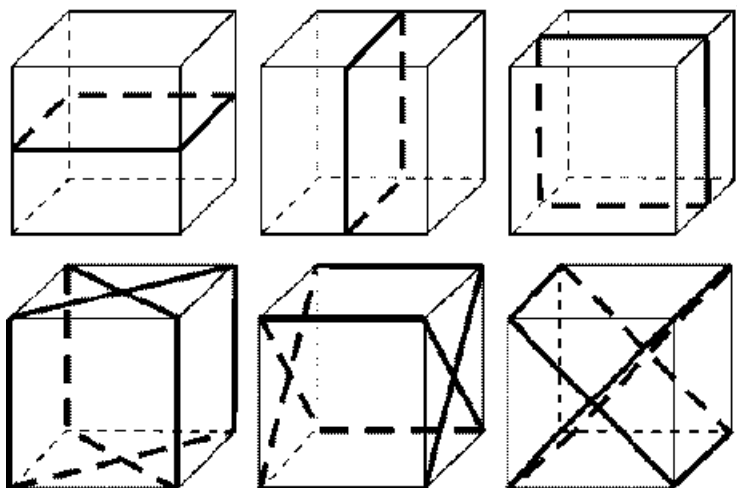
Симметрия в кристаллах

- ✓ Многообразие форм и свойств кристаллов связано с их симметрией.
- ✓ Под свойством симметрии понимаем совпадение кристалла с самим собой при некоторых пространственных перемещениях.
- ✓ Поворотом вокруг какой-либо оси, отражением в точке или в плоскости геометрическая фигура может совмещаться сама с собой. Такие операции называют **симметрическими преобразованиями**, а геометрический образ, характеризующий отдельное симметричное преобразование, **элементом симметрии**.

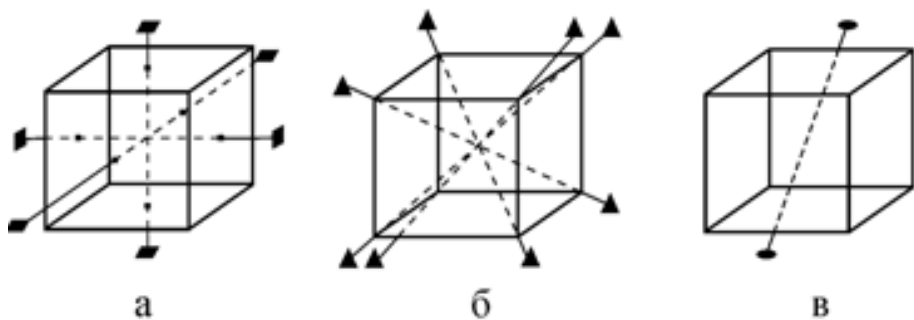


Элементы точечной симметрии

Плоскости симметрии куба



Всякое тело, как и всякую геометрическую фигуру, можно рассматривать как систему точек. Каждая из конечных фигур имеет, по крайней мере, одну точку, которая остается на месте при симметричных преобразованиях. Такая точка является особенной. В этом смысле кристаллы обладают **точечной симметрией**.



Ось симметрии:

$$\alpha = 360^\circ/n,$$


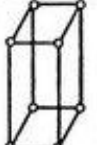
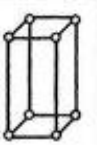


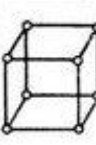
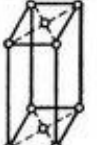


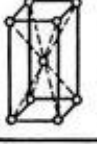

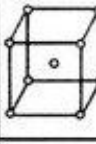


$n=2,3,4,6$ – порядок оси симметрии

Оси симметрии куба:

$$3L_4, 6L_2, 4L_3$$

Симметрия в кристаллах

- ✓ Многообразие форм и свойств кристаллов связано с их симметрией.
- ✓ Под свойством симметрии понимаем совпадение кристалла с самим собой при некоторых пространственных перемещениях.
- ✓ Поворотом вокруг какой-либо оси, отражением в точке или в плоскости геометрическая фигура может совмещаться сама с собой. Такие операции называют симметрическими преобразованиями, а геометрический образ, характеризующий отдельное симметричное преобразование, **элементом симметрии**.
- ✓ Основные элементы симметрии в кристаллах: оси симметрии, плоскости симметрии, центр симметрии, **трансляция**.

