

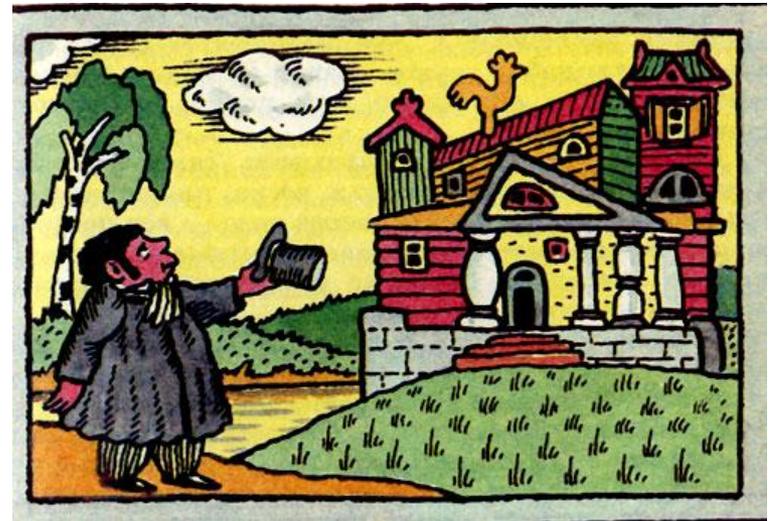
# Принципы симметрии

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?

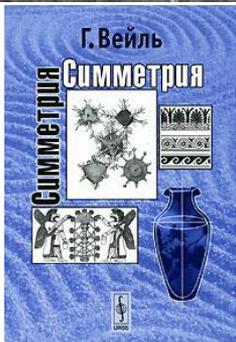


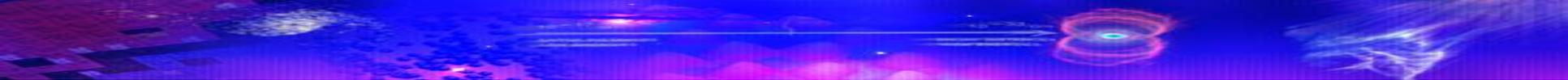
В словаре С.И. Ожегова мы встречаем такое определение: **симметрия** - соразмерность, пропорциональность в расположении частей чего-нибудь по обе стороны от середины, центра.



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



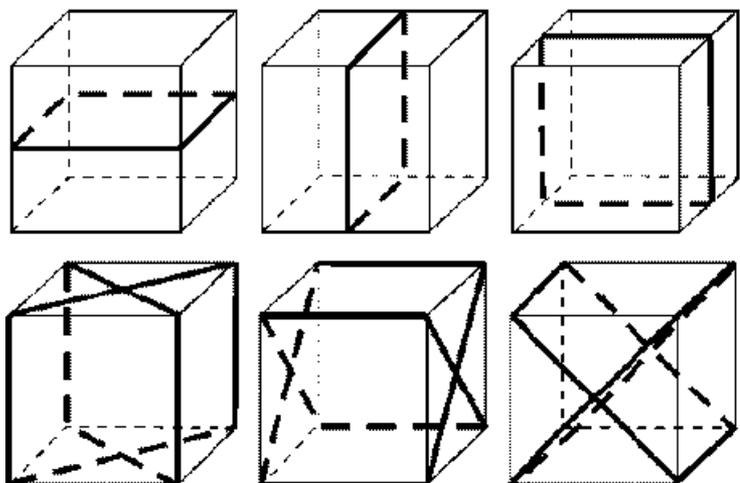
## Симметрия в кристаллах

- ✓ 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**.

