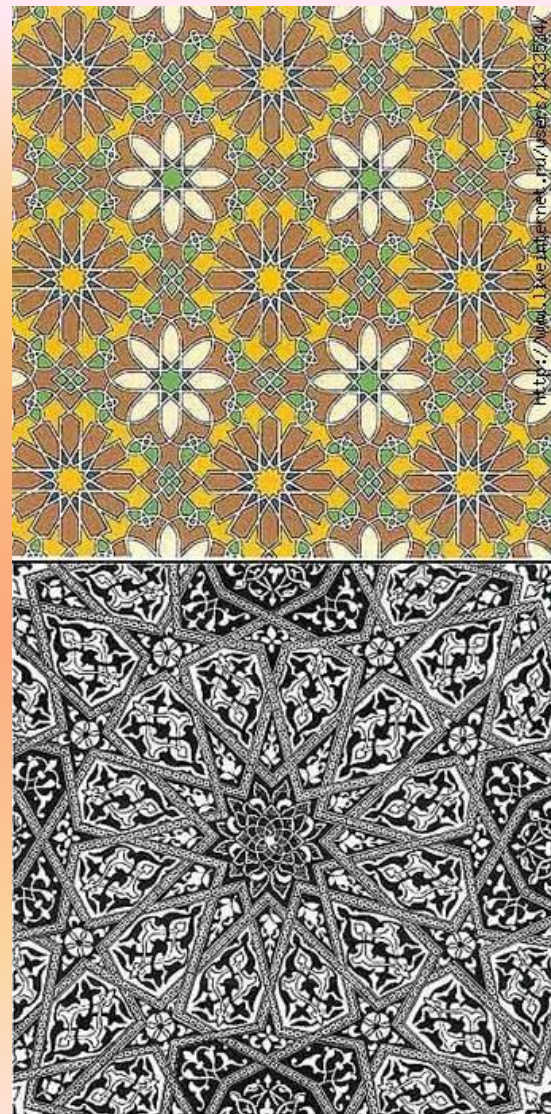


# Мозаика Пенроуза

## И древние исламские узоры

Презентацию выполнила  
ученица 7Б класса ЦО №1679  
Жердер Марина.

Руководители проекта  
Синюкова Е.В. и Жердер В.М.



# Что такое мозаика

- Мозаика представляет собой узор, собранный из плиток разных форм. Ими можно замостить бесконечную плоскость без пробелов.

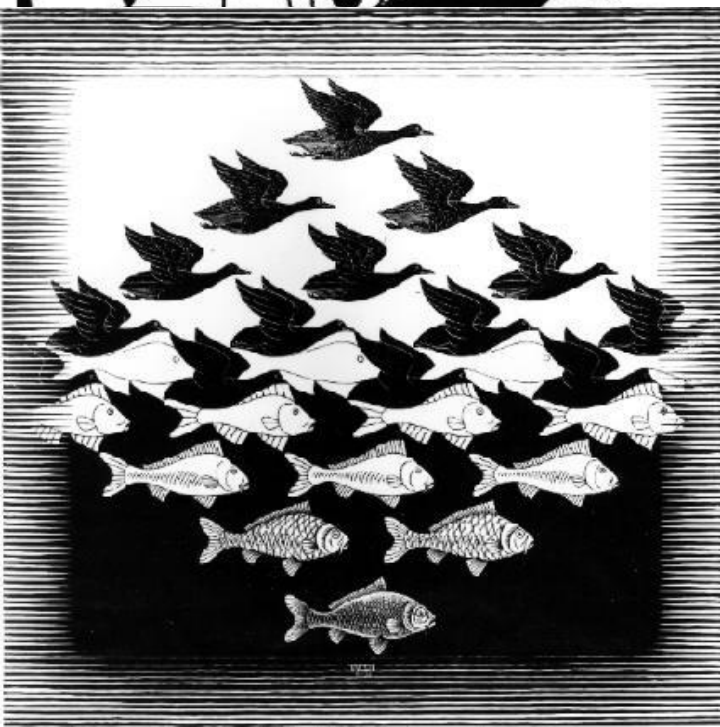


- Периодическая мозаика-это мозаика, рисунок которой повторяется через равные промежутки.
- Непериодическая мозаика-это мозаика, рисунок которой может повторяться через неравные промежутки.



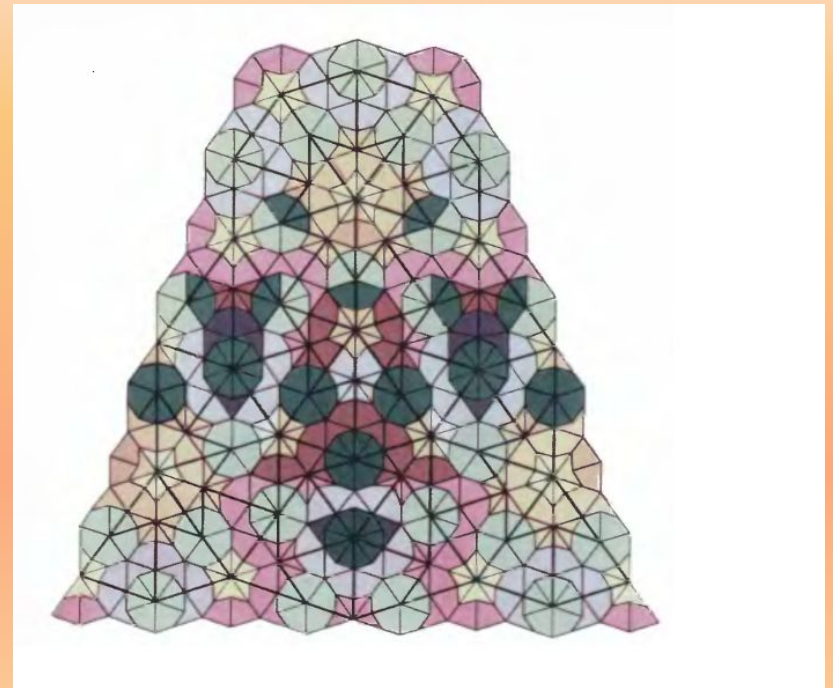
# Мозаики в природе

- В природе также много примеров периодической мозаики. В основном это кристаллы твёрдых веществ - например:
- Кристалл соли
- Кристалл алмаза
- Кристалл графита
- Кристалл графена



