

Симметрия в Мире  
и  
мир симметрии

# Вопросы к зачёту

4. Определение симметрии. Виды симметрии. Примеры.
5. Симметрия живого. Хиральность. Примеры.

# Симметрия

- ***В.Готт:*** Симметрия - понятие, отражающее существующий в природе порядок, пропорциональность и соразмерность между элементами какой-либо системы или объекта природы, упорядоченность, равновесие системы, устойчивость, т.е., некий элемент гармонии.
- ***Г.Вейль:*** «Симметричным является предмет, с которым можно сделать нечто, не изменяя этого предмета».

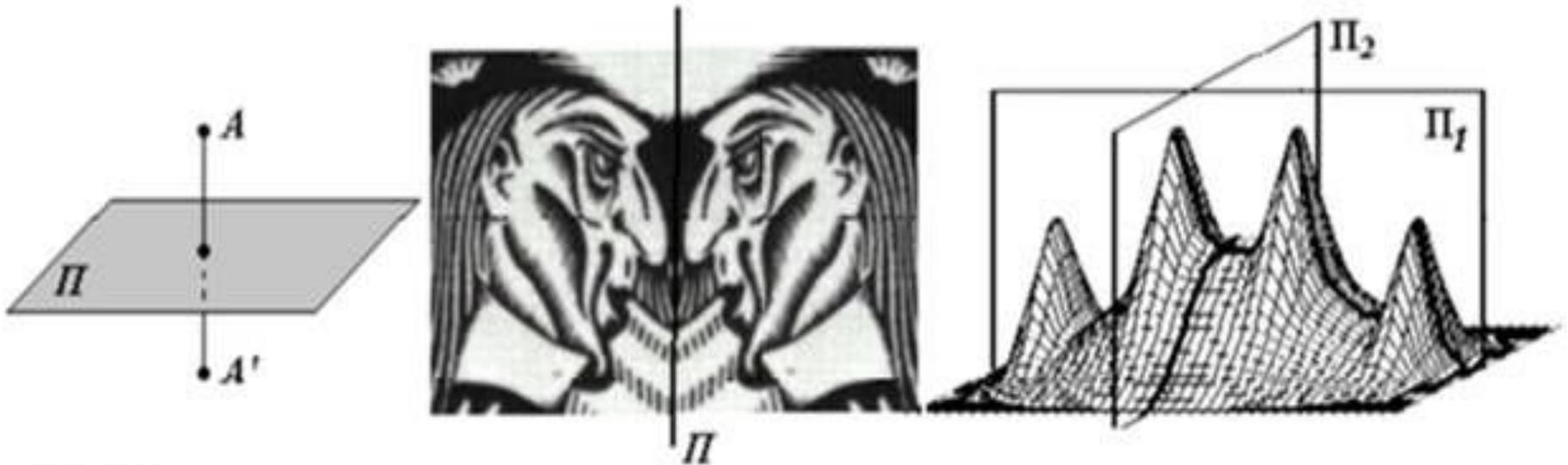
# Определение симметрии

- Симметрия в самом широком смысле – это неизменность (**инвариантность**) каких-либо свойств объекта по отношению к преобразованиям, операциям, выполняемым над этим объектом.
- Под объектом понимается материальный объект, математическое выражение, закон, явление и т.п.

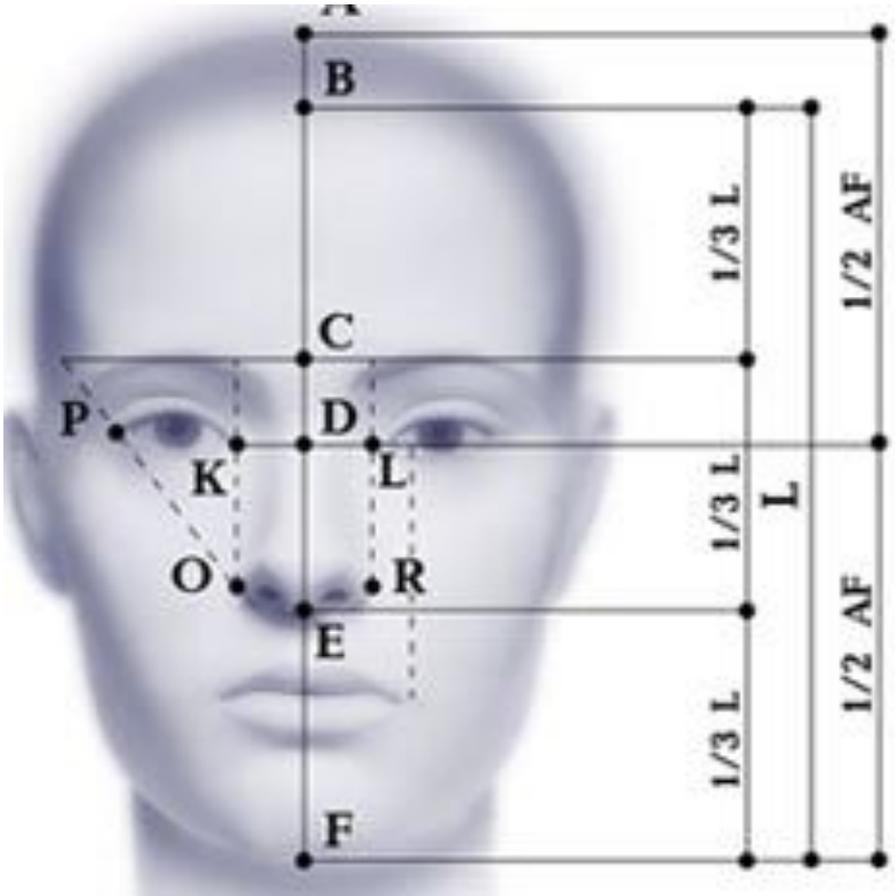
# Виды симметрии

# Зеркальная симметрия

(Симметрия относительно плоскости)