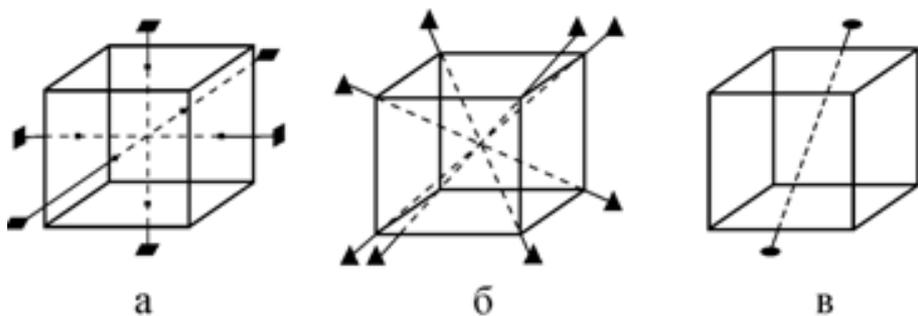


# Элементы точечной симметрии

## 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:

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

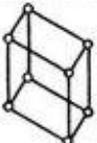
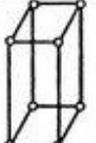
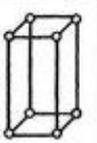
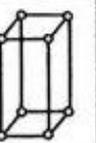
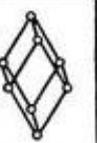
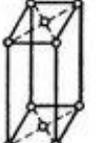
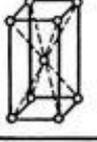
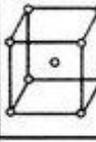
$n=2,3,4,6$  – порядок оси симметрии

Оси симметрии куба:

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

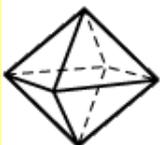
# Симметрия в кристаллах

- ✓ 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**.