Тип решетки \ Сингония	Три- клинная	Моно- клинная	Ромби- ческая	Тетраго- нальная	Триго- нальная (ромбозд- рическая)	Гексаго- нальная	Куби- ческая
Примитивный							
Базоцентри- рованный							
Объемноцен- трированный							
Гранецентри- рованный							

Формы кристаллов различных сингоний

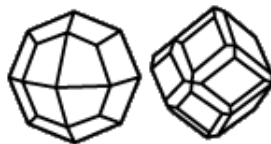
Кубическая



Алмаз



Магнетит



Гранат

Гетрагональная



Циркон



Идокраз



Рутил



Апофиллит

Эрторомбическая



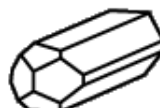
Барит



Церуссит



Ставролит



Целестин

Моноклиная



Тремолит



Тремолит



Авгит



Эпидот

Триклиная



Альбит



Родонит



Халькантит

Гексагональная



Берилл

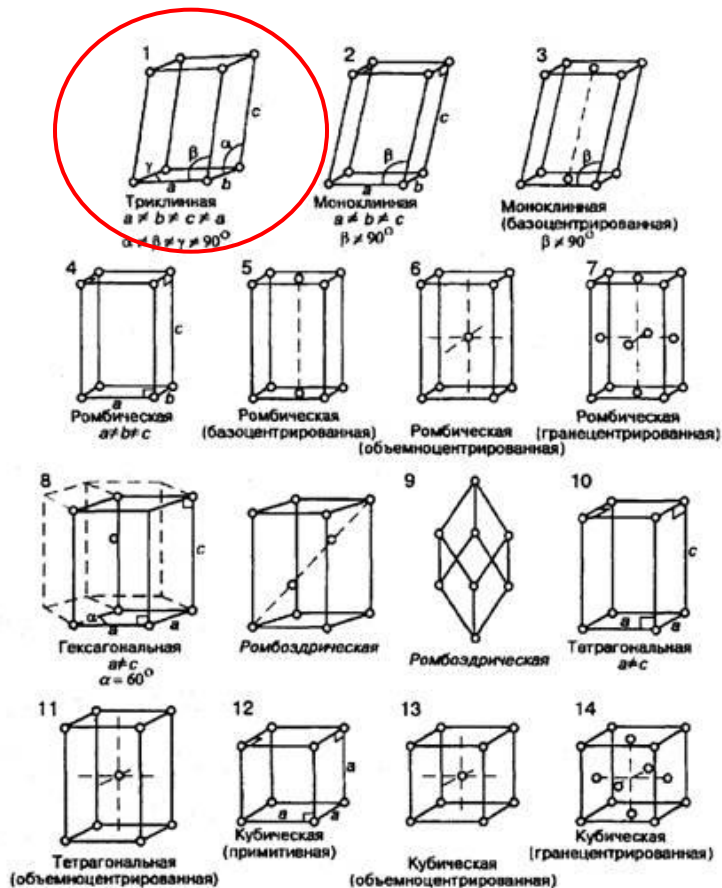


Апатит



Кварц

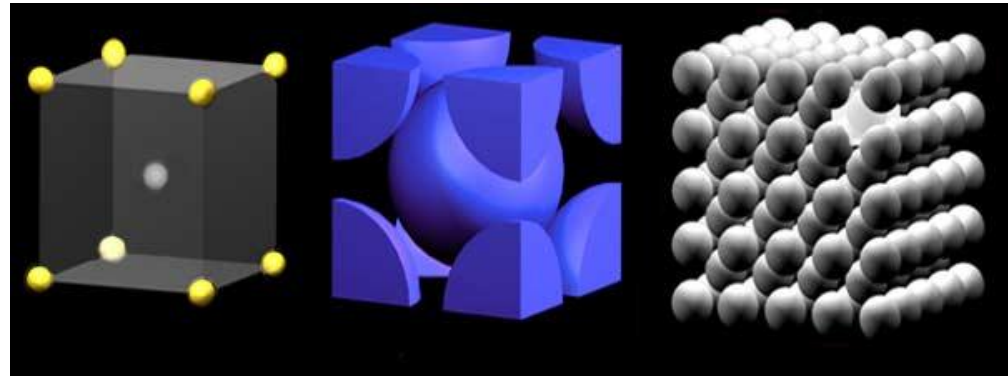
Трансляционные решетки Бравэ



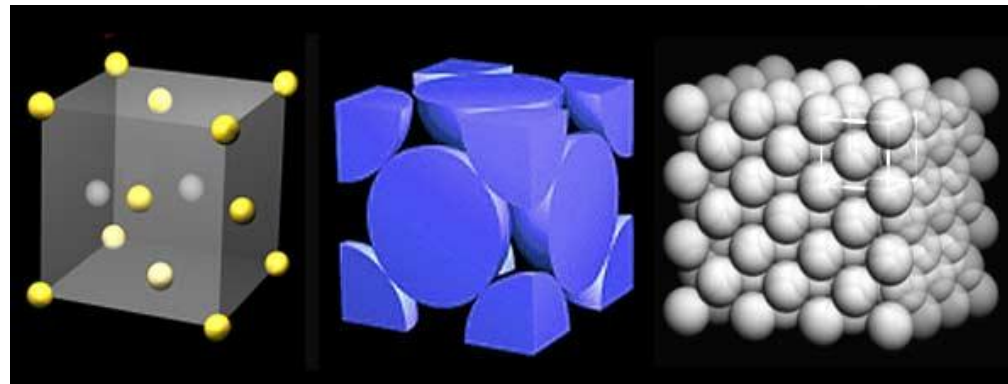
Кристаллы медного купороса

Пространственная кристаллическая решетка

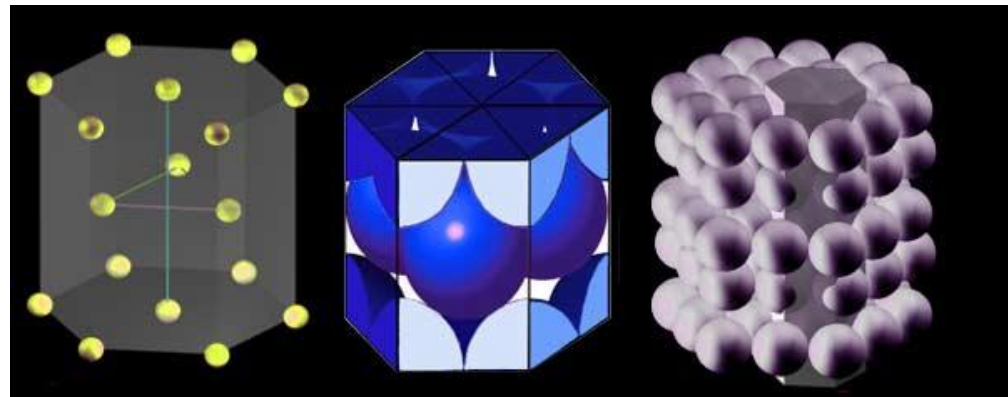
Объемо-центрированная
кубическая(ОЦК)



Гранецентрированная
кубическая(ГЦК)

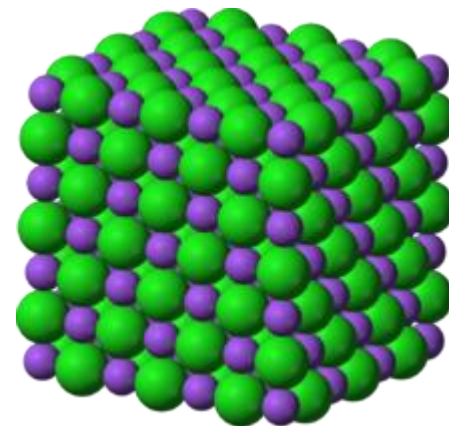
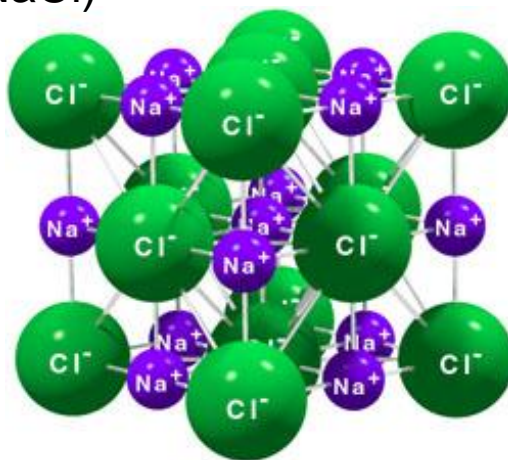


Гексагонально-плотноупакованная
(ГПУ)