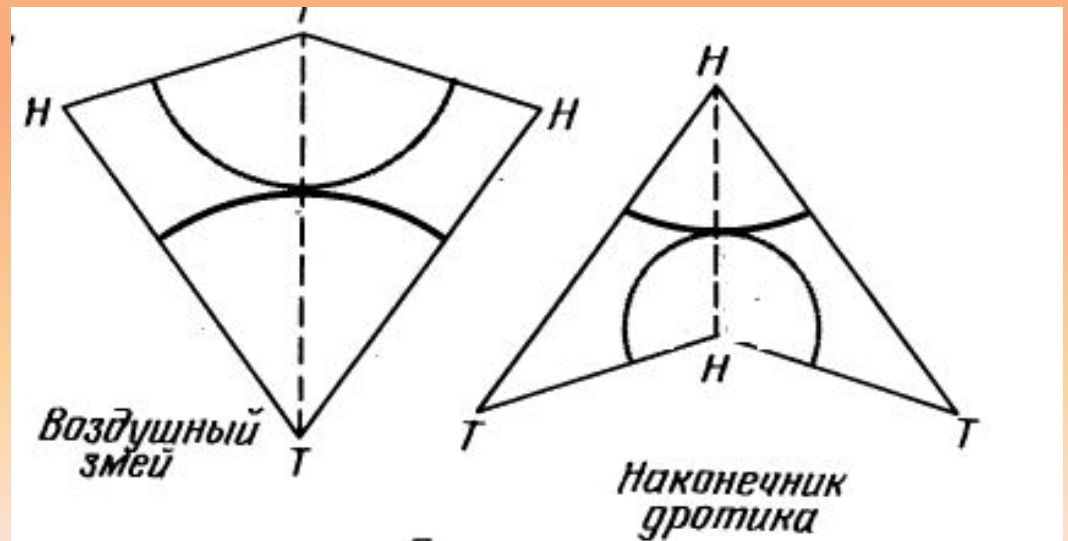
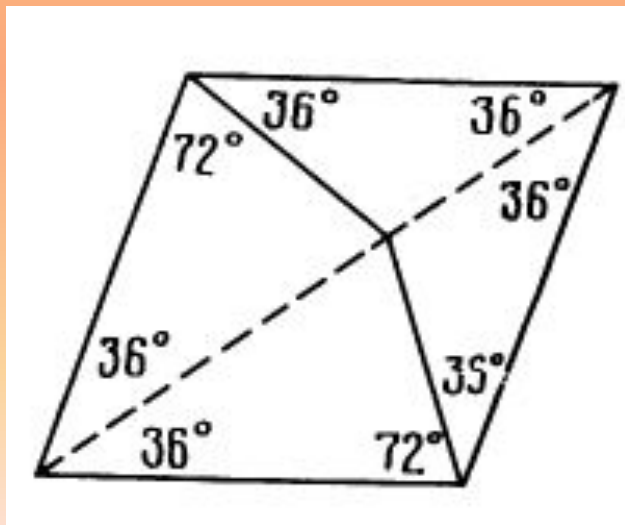
# Что же такое мозаика Пенроуза?

- В 1973 году английский математик Роджер Пенроуз (Roger Penrose) создал особенную мозаику из геометрических фигур, которая так и стала называться - мозаикой Пенроуза.



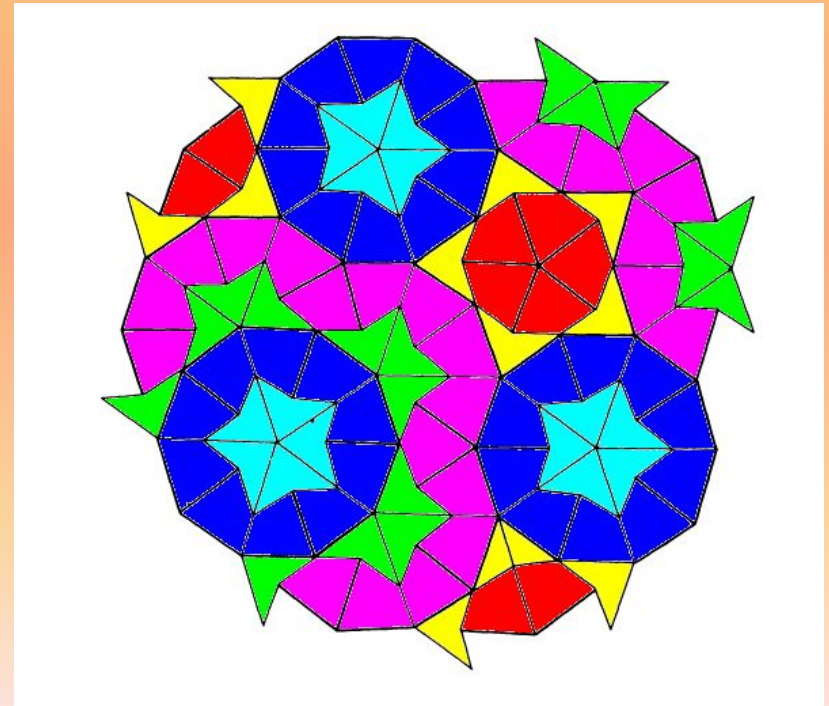
# Многоугольные плитки мозаики

- Мозаика Пенроуза представляет собой мозаику, собранную из многоугольных плиток двух определённых форм.