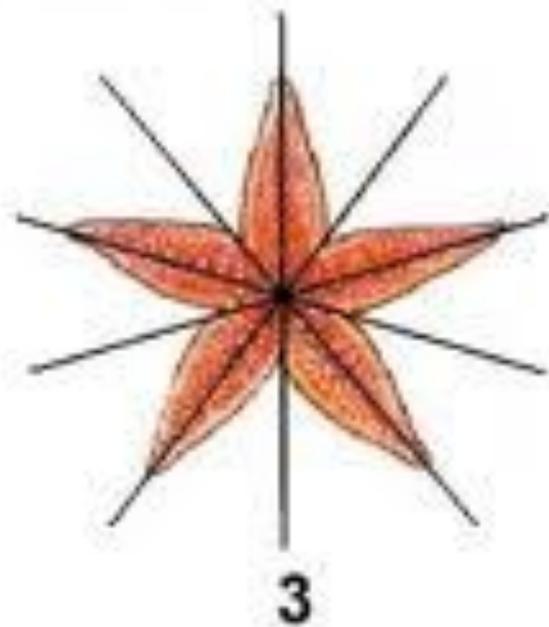


# Симметрия лица



- Большинство ученых сходятся во мнении, что одним из обязательных признаков совершенного лица должна быть симметрия между его правой и левой половинами