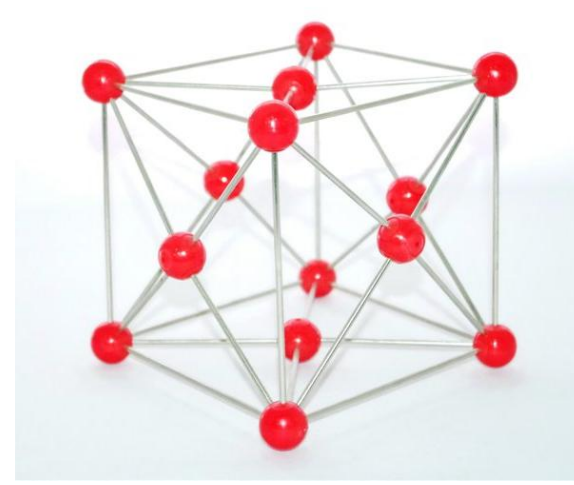
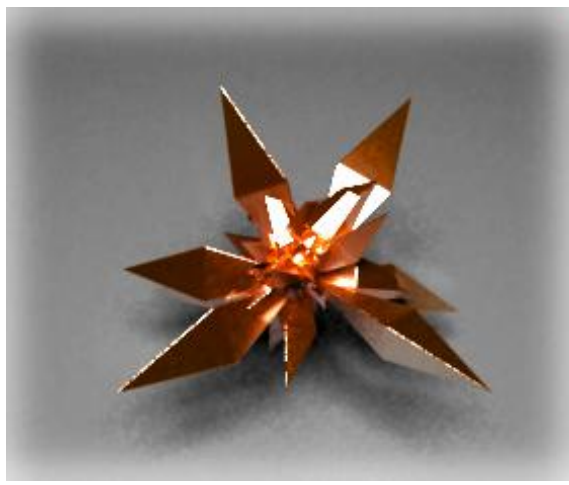
Примеры кристаллических структур

Кристаллы поваренной соли (NaCl)

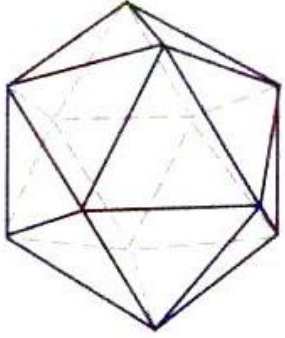


Схематическое представление кристалла NaCl

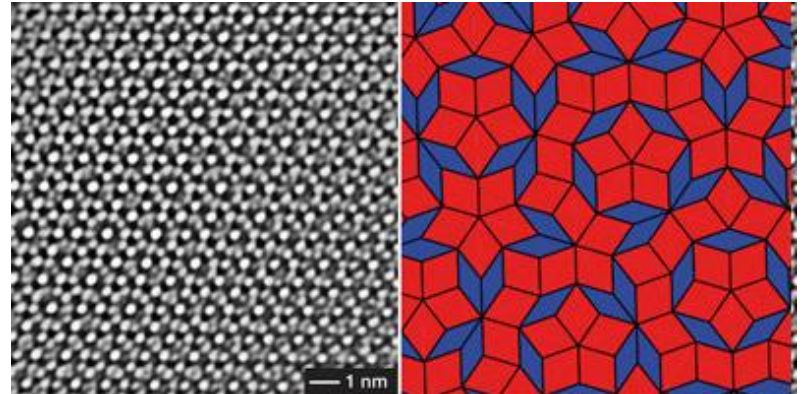
Кристаллы меди



Квазикристаллы



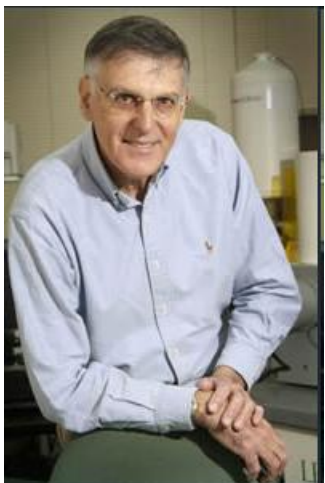
КВАЗИКРИСТАЛЛ (от лат. quasi - нечто вроде, как будто и кристалл), особый тип упаковки атомов в твердом в-ве, характеризующийся икосаэдрической (т.е. с осями 5-го порядка) симметрией, дальним ориентационным порядком и отсутствием трансляционной симметрии, присущей обычному кристаллическому состоянию.