# Симметрия мозаики

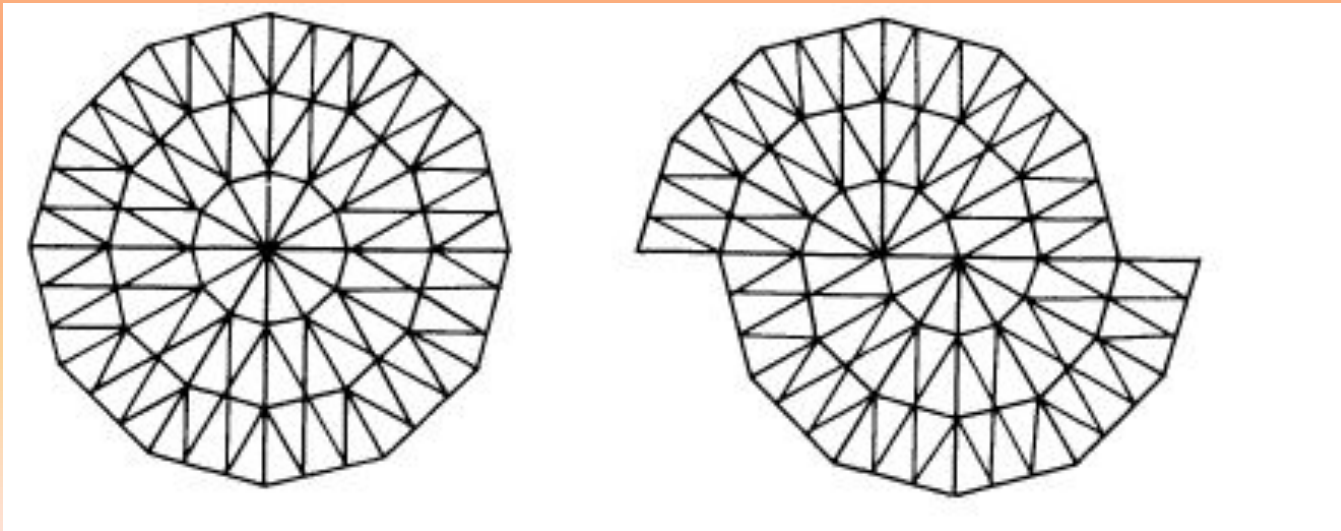
- Получающееся изображение выглядит так, будто является неким "ритмическим" орнаментом – картинкой, обладающей трансляционной симметрией.





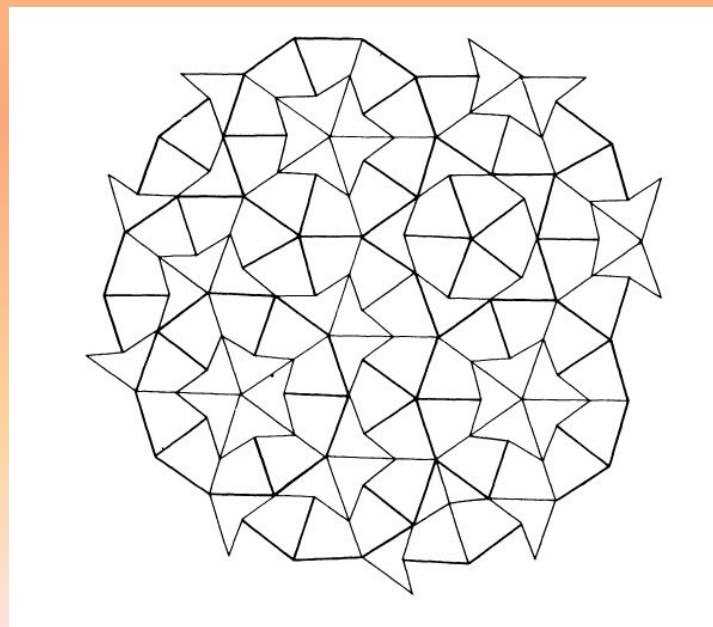
# Симметрия

- Трансляционная симметрия означает, что в узоре можно выбрать определённый кусочек, который можно "копировать" на плоскости, а затем совмещать эти "дубликаты" друг с другом параллельным переносом.



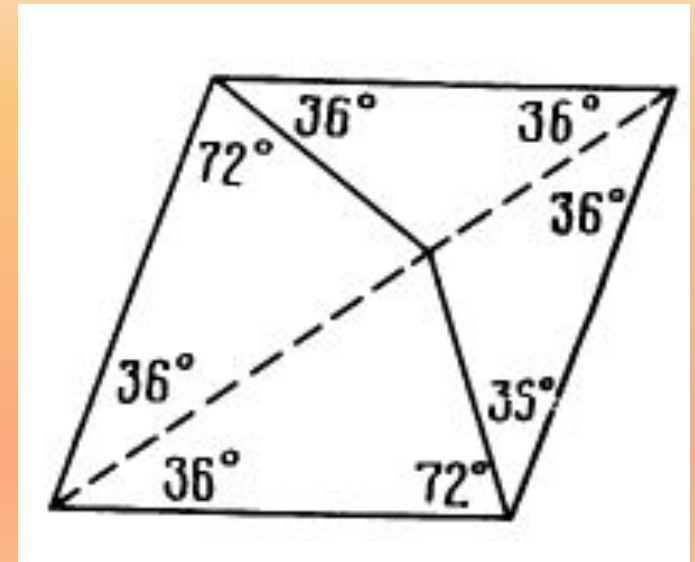
# Структура Мозаик

- Однако, если присмотреться, можно увидеть, что в узоре Пенроуза нет таких повторяющихся структур – он не периодичен. Но дело отнюдь не в оптическом обмане, а в том, что мозаика не хаотична: она обладает вращательной симметрией пятого порядка.



# Минимальный угол

- Это значит, что изображение можно поворачивать на минимальный угол, равный  $360 / n$  градусам, где  $n$  – порядок симметрии, в данном случае  $n = 5$ . Следовательно, угол поворота, который ничего не меняет, должен быть кратен  $360 / 5 = 72$  градусам.



# Необычное явление

- В 1984 году Дэн Шехтман занимаясь изучением строения алюминиево-магниевого сплава, обнаружил, что на атомной решётке этого вещества происходит необычное для кристаллов физическое явление.

