

СИММЕТРИЯ

Что такое симметрия

- **Симметрия** (др.-греч. (др.-греч. $\sigma\upsilon\mu\mu\epsilon\tau\rho\rho\iota\alpha$ «соразмерность», от $\mu\epsilon\tau\rho\acute{\epsilon}\omega$ — «меряю»), в широком смысле — соответствие, неизменность (инвариантность (др.-греч. $\sigma\upsilon\mu\mu\epsilon\tau\rho\rho\iota\alpha$ «соразмерность», от $\mu\epsilon\tau\rho\acute{\epsilon}\omega$ — «меряю»), в широком смысле — соответствие, неизменность (инвариантность), проявляемые при каких-либо изменениях, преобразованиях (др.-греч. $\sigma\upsilon\mu\mu\epsilon\tau\rho\rho\iota\alpha$ «соразмерность», от $\mu\epsilon\tau\rho\acute{\epsilon}\omega$ — «меряю»), в широком смысле — соответствие, неизменность (инвариантность), проявляемые при каких-либо изменениях, преобразованиях (например: положения (др.-греч. $\sigma\upsilon\mu\mu\epsilon\tau\rho\rho\iota\alpha$ «соразмерность», от $\mu\epsilon\tau\rho\acute{\epsilon}\omega$ — «меряю»), в широком смысле — соответствие, неизменность (инвариантность),

Симметрия в геометрии

- Геометрическая симметрия — это наиболее известный тип симметрии для многих людей. Геометрический объект называется симметричным, если после того как он был преобразован геометрически, он сохраняет некоторые исходные свойства. Например, круг повернутый вокруг своего центра будет иметь ту же форму и размер, что и исходный круг. Поэтому круг называется симметричным относительно вращения (имеет осевую симметрию). Виды симметрий возможных для геометрического объекта, зависят от множества доступных геометрических преобразований и того какие свойства объекта должны оставаться неизменными после преобразования.

Виды геометрической симметрии

- Зеркальная симметрия
- Осевая симметрия
- Вращательная симметрия
- Центральная симметрия
- Скользящая симметрия
- Точечная симметрия
- Поступательная симметрия
- Винтовая симметрия
- Неизометричная симметрия
- Фрактальные симметрии

Зеркальная симметрия

- Зеркальная симметрия Зеркальная симметрия или отражение — движение Зеркальная симметрия или отражение — движение евклидова пространства Зеркальная симметрия или отражение — движение евклидова пространства, множество неподвижных точек которого является гиперплоскостью (в случае трехмерного пространства — просто плоскостью). Термин *зеркальная симметрия* употребляется также для описания соответствующего типа симметрии объекта, то есть, когда объект при операции *отражения* переходит в себя. Это математическое понятие описывает соотношение в оптике объектов и их (мнимых) изображений при отражении в плоском зеркале, а также многие законы симметрии (в кристаллографии, химии, физике, биологии и т. д., а также в искусстве и искусствоведении)



Равнобедренный треугольник с зеркальной симметрией. Пунктирная линия является осью симметрии.

Осевая симметрия

- В размерности 2 (то есть на плоскости) гиперплоскость представляет собой прямую, говорят об *осевой симметрии* или *симметрии относительно прямой*. Для фигуры, переходящей в себя при осевой симметрии, прямая, образованная неподвижными точками движения, называется *осью симметрии* этой фигуры. Примером оси симметрии отрезка является его серединный перпендикуляр этой фигуры. Примером оси симметрии отрезка является его серединный перпендикуляр. Любое движение плоскости можно представить в виде композиции не более чем трёх осевых симметрий.