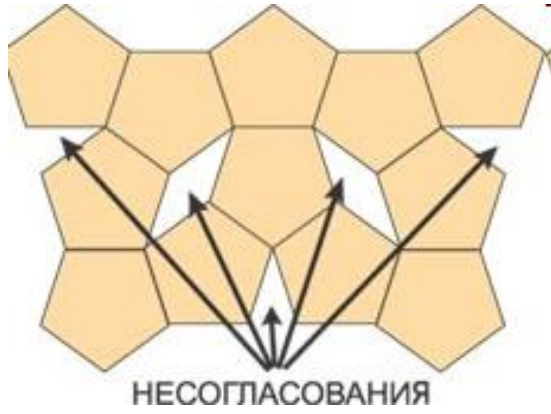
Икосаэдр (слева) и рентгеновская диффракционная картинка квазикристалла

Даниэль Шехтман (Израиль). Нобелевская премия по химии (2011г.) за открытие квазикристаллов

Изображение природных квазикристаллов, полученное с помощью просвечивающего электронного микроскопа высокого разрешения (слева) и образец мозаики Пенроуза (справа).



Мозаики Пенроуза

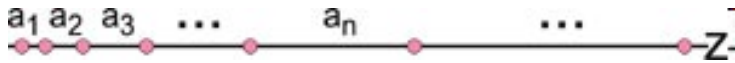
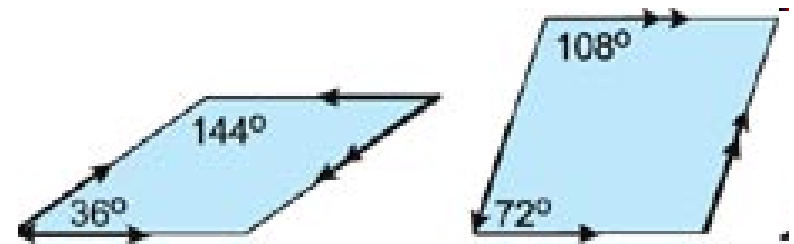


Сетка с правильными пятиугольниками имеет пустые места - несогласования.

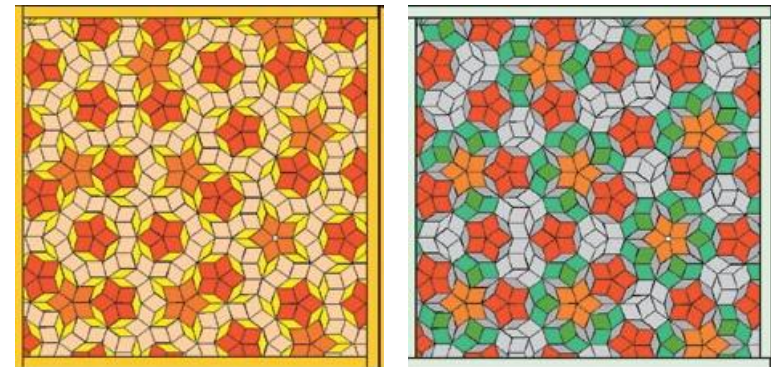
Прототипом строения квазикристаллов является мозаика Пенроуза.

Роджер Пенроуз в 1974 году показал, что можно замостить плоскость без несогласований двумя видами ромбов: с острыми углами 36 и 72 градусов.

Мозаику Пенроуза составляют из узких и широких золотых ромбов, соединяя их в соответствии со стрелками на сторонах.

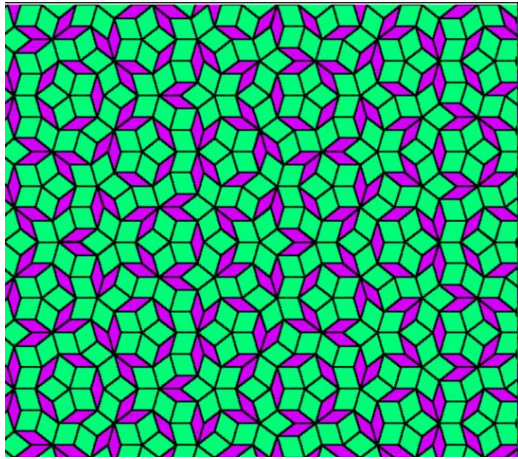


Одномерный квазикристалл с периодом, изменяющимся по закону геометрической прогрессии.