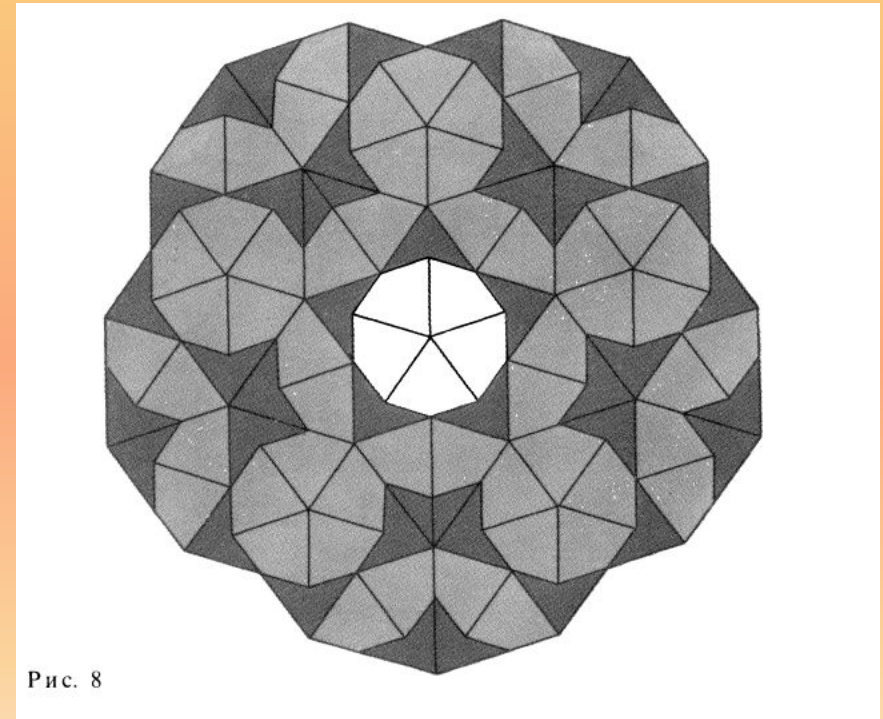
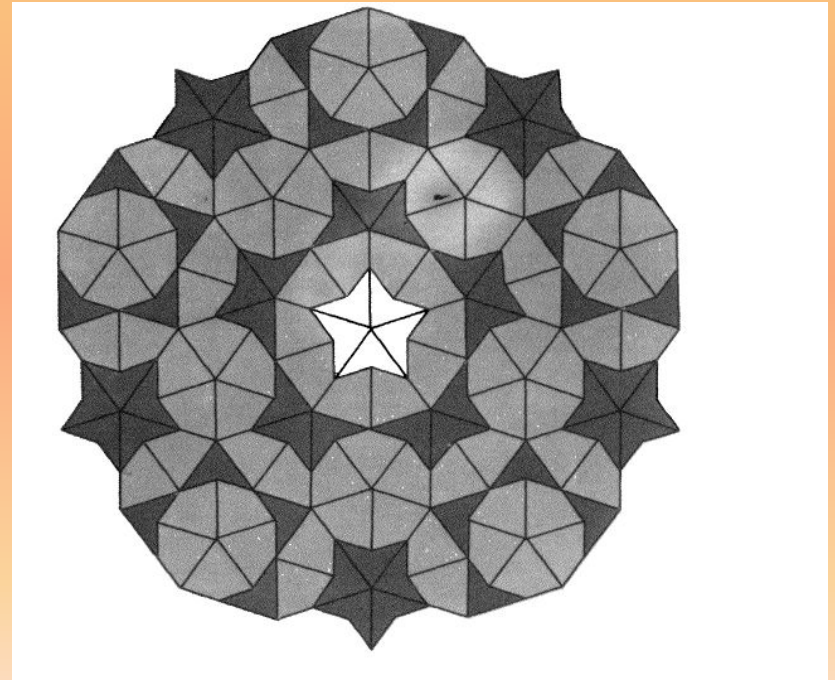


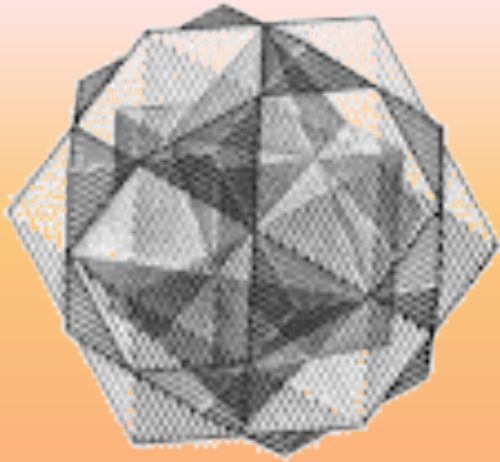
Рис. 8

# «Неправильные» кристаллы

- Образец вещества, подвергнутый специальному методу быстрого охлаждения, рассеивал пучок электронов так, что на фотопластинке образовывалась ярко выраженная дифракционная картина с симметрией пятого порядка в расположении дифракционных максимумов (симметрия икосаэдра).