Сингония Тип решетки	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



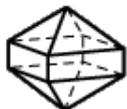
Магнетит



Гранат



## Гетрагональная



Циркон



Идокраз



Рутил



Апофиллит

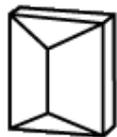
## Эрторомбическая



Барит



Церуссит

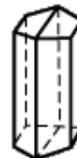


Ставролит



Целестин

## Моноклиная



Тремолит



Тремолит



Авгит



Эпидот

## Триклиная



Альбит



Родонит



Халькантит

## Гексагональная



Берилл

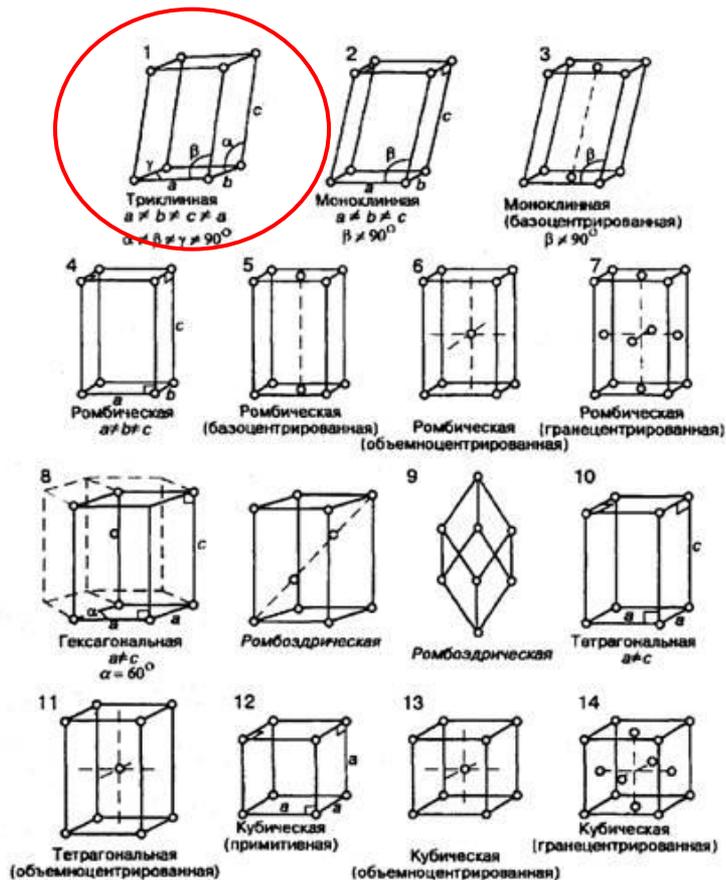


Апатит



Кварц

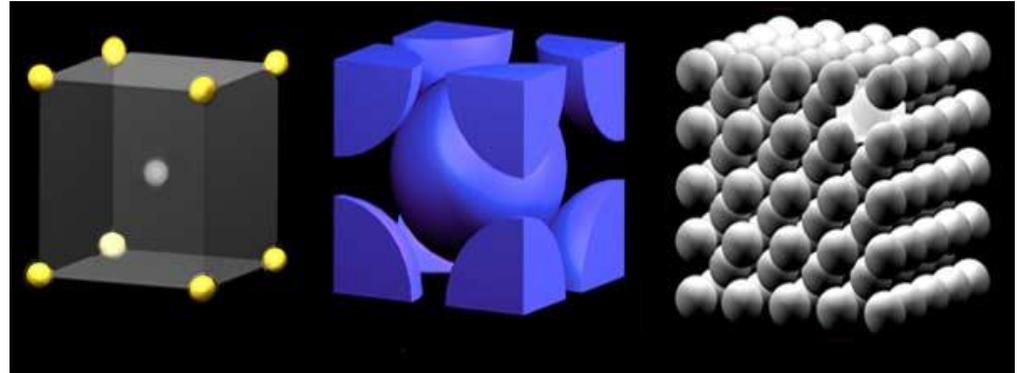
# Трансляционные решетки Бравэ



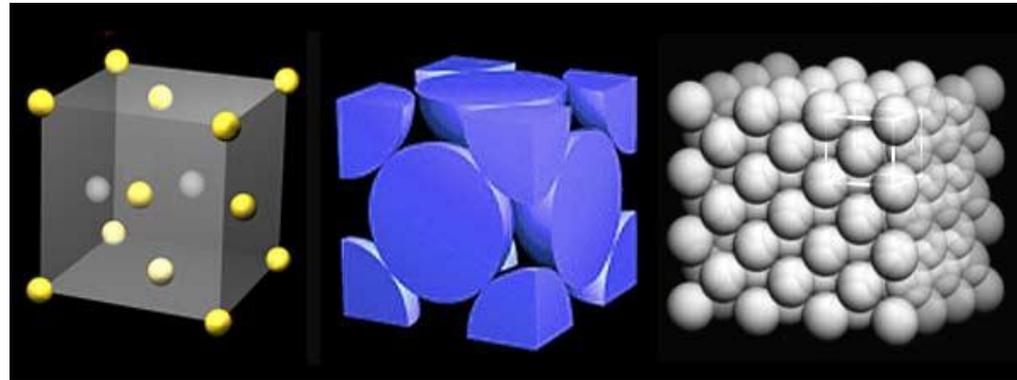
Кристаллы медного купороса

# Пространственная кристаллическая решетка

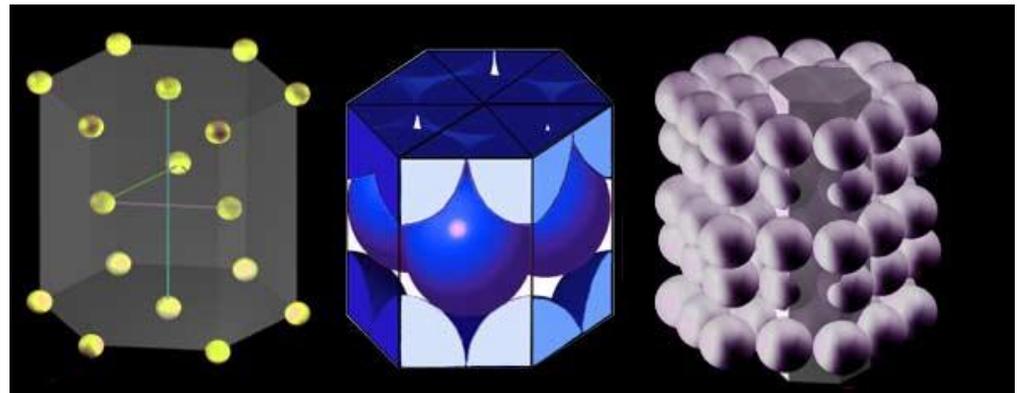
Объемо-центрированная  
кубическая(ОЦК)