## СИММЕТРИЯ ТЕЛА ЖИВОТНЫХ

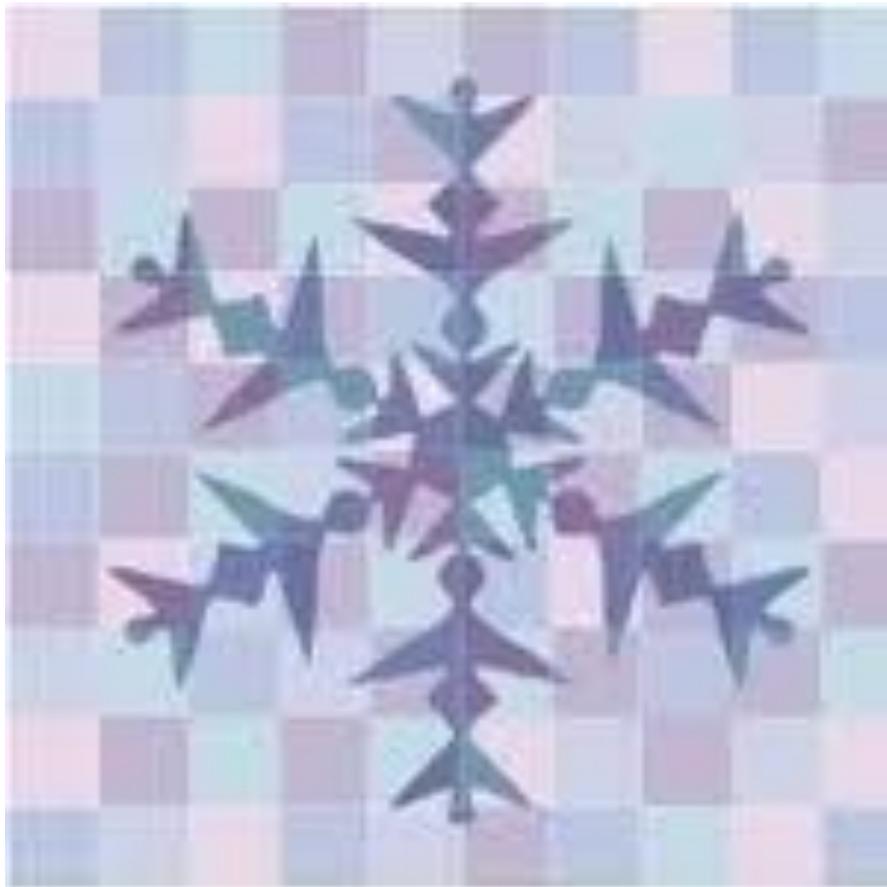




# Осевая симметрия n-го порядка

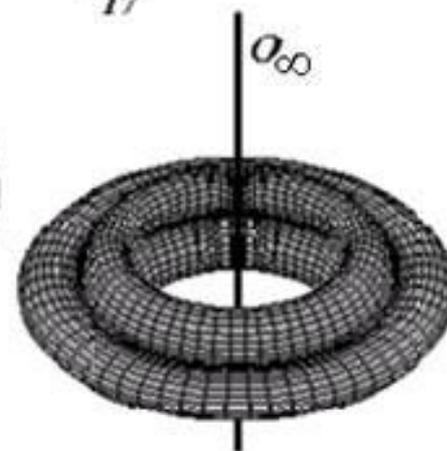
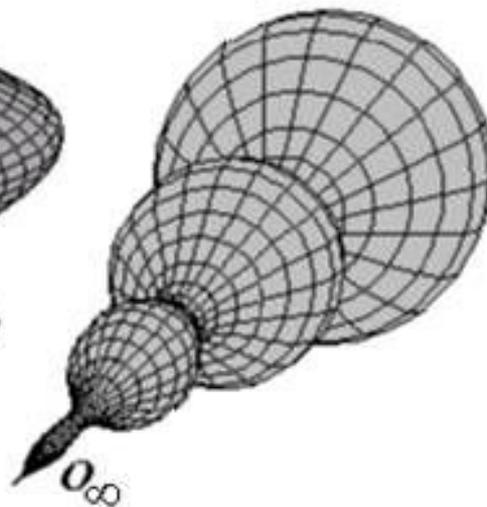
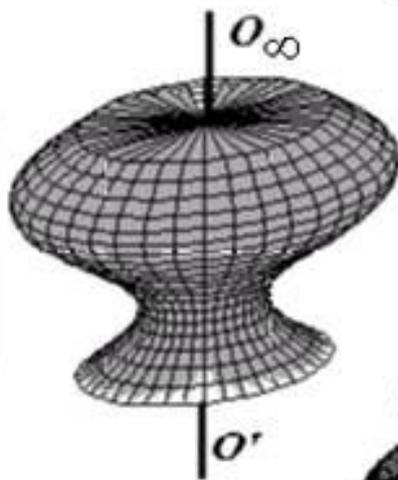
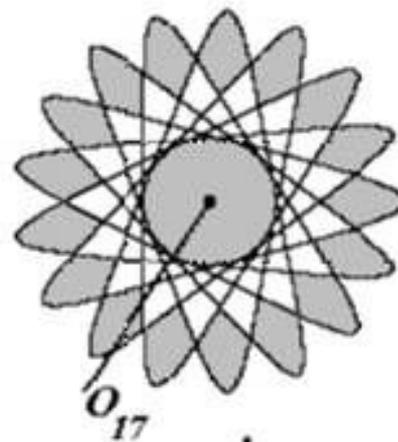
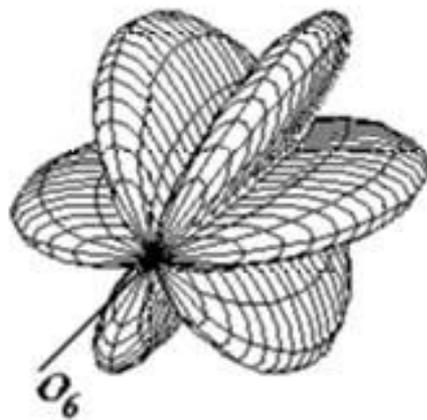
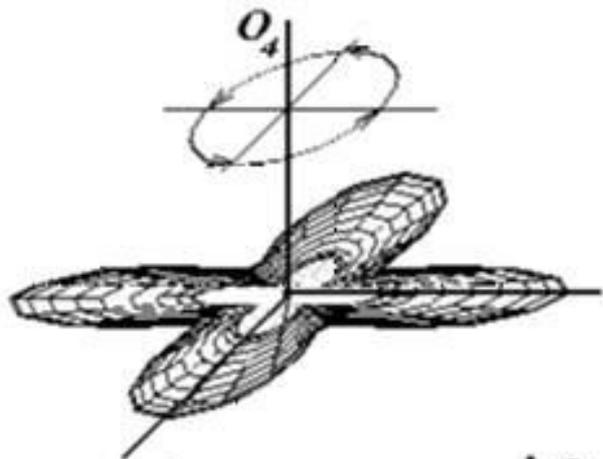
- Осевая симметрия n-го порядка — симметричность относительно поворотов на угол  $360^\circ/n$  вокруг какой-либо оси.
- Ось симметрии бесконечного порядка - поворот на любой угол приводит к совмещению с самим собой. Например: круг, шар.
- Оси симметрии 2-го, 3-го, 4-го, 6-го и даже 5-го порядка (кристаллы с неперiodическим пространственным расположением атомов( мозаика Пенроуза)) можно наблюдать на примере кристаллов.
- Зеркально поворотная осевая симметрия n-го порядка - поворот на  $360^\circ/n$  и отражение в плоскости, перпендикулярной данной оси.