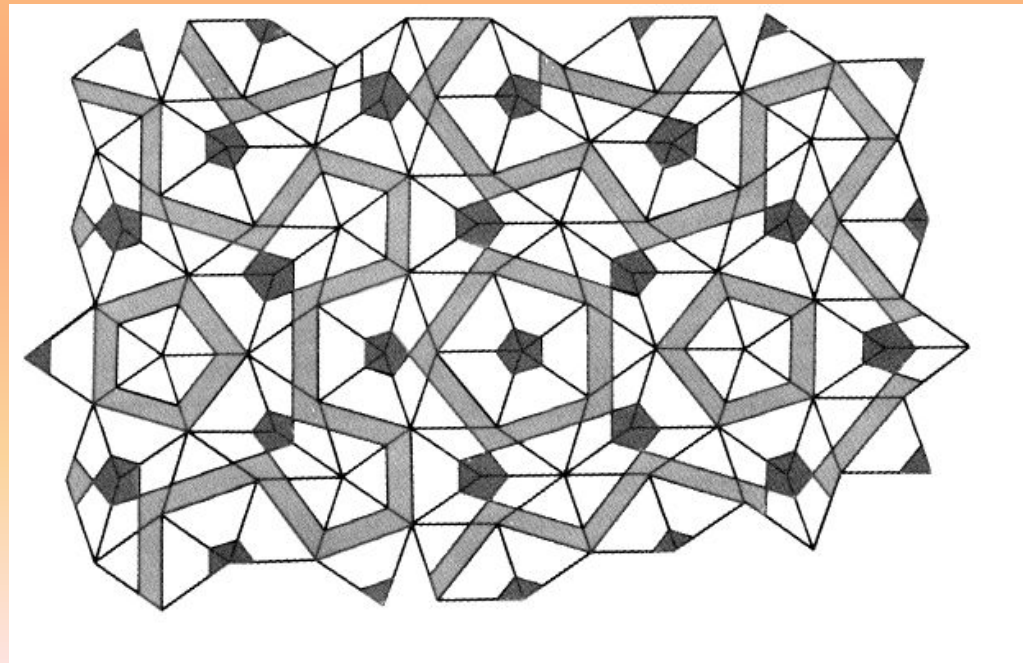
# Квазикристаллы



- Учёные договорились о том, что данный вариант будет называться квазикристаллами – чем-то вроде особого состояния вещества. И для него уже давно была готова математическая модель - мозаика Пенроуза.

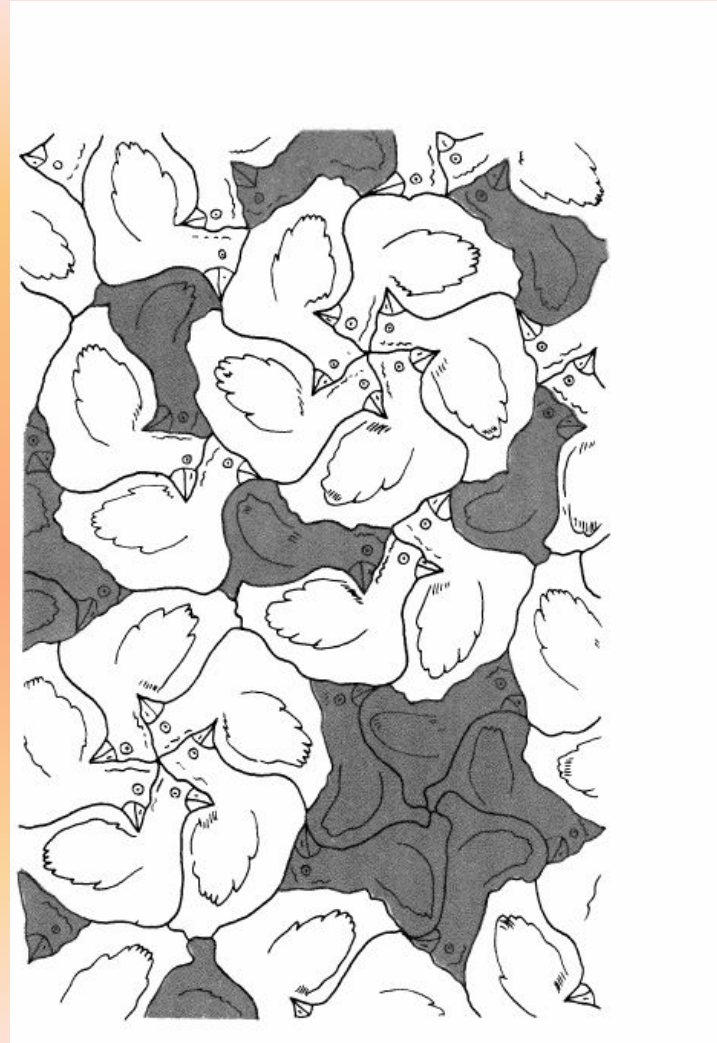
# Публикация 2007года

- В 2007 году физики Питер Лу и Пол Стейнхардт опубликовали в журнал Science статью, посвящённую мозаикам Пенроуза.



# Интерес к квазикристаллам

- Казалось бы, неожиданного тут немного: открытие квазикристаллов привлекло живой интерес к данной теме, что привело к появлению кучи публикаций в научной прессе.





# Узоры в Азии

- Однако изюминка работы в том, что она посвящена далеко не современной науке. Да и вообще — не науке. Питер Лу обратил внимание на узоры, покрывающие мечети в Азии, построенные ещё в Средневековье.



# Стили. Гирих

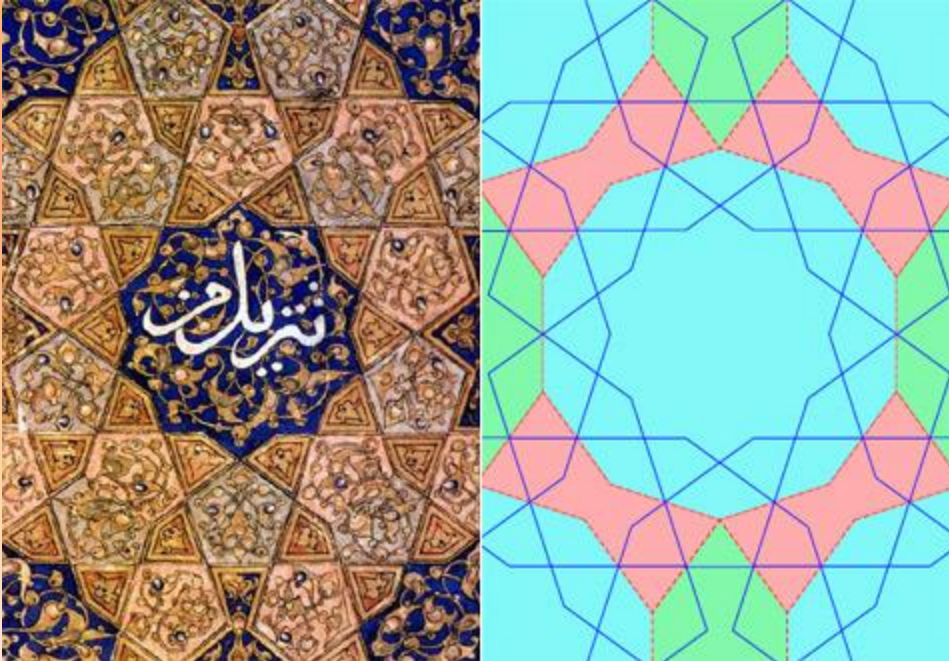
- В исламском орнаменте выделяют два стиля:
- **Гирих** (перс.) – сложный геометрический орнамент, составленный из стилизованных в прямоугольные и полигональные фигуры линий. В большинстве случаев используется для внешнего оформления мечетей и книг в крупном издании.