Гранецентрированная  
кубическая(ГЦК)

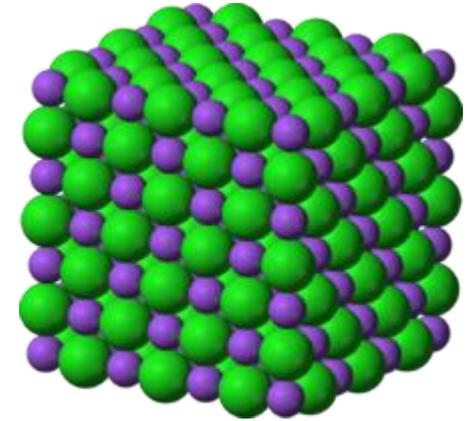
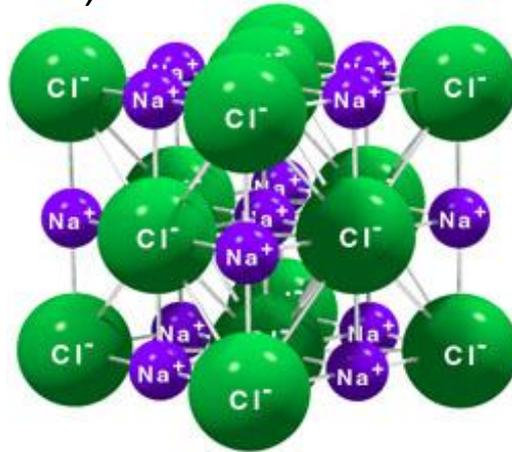


Гексагонально-плотноупакованная  
(ГПУ)



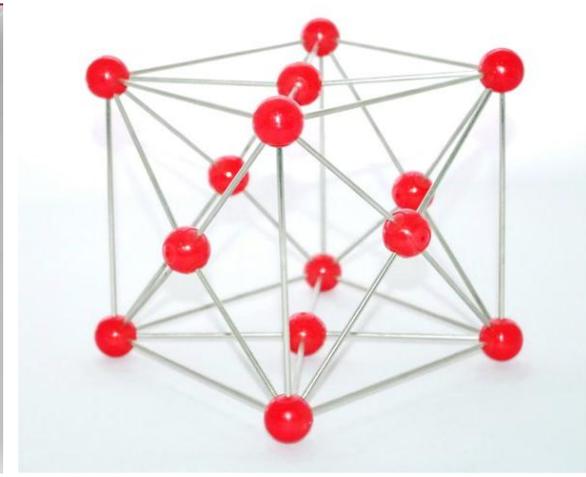
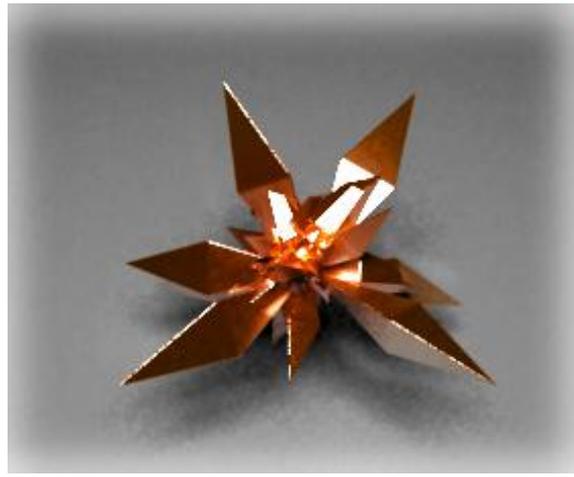
# Примеры кристаллических структур

Кристаллы поваренной соли (NaCl)