Вращательная симметрия

- Вращательная симметрия — термин, означающий симметрию объекта относительно всех или некоторых собственных вращений m -мерного евклидова пространства. *Собственными вращениями* называются разновидности изометрии называются разновидности изометрии, сохраняющие ориентацию. Таким образом, группа симметрии, отвечающая вращениям, есть подгруппа группы $E+(m)$ (см. Евклидова группа).
- Трансляционная симметрия может рассматриваться как частный случай вращательной — вращение вокруг бесконечно-удалённой точки. При таком обобщении группа вращательной симметрии совпадает с полной $E+(m)$. Такого рода симметрия неприменима к конечным объектам, поскольку делает всё пространство однородным, однако она используется в формулировке физических закономерностей.

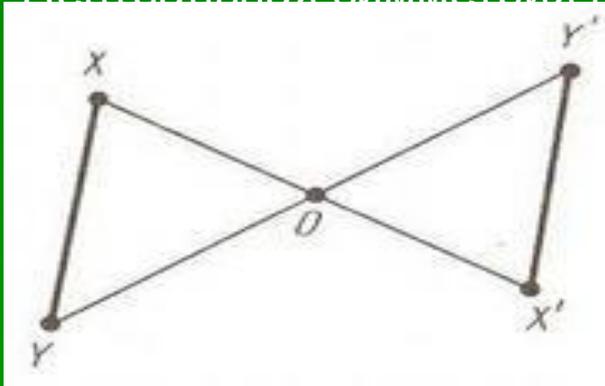
- Совокупность собственных вращений вокруг фиксированной точки пространства образуют специальную ортогональную группу $SO(m)$ — группу ортогональных матриц $m \times m$ с определителем, равным 1. Для частного случая $m = 3$ группа носит специальное название — группа вращений.
- В физике инвариантность относительно группы вращений называется изотропностью пространства (все направления в пространстве равноправны) и выражается в инвариантности физических законов, в частности, уравнений движения, относительно вращений. Теорема Нётер (все направления в пространстве равноправны) и выражается в инвариантности физических законов, в частности, уравнений движения, относительно вращений. Теорема Нётер связывает эту инвариантность с наличием сохраняющейся величины (интеграла движения) — углового момента.

Вращательная симметрия



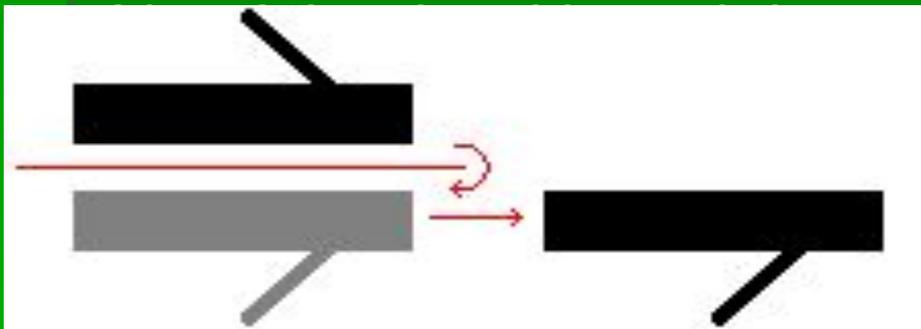
Центральная симметрия

- Центральной симметрией (иногда центральной инверсией) относительно точки A называют преобразование пространства, переводящее точку X в такую точку X' , что A — середина отрезка XX' . Центральная симметрия с центром в точке A обычно обозначается через S_A , в то время как обозначение S можно перепутать с осевой симметрией. Фигура называется симметричной относительно точки A , если для каждой точки фигуры симметричная ей точка относительно точки A также принадлежит этой фигуре. Точка A называется центром симметрии фигуры. Говорят также, что фигура обладает центральной симметрией. Другие названия этого преобразования — *симметрия с центром A* . Центральная симметрия в планиметрии. Центральная симметрия в планиметрии является частным случаем поворота. Центральная симметрия в планиметрии является частным случаем поворота на 180 градусов.