# Ислими

- **Ислими** (перс.) – вид орнамента, построенного на соединении вьюнка и спирали. Воплощает в стилизованной или натуралистической форме идею непрерывно развивающегося цветущего листовенного побега. Наибольшее распространение он получил в одежде, книгах, внутренней отделке мечетей, посуде.

# Мозаики Узбекистана

- Находясь во время путешествия в Узбекистане, Лу заинтересовался узорами мозаик, украшавшими местную средневековую архитектуру, и заметил в них что-то знакомое.



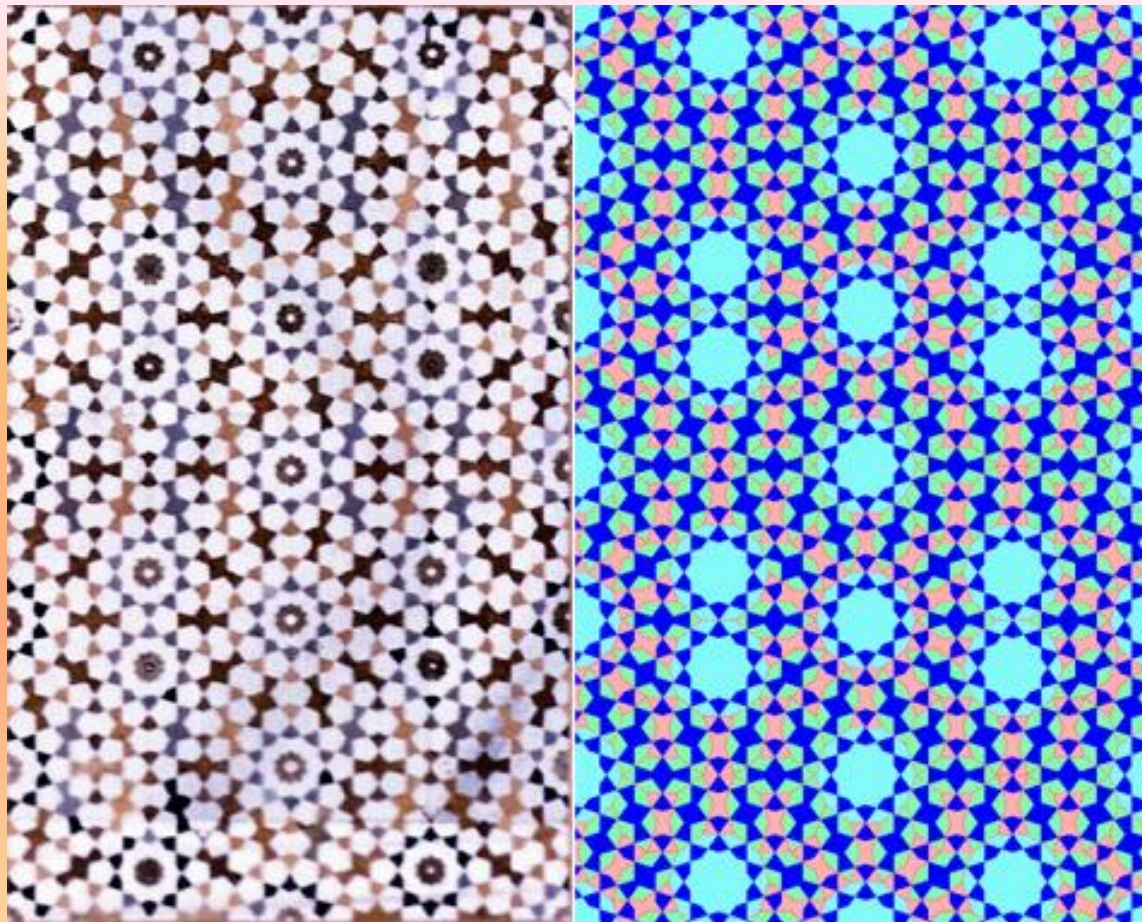
Обложка Корана 1306-1315 годов и прорисовка геометрических фрагментов, на которых основан узор.

# Мозаики разных стран



- Вернувшись в Гарвард, учёный стал рассматривать аналогичные мотивы в мозаиках на стенах средневековых построек Афганистана, Ирана, Ирака и Турции.

# Исламские мозаики



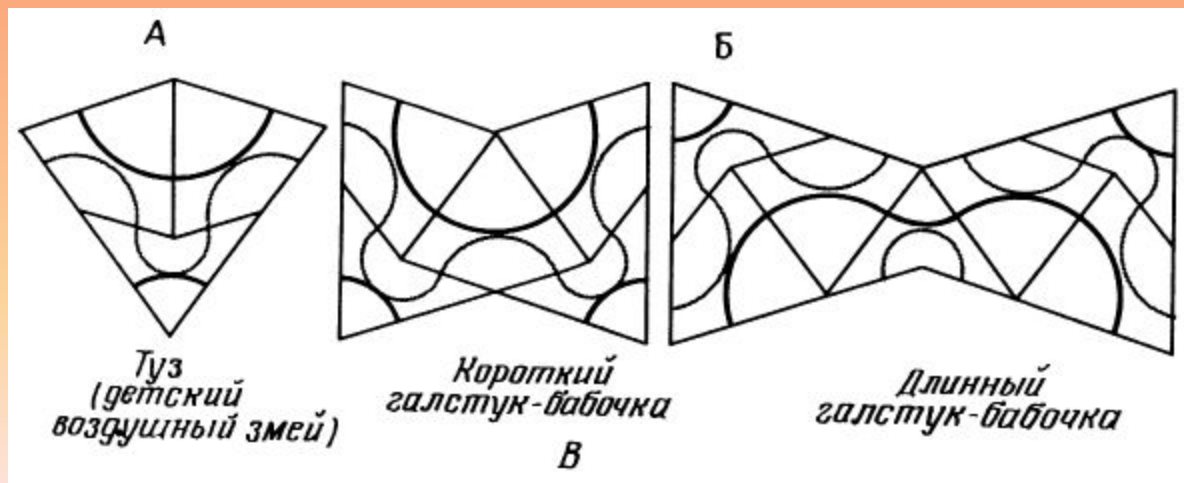
Этот образец датирован более поздним периодом – 1622 год (индийская мечеть).