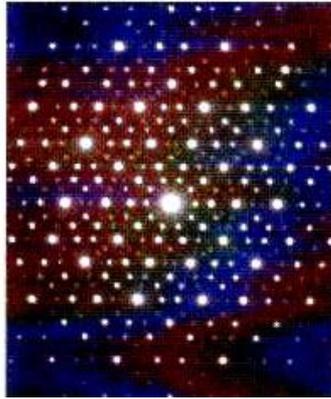
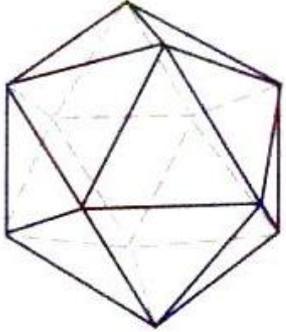


Схематическое представление кристалла NaCl

Кристаллы меди

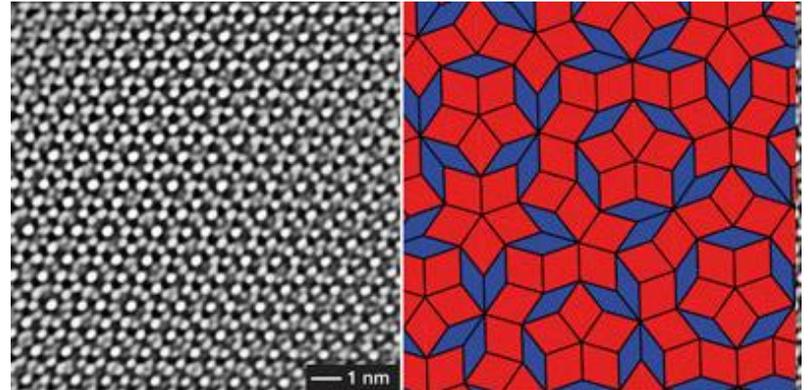


# Квазикристаллы



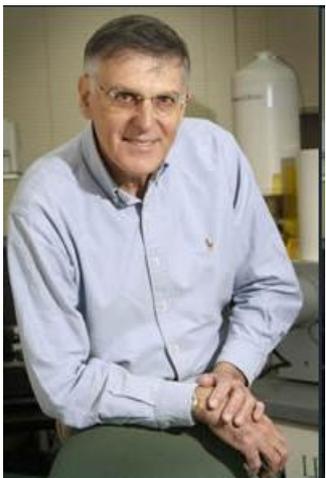
КВАЗИКРИСТАЛЛ (от лат. quasi - нечто вроде, как будто и кристалл), особый тип упаковки атомов в твердом в-ве, характеризующийся икосаэдрической (т.е. с осями 5-го порядка) симметрией, дальним ориентационным порядком и отсутствием трансляционной симметрии, присущей обычному кристаллическому состоянию.

Икосаэдр (слева) и рентгеновская диффракционная картинка квазикристалла

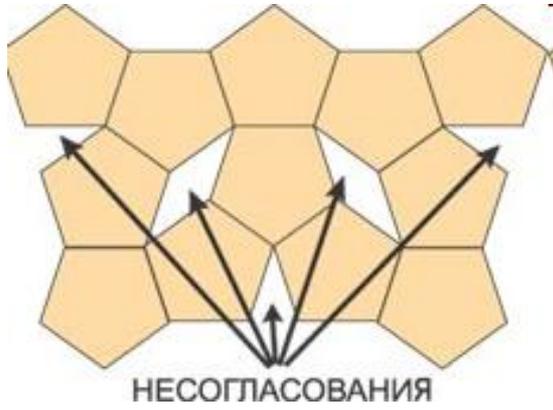


Даниэль Шехтман (Израиль). Нобелевская премия по химии (2011г.) за открытие квазикристаллов