Скольльзящая симметрия

- Скольльзящая симметрия Скользящая симметрия — изометрия евклидовой плоскости Скользящая симметрия — изометрия евклидовой плоскости. Скользящей симметрией называют композицию Скользящая симметрия — изометрия евклидовой плоскости. Скользящей симметрией называют композицию симметрии относительно некоторой прямой и переноса Скользящая симметрия — изометрия евклидовой плоскости. Скользящей симметрией



етрии относительно
са на вектор Скользящая
евклидовой плоскости.
ывают композицию
Скольльзящая
симметрия

переноса на вектор, параллельный (этот вектор

Симметрия в физике

- В теоретической физике, поведение физической системы описывается некоторыми уравнениями. Если эти уравнения обладают какими-либо симметриями, то часто удаётся упростить их решение путём нахождения **сохраняющихся величин** (интегралов движения).

- Так, уже в классической механике Так, уже в классической механике формулируется теорема Нётер Так, уже в классической механике формулируется теорема Нётер, которая каждому типу непрерывной симметрии сопоставляет сохраняющуюся величину. Из неё, например, следует, что инвариантность уравнений движения Так, уже в классической механике формулируется теорема Нётер, которая каждому типу непрерывной симметрии сопоставляет сохраняющуюся величину. Из неё, например, следует, что инвариантность уравнений движения тела с течением времени Так, уже в классической механике

Симметрия в физике

<u>Преобразование</u>	<u>Соответствующая инвариантность</u>	<u>Соответствующий закон сохранения</u>
\updownarrow <u>Трансляции времени</u>	<u>Однородность времени</u>	<u>...энергии</u>
\boxtimes <u>C</u> , \underline{P} , \boxtimes C, P, <u>CP</u> , \boxtimes C, P, CP и <u>T</u> -симметрии	<u>Изотропность времени</u>	<u>...чётности</u>
\leftrightarrow <u>Трансляции пространства</u>	<u>Однородность пространства</u>	<u>...импульса</u>
\curvearrowright <u>Вращения пространства</u>	<u>Изотропность пространства</u>	<u>...момента импульса</u>
\Leftrightarrow <u>Группа Лоренца</u>	<u>Относительность Лоренц-инвариантность</u>	<u>...4-импульса</u>
\sim <u>Калибровочное преобразование</u>	<u>Калибровочная инвариантность</u>	<u>...заряда</u>

Суперсимметрия

- Суперсимметрия или симметрия Ферми — Бозе — гипотетическая — гипотетическая симметрия — гипотетическая симметрия, связывающая бозоны — гипотетическая симметрия, связывающая бозоны и фермионы — гипотетическая симметрия, связывающая бозоны и фермионы в природе. Абстрактное преобразование суперсимметрии связывает бозонное и фермионное квантовые поля, так что они могут превращаться друг в друга. Образно можно сказать, что преобразование суперсимметрии может переводить вещество — гипотетическая симметрия, связывающая бозоны и фермионы в природе. Абстрактное преобразование суперсимметрии связывает бозонное и фермионное квантовые поля, так что они могут превращаться друг в друга. Образно можно сказать, что преобразование суперсимметрии может переводить вещество во взаимодействие — гипотетическая симметрия, связывающая бозоны и фермионы в природе. Абстрактное преобразование суперсимметрии связывает бозонное и фермионное квантовые поля, так что они могут превращаться друг в друга. Образно можно сказать, что преобразование суперсимметрии

- Данное требование не выполняется для известных в природе частиц. Предполагается, тем не менее, что существует энергетический лимит, за пределами которого поля подчиняются суперсимметричным преобразованиям, а в рамках лимита — нет. В таком случае частицы-суперпартнёры обычных частиц оказываются очень тяжёлыми по сравнению с обычными частицами. Поиск суперпартнёров обычных частиц — одна из основных задач современной физики высоких энергий. Ожидается, что Большой адронный коллайдер Данное требование не выполняется для известных в природе частиц. Предполагается, тем не менее, что существует энергетический лимит, за пределами которого поля подчиняются суперсимметричным преобразованиям, а в рамках лимита — нет. В таком случае частицы-