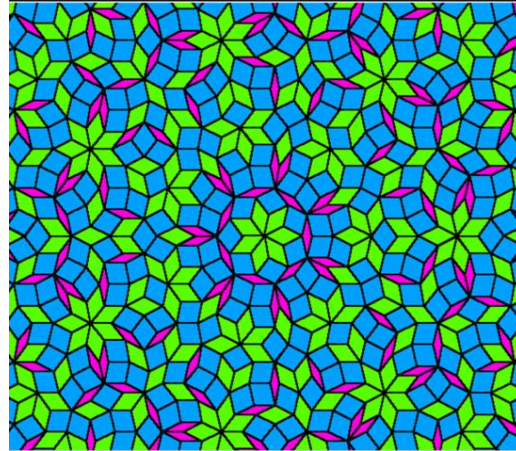


Мозаика Пенроуза. Центр поворотной симметрии 5-го порядка: поворот вокруг нее на 72° переводит мозаику саму в себя.

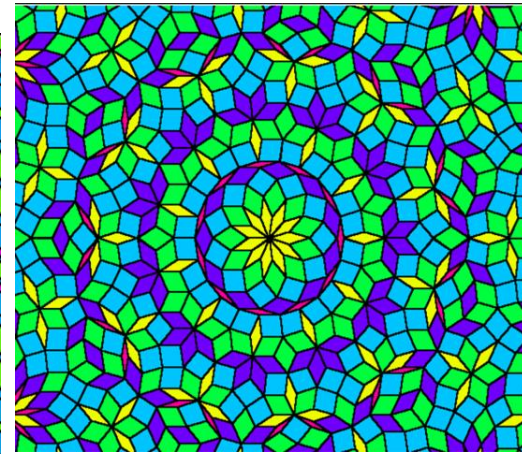
Мозаики Пенроуза



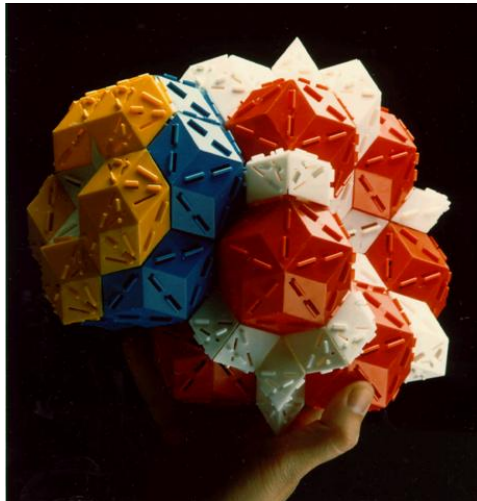
ось 5-го порядка



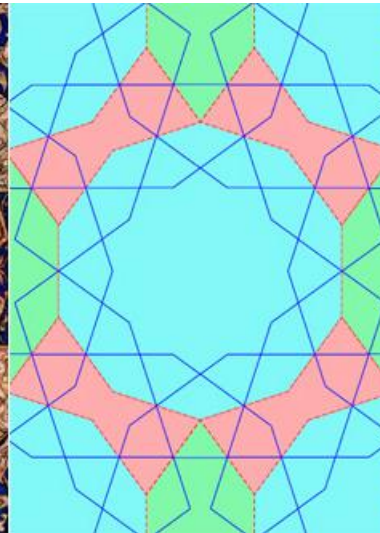
ось 7-го порядка



ось 11-го порядка



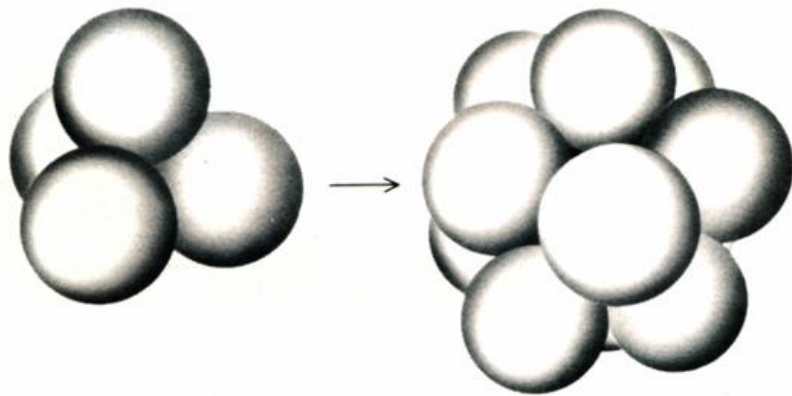
объемная мозаика Пенроуза



«Квазикристаллические» узоры нашли своё место не только в архитектуре. Здесь вы видите обложку Корана 1306-1315 годов и прорисовку геометрических фрагментов, на которых основан узор. Этот и следующий примеры не соответствуют решёткам Пенроуза, но обладают вращательной симметрией пятого порядка (иллюстрация Peter J. Lu).*