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



# Мозаики Пенроуза

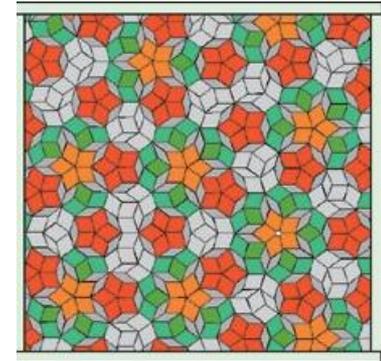
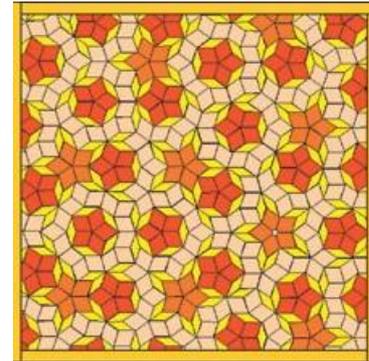
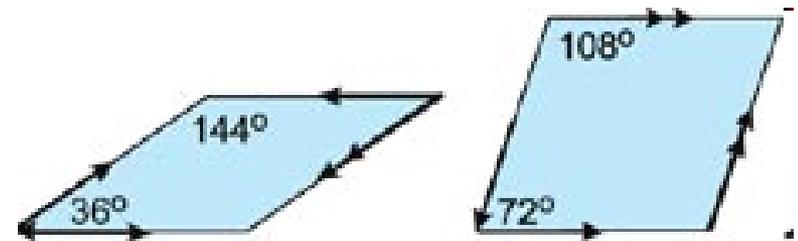


Сетка с правильными пятиугольниками имеет пустые места - несогласования.

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.

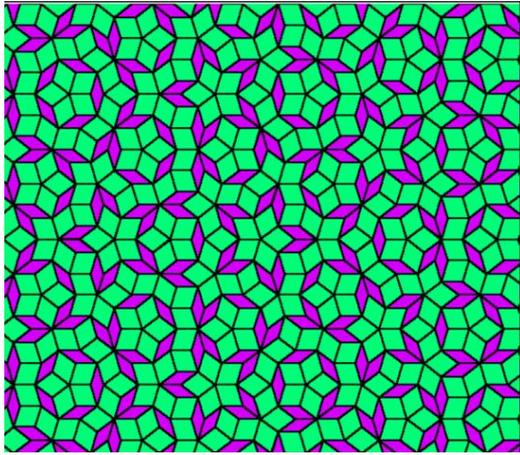
Мозаику Пенроуза составляют из узких и широких золотых ромбов, соединяя их в соответствии со стрелками на сторонах.



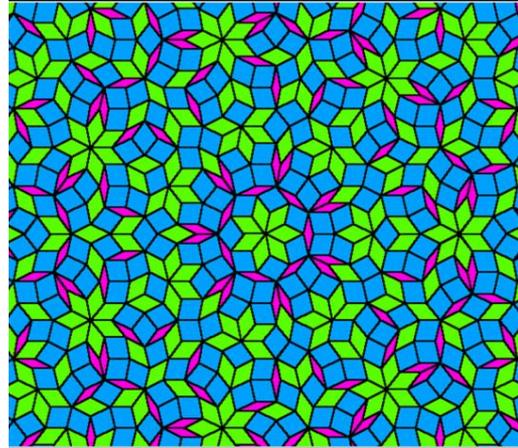
Одномерный квазикристалл с периодом, изменяющимся по закону геометрической прогрессии.