# Осевая симметрия



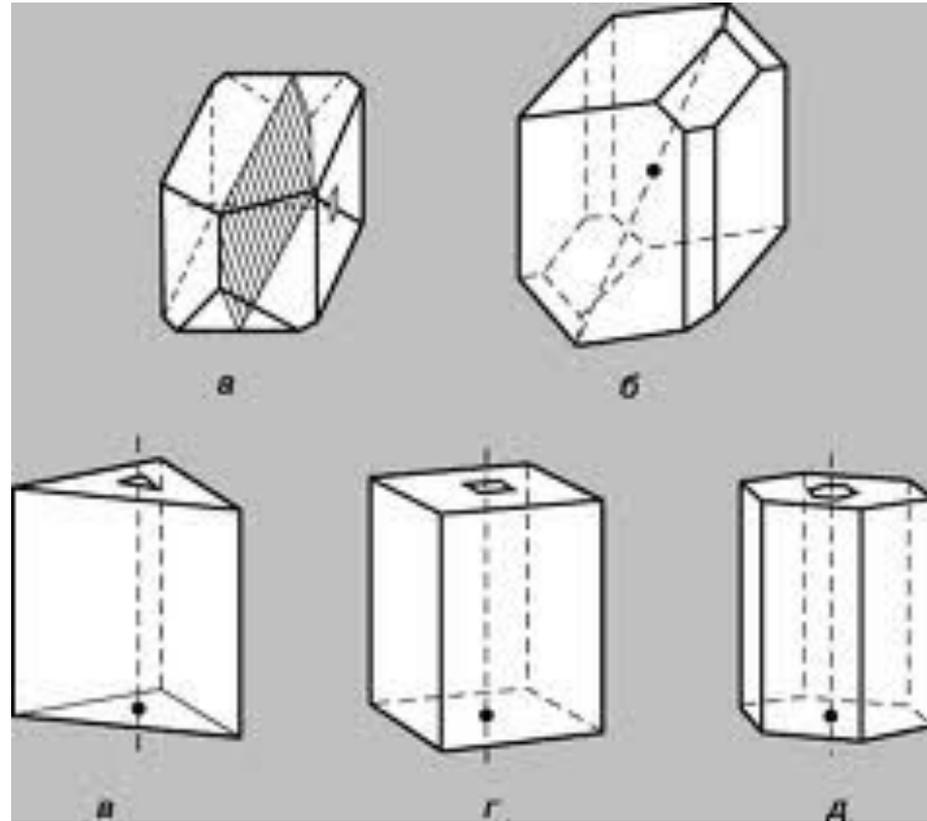
Ось симметрии 6-го порядка

# Оси симметрии



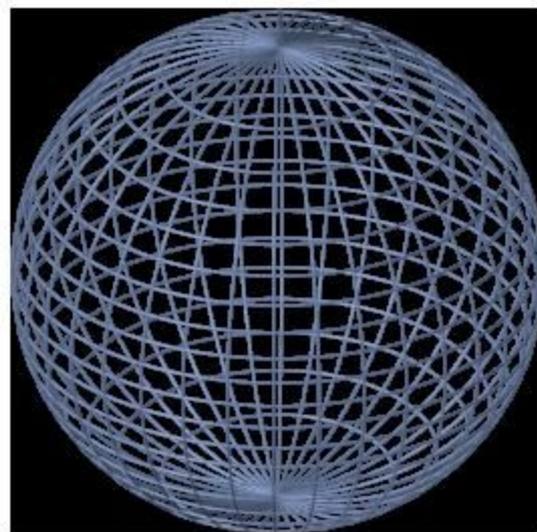
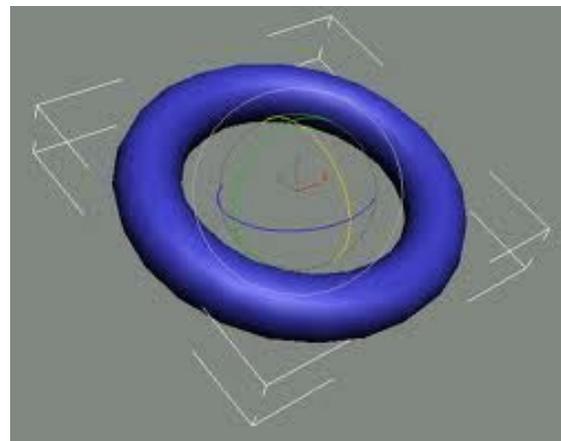
# Симметрия кристаллов

- Оси симметрии 2-го, 3-го, 4-го, 6-го и даже 5-го порядка (кристаллы с неперiodическим пространственным расположением атомов) можно наблюдать на примере кристаллов.

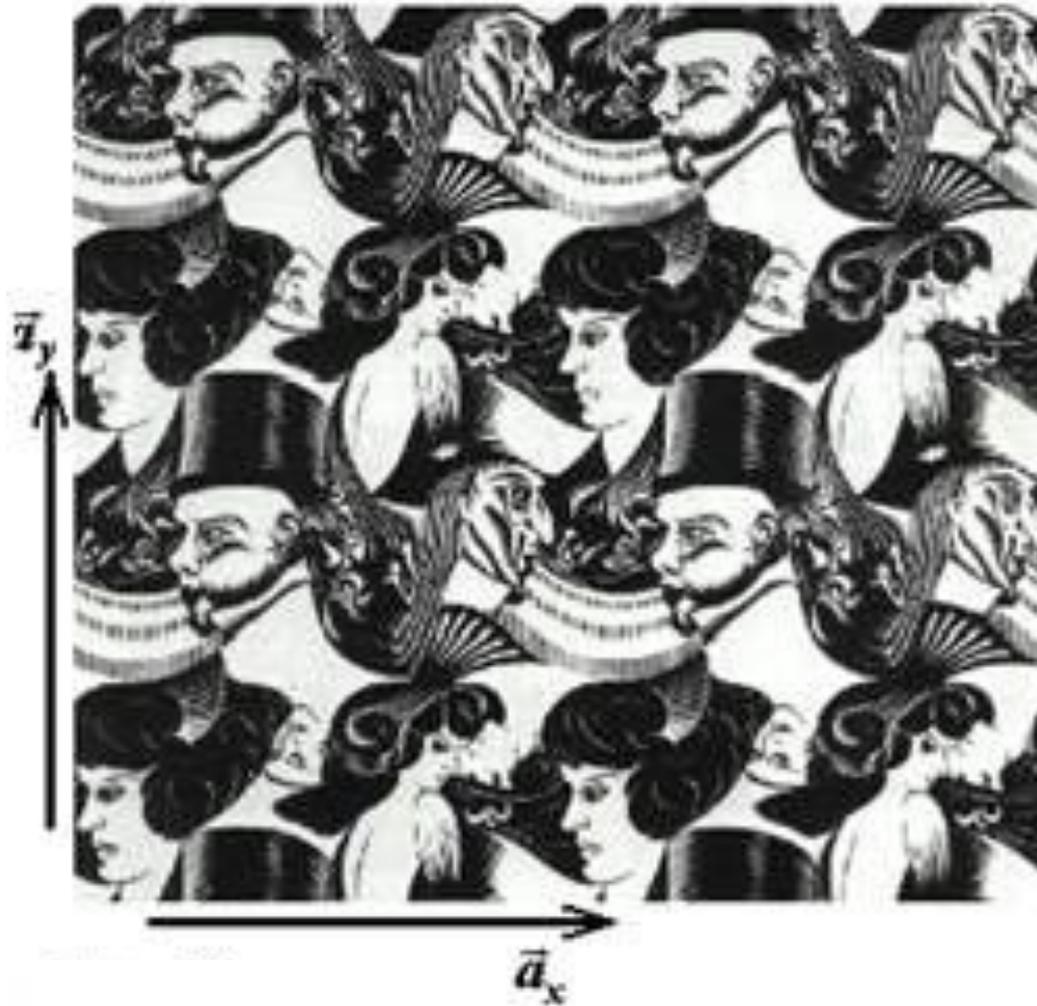


# Сферическая (центральная) симметрия. Центр симметрии

- Ось симметрии бесконечного порядка - поворот на любой угол приводит к совмещению с самим собой. Например: круг, шар.
- Гравитационное поле обладает сферической симметрией



# Трансляционная симметрия



# Симметрия в математике

$$A^3B + A^2B^2 + AB^3$$

$$A \leftrightarrow B$$

$$B^3A + B^2A^2 + BA^3$$

# симметрия в архитектуре





# Симметрия в природе



# Симметрия в музыке



- Зеркало - одна из древнейших и вечных метафор мирового искусства. Она воплощает глубинную потребность человека в симметрии как доминантной составляющей чувства прекрасного и способ отражения себя во внешнем мире. Мифы о Нарциссе и нимфе. Эхо - олицетворение визуальной и аудиосимметрии. «Отражению» в музыке соответствуют или инверсия (горизонтальная ось симметрии), или ракоход (ось вертикальная). Последний служит формообразующим принципом музыкальных и поэтических палиндромов или ракоходных канонов.
- Редчайший пример абсолютной зеркальности вдвойне-обратимого канона мы находим в «Учебнике композиции» А.Андре (182, 239) Пример 66.
- Пересекающиеся оси симметрии видимы в нём особенно ясно. По