Трансляционная симметрия

- Трансляционная симметрия — тип симметрии, при которой свойства рассматриваемой системы не изменяются при сдвиге на определённый вектор, который называется *вектором трансляции*. Например, однородная среда совмещается сама с собой при сдвиге на любой вектор, поэтому для неё свойственна трансляционная симметрия.
- Трансляционная симметрия свойственна также для кристаллов. Трансляционная симметрия свойственна также для кристаллов. В этом случае векторы трансляции не произвольны, хотя их существует бесконечное число. Среди всех векторов трансляций кристаллической решётки можно выбрать 3 линейно независимых таким образом, что любой другой вектор трансляции был бы целочисленно-линейной комбинацией этих трёх векторов. Эти три вектора составляют *базис кристаллической решётки*.

- Теория групп показывает, что трансляционная симметрия в кристаллах совместима только с поворотами на углы $\theta=2\pi/n$, где n может принимать значения 1, 2, 3, 4, 6.
- При повороте на углы 180, 120, 90, 60 градусов положение атомов в кристалле не меняется. Говорят, что кристаллы имеют ось вращения n -го порядка.
- Перенос в плоском четырёхмерном пространстве-времени не меняет физических законов. В теории поля трансляционная симметрии, согласно теореме Нётер Перенос в плоском четырёхмерном пространстве-времени не меняет физических законов. В теории поля трансляционная симметрии, согласно теореме Нётер, соответствует сохранению тензора энергии-импульса Перенос в плоском четырёхмерном пространстве-времени не меняет физических законов. В теории поля трансляционная симметрии, согласно теореме Нётер, соответствует сохранению тензора энергии-импульса. В частности, чисто временные трансляции соответствуют закону сохранения энергии Перенос в плоском четырёхмерном пространстве-времени не меняет физических законов. В теории поля трансляционная симметрии, согласно теореме

Симметрия в биологии

- **Симметрия в биологии** — это закономерное расположение подобных (одинаковых, равных по размеру) частей тела или форм живого организма, совокупности живых организмов относительно центра или оси симметрии. Тип симметрии определяет не только общее строение тела, но и возможность развития систем органов животного. Строение тела многих многоклеточных организмов отражает определённые формы симметрии. Если тело животного можно мысленно разделить на две половины, правую и левую, то такую форму симметрии называют **билатеральной**. Этот тип симметрии свойственен подавляющему большинству видов, а также человеку. Если тело животного можно мысленно разделить не одной, а несколькими плоскостями симметрии на равные части, то такое животное называют **радиально-симметричным**. Этот тип симметрии встречается значительно реже.

- **Асимметрия** — отсутствие симметрии. Иногда этот термин используется для описания организмов, лишённых симметрии первично, в противоположность **диссимметрии** — вторичной утрате симметрии или отдельных её элементов.
- Понятия симметрии и асимметрии альтернативны. Чем более симметричен организм, тем менее он асимметричен и наоборот. Небольшое количество организмов полностью асимметричны. При этом следует различать изменчивость формы (например у **амёбы**)



Понятия симметрии и асимметрии альтернативны. Чем более симметричен организм, тем менее он асимметричен и наоборот. Небольшое количество организмов полностью асимметричны. При этом следует различать изменчивость формы (например у амёбы) от асимметрии. В **природе** Понятия симметрии и асимметрии альтернативны. Чем более симметричен организм, тем менее он асимметричен и наоборот. Небольшое количество организмов полностью асимметричны. При этом следует различать изменчивость формы (например у амёбы) от асимметрии. В **природе** и, в частности, в живой природе симметрия не абсолютна и всегда содержит