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

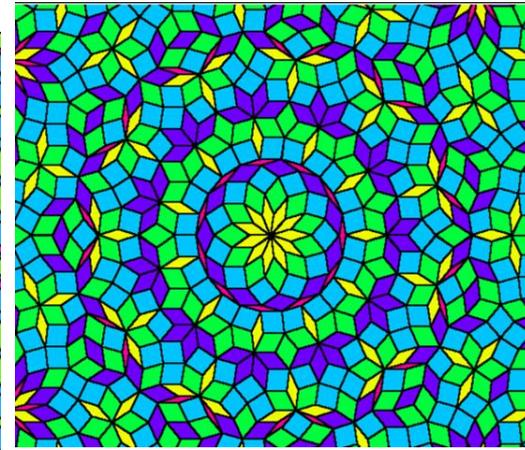
# Мозаики Пенроуза



ось 5-го порядка



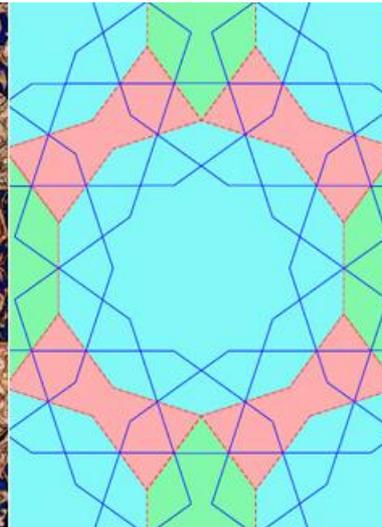
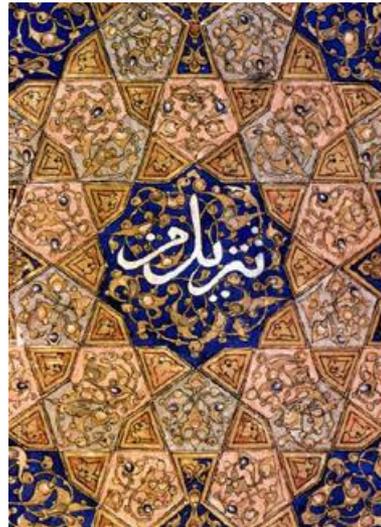
ось 7-го порядка



ось 11-го порядка



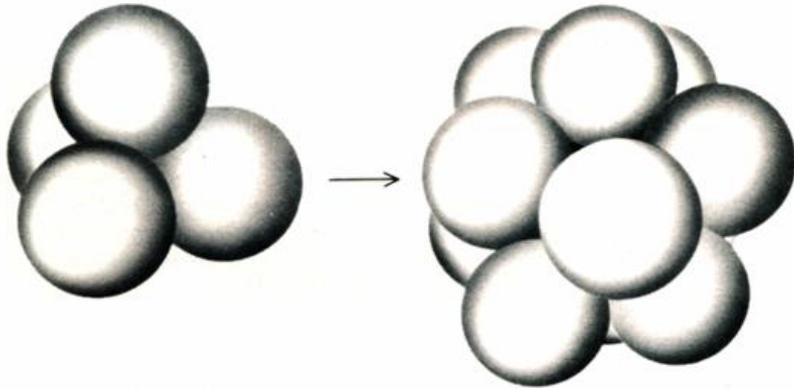
объемная мозаика Пенроуза



«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



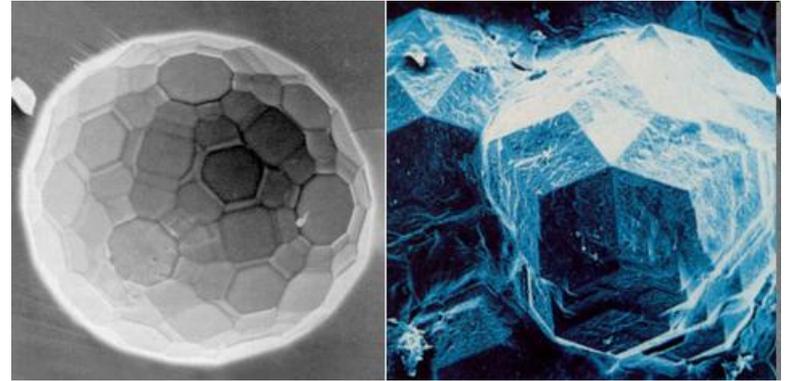
ТЕТРАЭДР



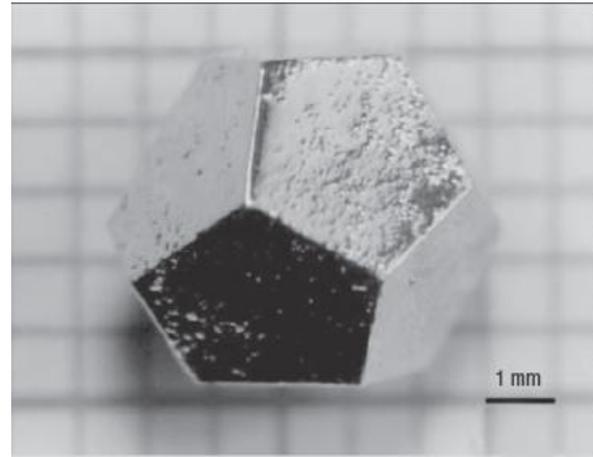
ИКОСАЭДР



икосаэдр собирается из 20 тетраэдров



Примеры квазикристаллов – сплав AlMnPd и Al<sub>60</sub>Li<sub>30</sub>Cu<sub>10</sub> (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.