# Схемы гирихов

- Питер Лу обнаружил, что геометрические схемы гирихов практически одинаковы, и смог выделить основные элементы, использовавшихся во всех геометрических орнаментах. Кроме того, он нашёл чертежи этих изображений в старинных манускриптах, которыми древние художники пользовались в качестве своеобразной шпаргалки по украшению стен.

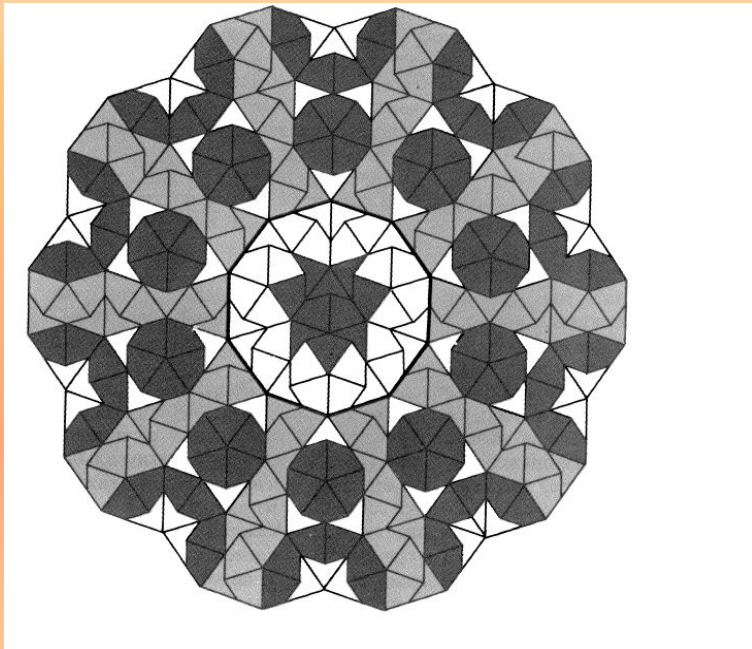
# Порядок построения

- Для создания этих узоров применяли не простые, случайно придуманные контуры, а фигуры, которые были расположены в определённом порядке. Древние узоры оказались точными построениями мозаик Пенроуза!





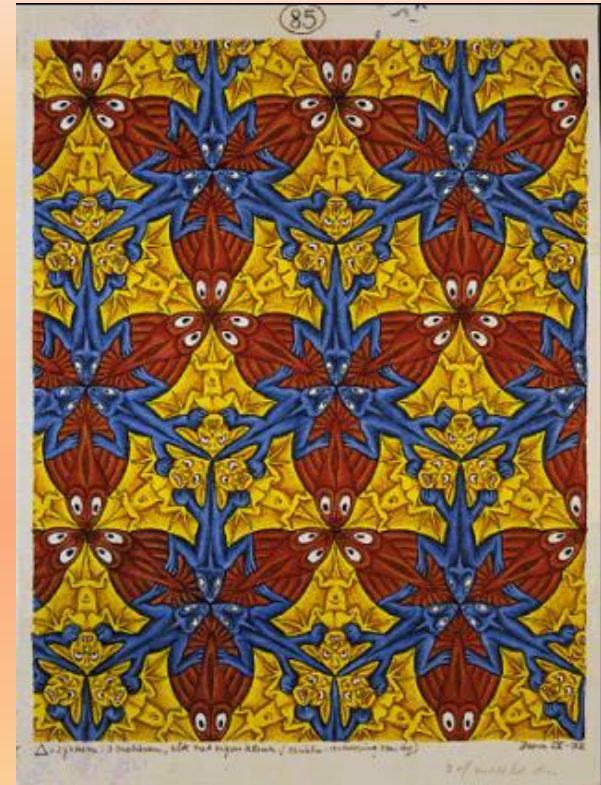
# Исламские традиции



- В исламской традиции существовал строгий запрет на изображение людей и животных, поэтому в оформлении зданий большую популярность приобрёл геометрический орнамент.

# Секрет древних мастеров

- Средневековые мастера делали его разнообразным. Но в чём был секрет их "стратегии" – никто не знал. Так вот, секрет как раз оказывается в использовании специальных мозаик, которые могут, оставаясь симметричными, заполнять плоскость, не повторяясь.



# «фокус»

- Другой "фокус" этих изображений в том, что, "копируя" такие схемы в различных храмах по чертежам, художники неизбежно должны были бы допустить искажения. Но нарушения данного характера минимальны. Объясняется это только тем, что мастера не использовали чертежей при построении мозаики.



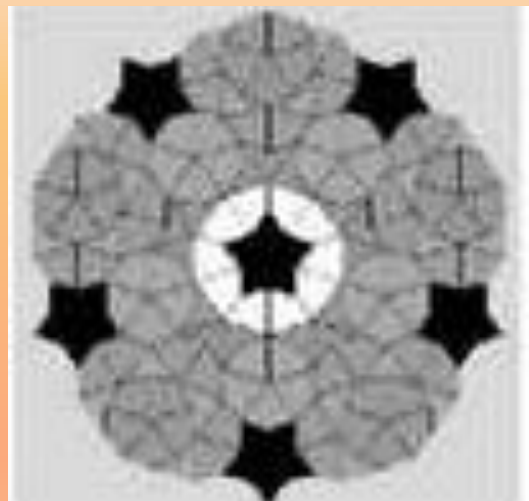
# Плитки

- Для сборки гирихов применяли плитки пяти видов (десяти— и пятиугольные ромбы и "бабочки"), которые в мозаике составлялись, прилегая друг к другу без свободного пространства между ними.