# Палиндромы

- я иду с мечем судия

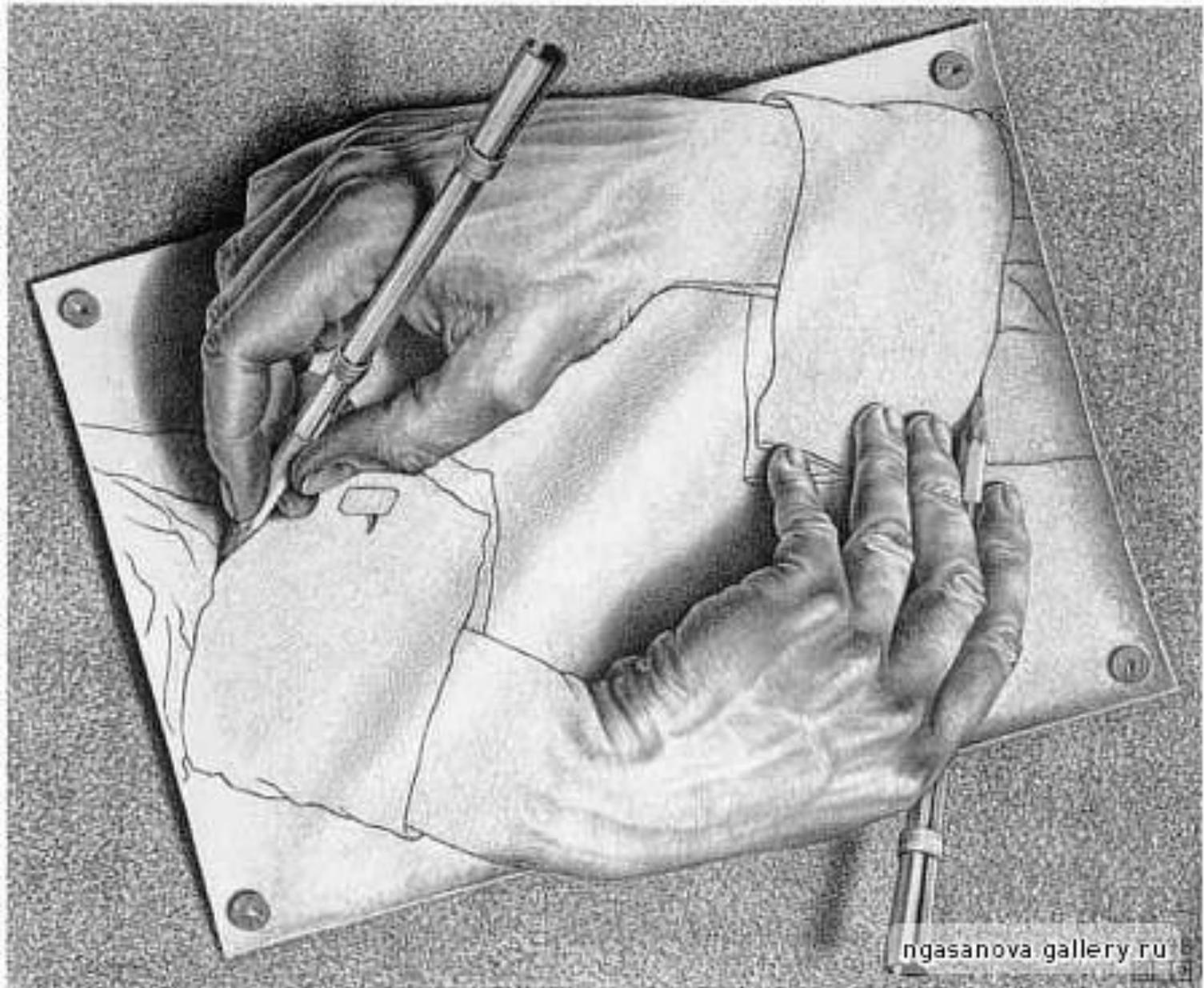
Помяловский.С. «Очерки бурсы»