*<http://www.membrana.ru/particle/628>

Искусственные квазикристаллы



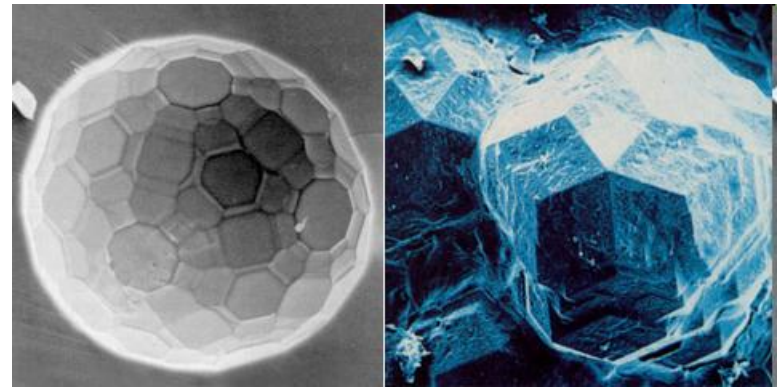
ТЕТРАЭДР



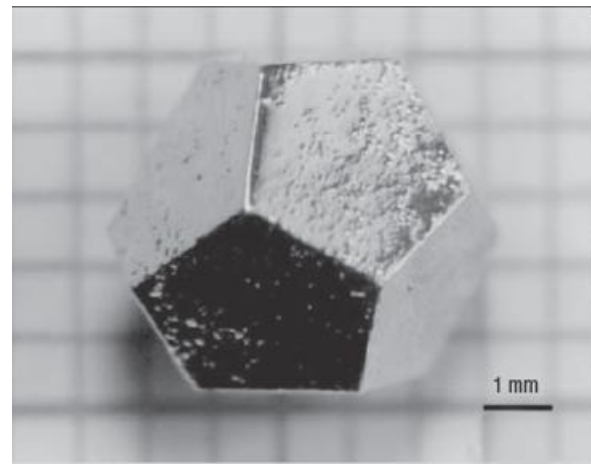
ИКОСАЭДР



икосаэдр собирается из 20 тетраэдров



Примеры квазикристаллов – сплав AlMnPd и $\text{Al}_{60}\text{Li}_{30}\text{Cu}_{10}$ (иллюстрация Paul J. Steinhardt)



Ho-Mg-Zn квазикристалл

Квазикристаллы в минералах



Одной из главных мотиваций поиска квазикристаллов в природе была попытка оценить, насколько трудно сформировать квазикристалл. За 25 лет даже в лабораториях квазикристаллы удалось получить около сотни раз. Если бы квазикристалл обнаружился в минерале, то это бы означало, что условия для его получения достичь проще, чем считалось.

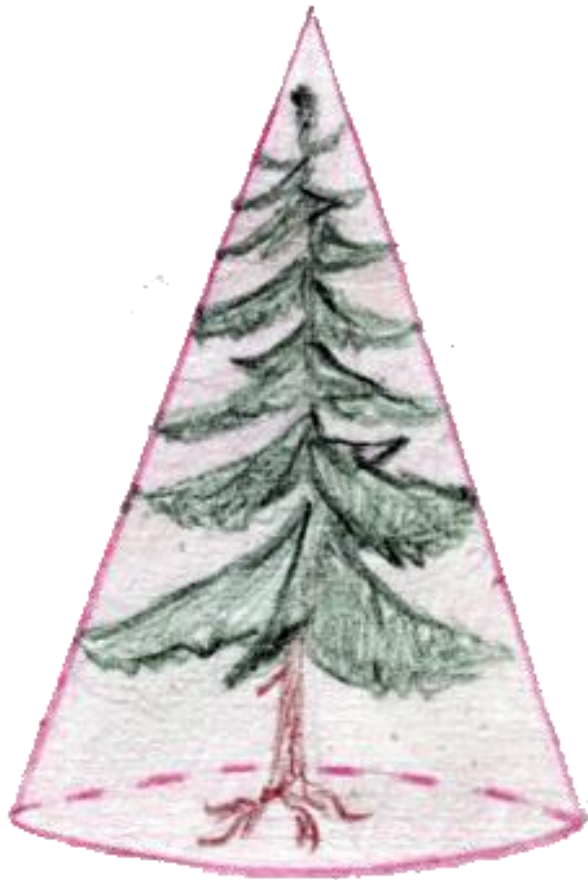
Учёные из Италии и США под руководством Пола Штейнхардта, попробовали искать квазикристаллы в минералах, состоящих из тех же элементов, которые входят в состав лабораторных квазикристаллов. Среди образцов были небольшие камушки из коллекции флорентийского университетского Музея естественной истории, в которых содержались крайне редкие минералы купалит и хатырakit, собранные на Корякском нагорье (Россия). Учёные нашли во фрагментах пород естественные квазикристаллы размером до 200 микрон.