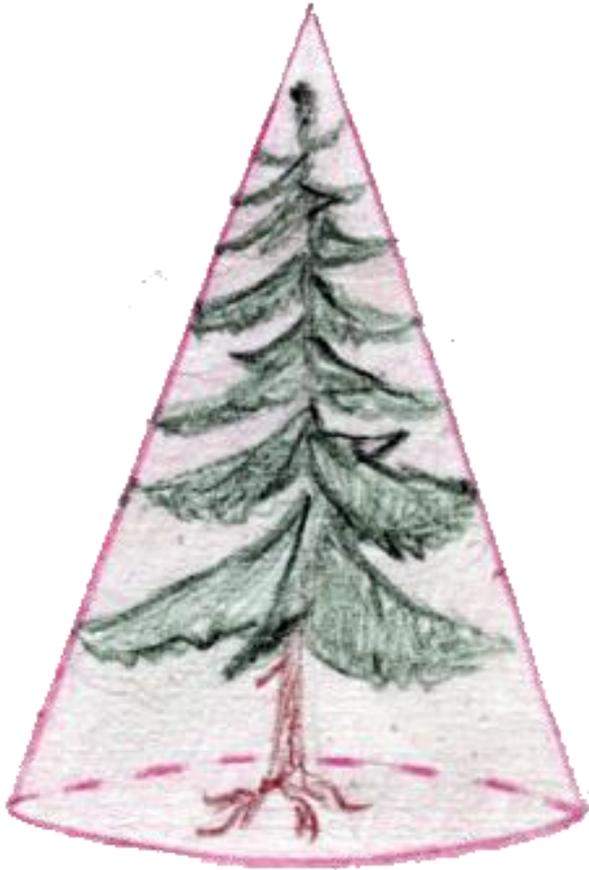
Учёные из Италии и США под руководством Пола Штейнхардта, попробовали искать квазикристаллы в минералах, состоящих из тех же элементов, которые входят в состав лабораторных квазикристаллов. Среди образцов были небольшие камушки из коллекции флорентийского университетского Музея естественной истории,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

# Свойства и применение квазикристаллов

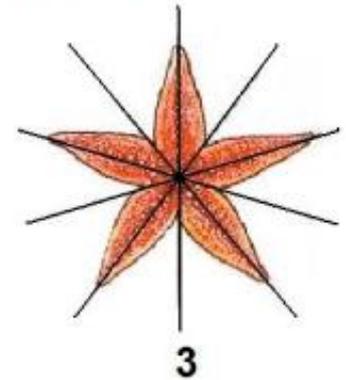
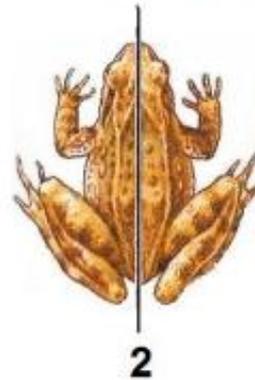
Применение	Свойства	КК сплавы
Аккумуляция водорода	Высокая адсорбирующая способность к водороду	КК на основе Ti
Термические барьеры (авиационные турбины и турбины электрогенераторов, дизели, автомобильная индустрия)	Низкая теплопроводность	Al-Co-Cr-Fe, Al-Cu-Fe
Селективные поглотители света	Селективное 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- стареющие 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.



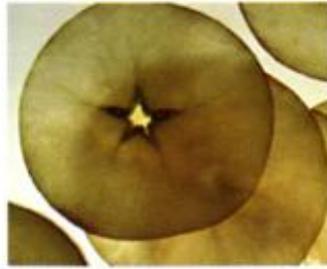
## СИММЕТРИЯ ТЕЛА ЖИВОТНЫХ



# 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.