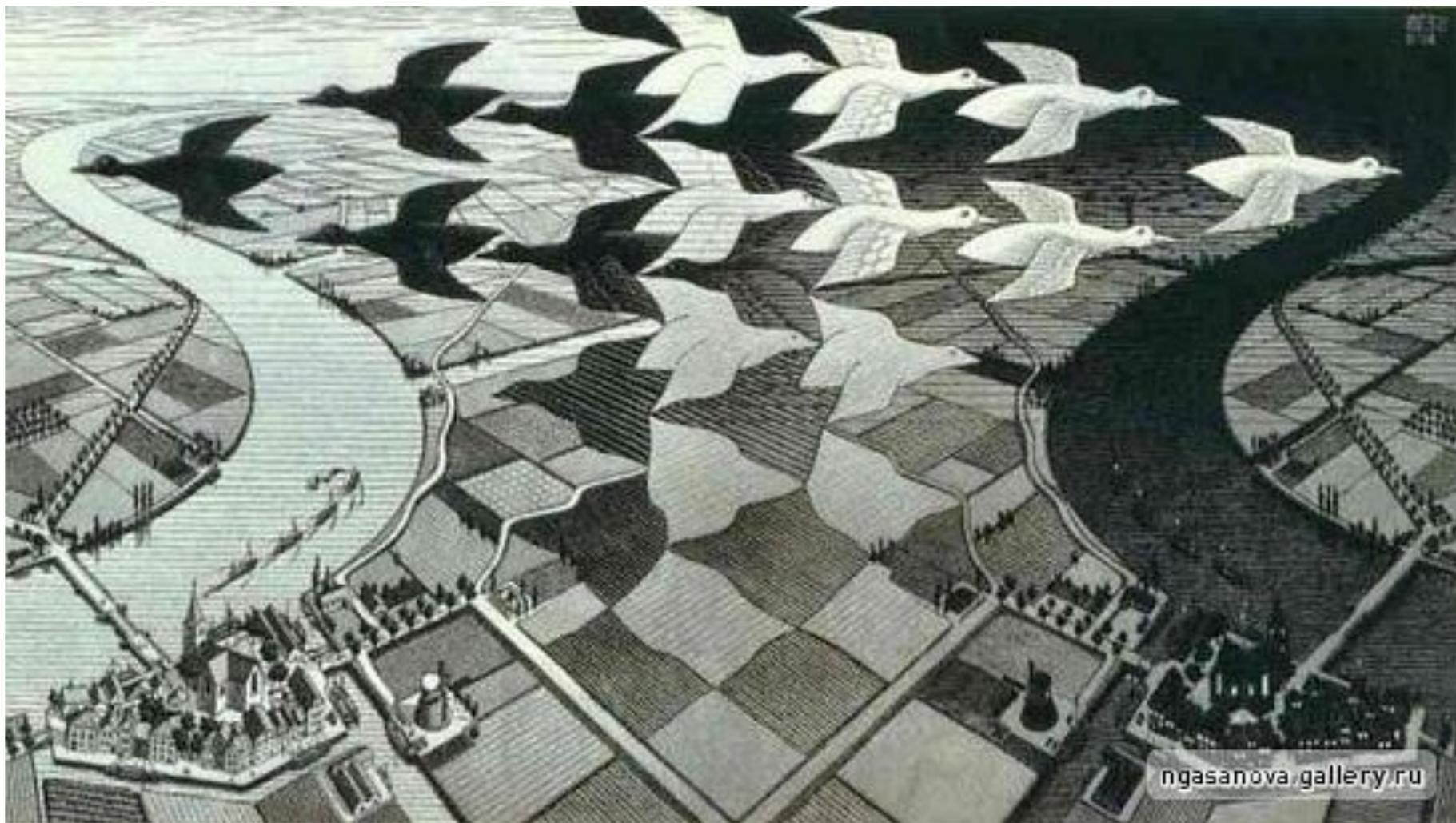
S	A	T	O	R
A	R	E	P	O
T	E	N	E	T
O	P	E	R	A
R	O	T	A	S

# Симметрия и асимметрия

## Эшера

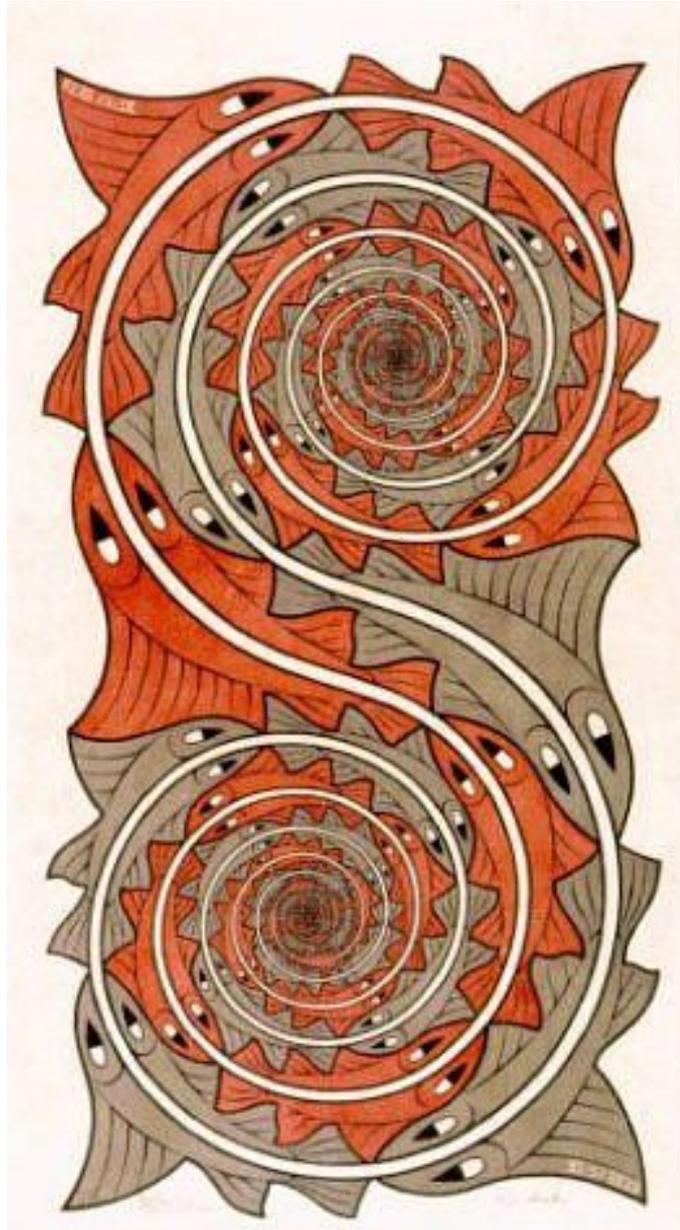
# Рисующие руки





Правая и левая части композиции зеркально симметричны, и как бы служат своеобразными негативами одна другой. Снизу вверх квадраты полей превращаются в белых птиц летящих в ночь, и в черных птиц летящих на фоне светлого дневного неба.

# ВОДОВОРОТЫ



# МЕНЬШЕ И МЕНЬШЕ

Гравюра «Меньше и меньше» показывает типичный фрактальный объект.

Самые известные фигуры во фрактальной геометрии. Эти рисунки построены по очень простому и экономичному правилу, которое используется при сжатии изображений в компьютерах с помощью фрактальных алгоритмов.