Свойства и применение квазикристаллов

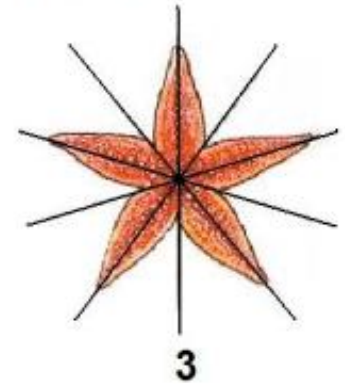
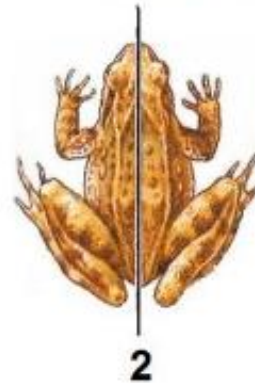
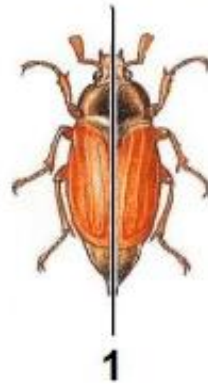
Применение	Свойства	КК сплавы
Аккумуляирование водорода	Высокая адсорбирующая способность к водороду	КК на основе Ti
Термические барьеры (авиационные турбины и турбины электрогенераторов, дизели, автомобильная индустрия)	Низкая теплопроводность	Al-Co-Cr-Fe, Al-Cu-Fe
Селективные поглотители света	Селективное поглощение света	Al-Cu-Fe, Al-Cu-Fe-Cr
Непригорающие покрытия для химических реакторов, кухонной посуды (сковородок, кастрюль), и др.	Сопротивление коррозии, высокая твердость, низкая поверхностная энергия (прилипание)	Al-Cu-Fe-Cr
Покрытия для инструмента	Сопротивление износу, низкий коэффициент трения	Al-B-Cu-Fe, Al-Pd-Mn
Катализаторы (как ультрадисперсные частицы) для окисления метаном	Каталитическая активность	Al-Pd, Al-Pd-B, Al-Pd-Fe, Al-Pd-Mn, Al-Pd-Cr, Al-Cu-Fe, Al-Cu-Co, Al-Pd-Co
Упрочнение мягких металлических сплавов для хирургических инструментов, медицинских протезов и т.п.	Твердость и механические свойства	Al-Cu-Cr, мартенситно-старееющие стали
Дисперсно-упрочняющие частицы в алюминиевых сплавах и сталях	Твердость и высокие механические свойства при повышенных температурах	Системы на основе Al-Fe-Cr

Симметрия в живой природе

Жизнь на земле зародилась в сферически симметричных формах, а потом стала развиваться по 2-м главным линиям: образовался мир растений, обладающих **симметрией конуса**, и мир животных с билатеральной (зеркальной) симметрией.



СИММЕТРИЯ ТЕЛА ЖИВОТНЫХ



Симметрия в живой природе



а)



б)



в)



г)

Примеры пентагональной симметрии в природе:

- а) — китайская роза, б) — яблоко в разрезе,
в) — морская звезда, г) — кактус

«Пристрастие» живой природы к 5-ой симметрии, которая запрещена в периодических структурах, объясняется тем, что эта симметрия гарантирует сохранение растением его индивидуальности.

«5-я ось является своеобразным инструментом борьбы за существование, страховкой против окаменения, против кристаллизации, первым шагом которой была бы поимка решеткой». Н.Белов.

Наиболее распространена поворотная симметрия 5-го порядка.