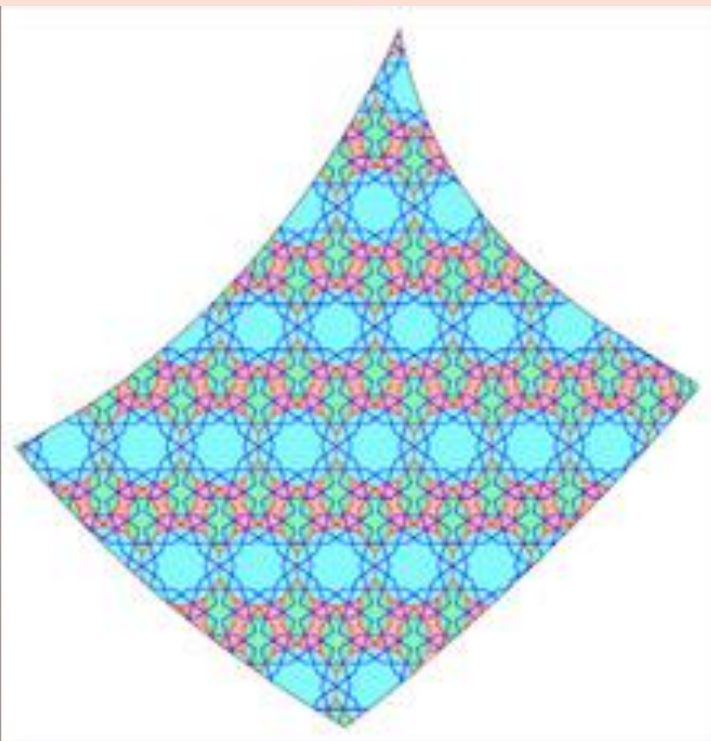


# Симметрия мозаик

- Мозаики созданные из них, могли обладать как сразу вращательной и трансляционной симметрией, так и только вращательной симметрией пятого порядка (то есть являлись мозаиками Пенроуза).



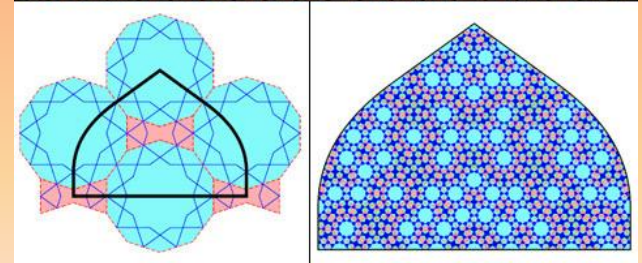
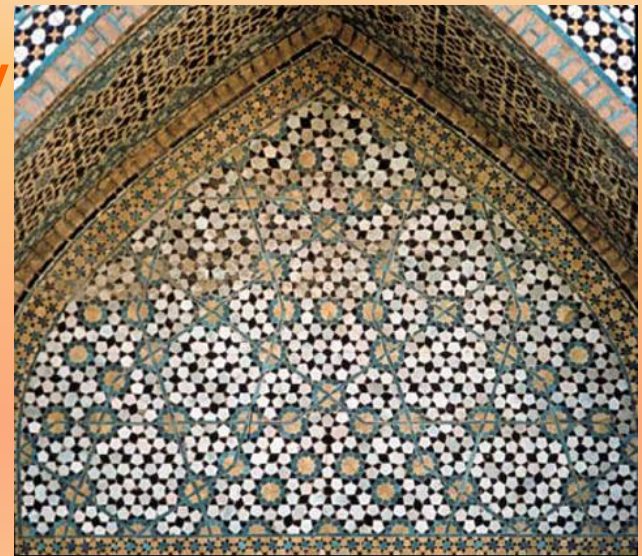
# Гирихи



Фрагмент орнамента иранского мавзолея  
1304 года. Справа – реконструкция гирихов

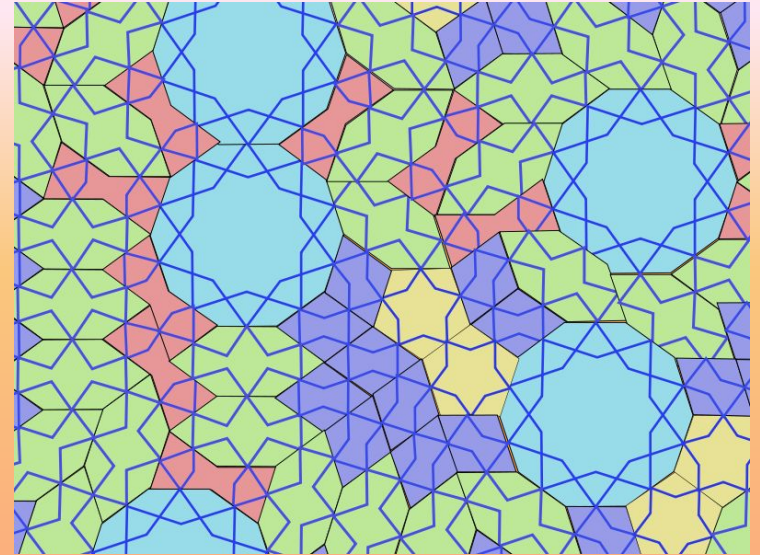
# Дата появления Мозаик

Исследовав сотни фотографий средневековых Мусульманских достопримечательностей, Лу со Стейнхардтом смогли датировать появление подобной тенденции XIII веком. Постепенно этот способ приобретал всё большую популярность и к XV веку стал широко распространённым.



- Датировка примерно совпадает с периодом развития техники декорирования дворцов, мечетей, различных важных зданий глазурованной цветной керамической плиткой в форме различных многоугольников. То есть керамическую плитку специальных форм создавали именно для гирихов.

## Керамическая плитка





# Заключение

- То, что удалось открыть западной науке на основе огромного обобщения тернистого опыта, восточная наука сделала на основе интуиции и чувства прекрасного. И результаты налицо: в воплощении законов геометрии в практику восточные мыслители опередили западных на пять столетий!