Макс Эшер / Max Escher • Меньше и Меньше I / Smaller and Smaller I ngasanova gallery ru  
Двухцветная гравюра на дереве, 1956

# БЕЛЬВЕДЕР



# МОЗАИКА II



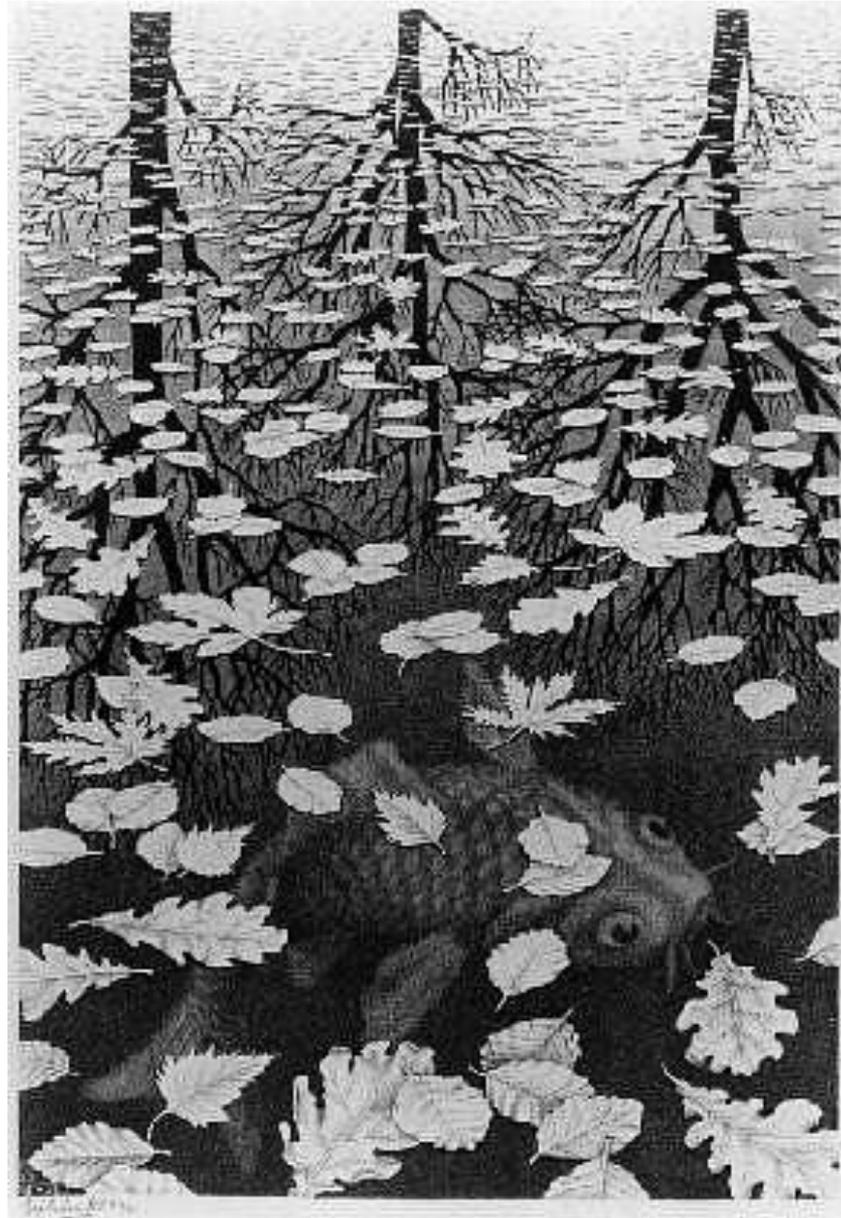
Макс Эшер / Max Escher ♦ Мозаика II / Mosaic II  
Литография, 1957

# "СФЕРИЧЕСКИЕ СПИРАЛИ"



ngasanova gallery ru

# ТРИ МИРА



# Водопад, литография 1961 г.

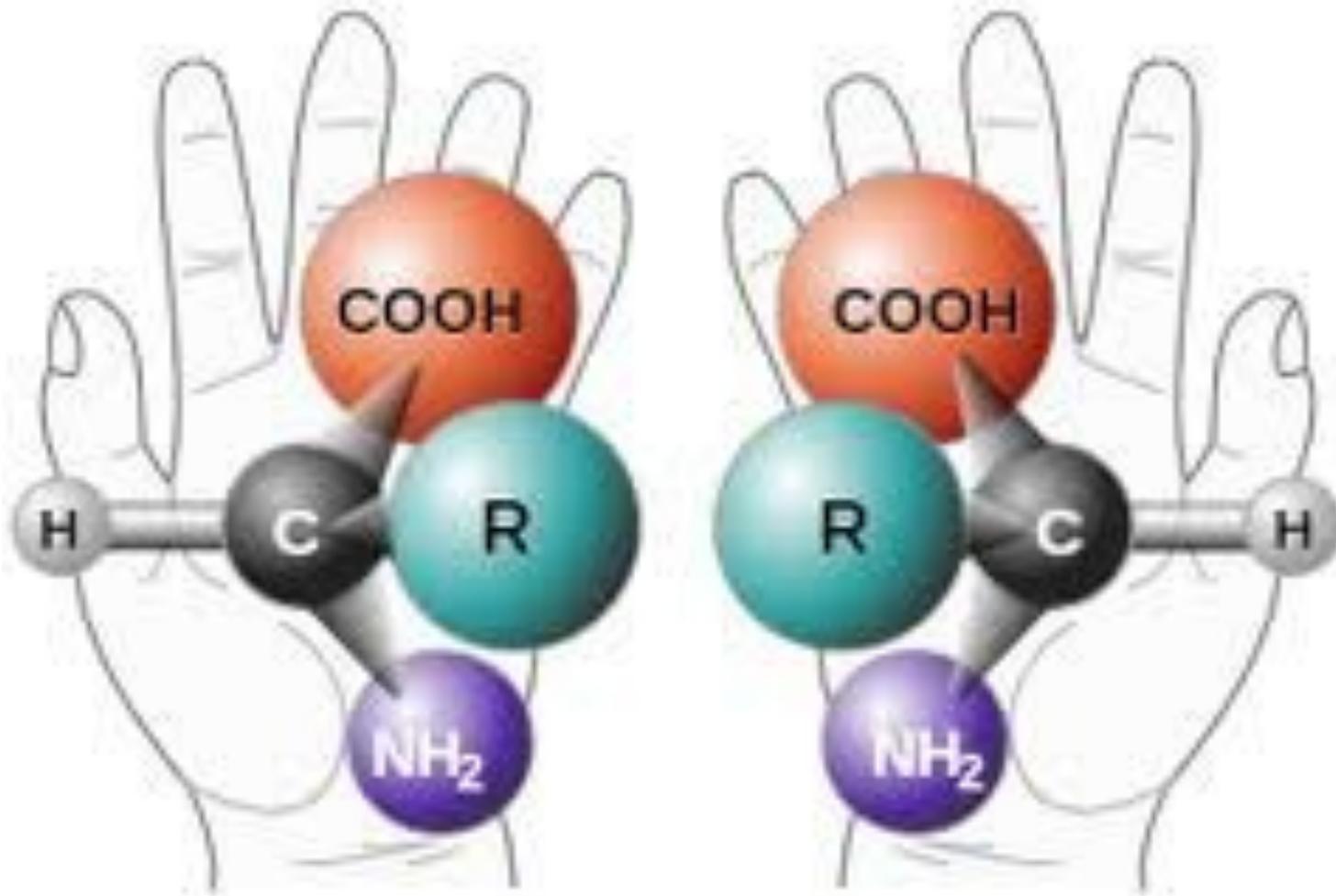


# **Симметрия живого**

# Хиральность

- Хиральность (киральность) (англ. chirality, от др.-греч. χείρ — рука) — отсутствие симметрии относительно правой и левой стороны. Например, если отражение объекта в идеальном плоском зеркале отличается от самого объекта, то объекту присуща хиральность.
- Термин «хиральность» широко используется в стереохимии, в теории струн, в квантовой физике и пр.

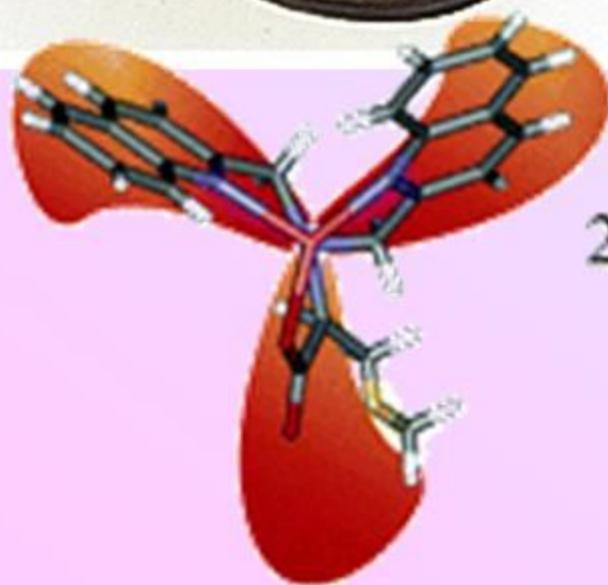
# Хиральность аминокислоты



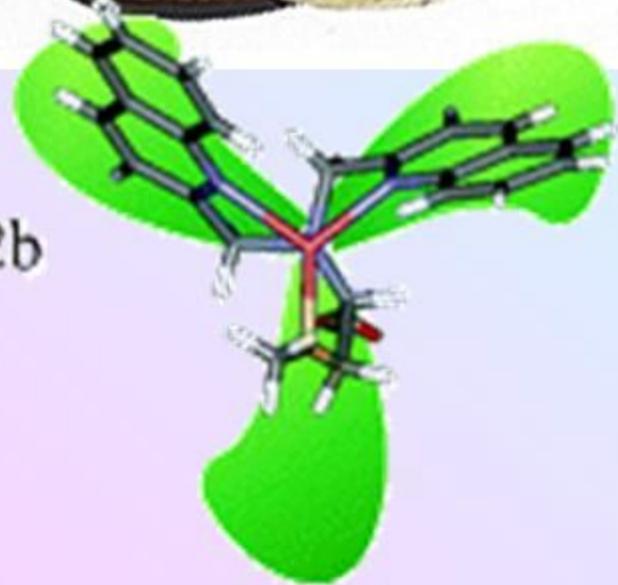
Компоненты аминокислоты не лежат в плоскости



# Chirality - Organic Chemistry



2a  $\rightleftharpoons$  2b



# Хиральность

- В нашем организме все аминокислоты во всех белках – «левосторонние».
- Белки – полимеры, состоящие из аминокислот, существующих в виде L- или левосторонних оптических изомеров. Правосторонние (R-) изомеры можно синтезировать в лаборатории, но они не встречаются в природных белках.
- Молекула ДНК состоит из миллиардов сложных химических молекул, называемых нуклеотидами, и эти нуклеотидные молекулы существуют в виде правосторонних R-изомеров. В лаборатории можно создать L-изомеры, но в природе они не встречаются.
- Рацемическая смесь

# Симметрия и законы сохранения

# Замкнутая система

- **Замкнутая система** – система, которая не обменивается с внешней средой:
  - ни энергией;
  - ни массой (веществом);
  - ни информацией.

# Закон сохранения энергии

- Симметрия относительно произвольного сдвига во времени приводит к закону сохранения энергии для консервативных (замкнутых) систем

$$E = \text{const.}$$

- Энергия замкнутых систем не зависит от времени

# Закон сохранения количества поступательного движения

Неизменность характеристик физической системы при перемещении её в как целого в пространстве приводит к закону сохранения количества поступательного движения  $p$ :

$$\vec{p} = m\vec{v} = \text{const.}$$

# Закон сохранения количества вращательного движения

Симметрия относительно произвольных пространственных поворотов (изотропность пространства) связана с законом сохранения вращательного количества движения  $L$ :

$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt} = 0$$