Сложные узоры на крыльях бабочки

Радиальная симметрия

- В биологии В биологии о радиальной симметрии говорят, когда через трёхмерное существо проходят одна или более осей симметрии. При этом радиальносимметричные животные могут и не иметь плоскостей симметрии. Так, у сифонофоры *Veleva* имеется ось симметрии второго порядка и нет плоскостей симметрии[4]
- Обычно через ось симметрии проходят две или более плоскости Обычно через ось симметрии проходят две или более плоскости симметрии. Эти плоскости пересекаются по прямой — оси симметрии. Если животное будет вращаться вокруг этой оси на определённый градус, то оно будет отображаться само на себе (совпадать само с собой). Таких осей симметрии может быть несколько (полиаксонная симметрия) или одна (монаксонная симметрия). Полиаксонная симметрия распространена среди протистов Обычно через ось симметрии проходят две или более плоскости симметрии. Эти плоскости пересекаются по прямой — оси симметрии. Если животное будет вращаться вокруг этой оси на определённый градус, то оно будет отображаться само на себе (совпадать само с собой). Таких осей симметрии может быть несколько

- Как правило, у многоклеточных животных два конца (полюса) единственной оси симметрии неравноценны (например, у медуз на одном полюсе (оральном) находится рот, а на противоположном (аборальном) — верхушка колокола. Такая симметрия (вариант радиальной симметрии) в сравнительной анатомии называется одноосно-гетеропольной. В двухмерной проекции радиальная симметрия может сохраняться, если ось симметрии направлена перпендикулярно к проекционной плоскости. Иными словами, сохранение радиальной симметрии зависит от угла наблюдения.
- Радиальная симметрия характерна для многих стрекающих Радиальная симметрия характерна для многих стрекающих, а также для большинства иглокожих Радиальная симметрия характерна для многих стрекающих, а также для большинства иглокожих. Среди них встречается так называемая пентасимметрия, базирующаяся на пяти плоскостях симметрии. У иглокожих радиальная симметрия вторична: их личинки двустороннесимметричны, а у взрослых животных наружная радиальная симметрия нарушается наличием мадрепоровой пластинки.

- Кроме типичной радиальной симметрии существует двулучевая радиальная симметрия Кроме типичной радиальной симметрии существует двулучевая радиальная симметрия (две плоскости симметрии, к примеру, у гребневигов Кроме типичной радиальной симметрии существует двулучевая радиальная симметрия (две плоскости симметрии, к примеру, у гребневигов). Если плоскость симметрии только одна, то симметрия билатеральная (такую симметрию имеют животные из группы *Bilateria*).
- У цветковых растений У цветковых растений часто встречаются радиальносимметричные цветки У цветковых растений часто встречаются радиальносимметричные цветки: 3 плоскости симметрии (водокрас лягушачий У цветковых растений часто встречаются радиальносимметричные цветки: 3 плоскости

Билатеральная симметрия

- **Билатеральная симметрия** (двусторонняя симметрия) — симметрия зеркального отражения, при которой объект имеет одну плоскость симметрии, относительно которой две его половины зеркально симметричны. Если на плоскость симметрии опустить перпендикуляр из точки A и затем из точки O на плоскости симметрии продолжить его на длину AO , то он попадёт в точку A_1 , во всё подобную точке A . Ось симметрии у билатерально симметричных объектов отсутствует. У животных билатеральная симметрия проявляется в схожести или почти полной идентичности левой и правой половин тела. При этом всегда существуют случайные отклонения от симметрии (например, различия в папиллярных линиях, ветвлении сосудов и расположении родинок на правой и левой руках человека). Часто существуют небольшие, но закономерные различия во внешнем строении (например, более развитая мускулатура правой руки у праворуких людей) и более существенные различия между правой и левой половиной тела в расположении **внутренних органов** (двусторонняя симметрия) — симметрия зеркального отражения, при которой объект имеет одну плоскость симметрии, относительно которой две его половины зеркально симметричны. Если на плоскость симметрии опустить перпендикуляр из точки A и затем из точки O на плоскости симметрии продолжить его на длину AO , то он попадёт в точку A_1 , во всё подобную точке A . Ось симметрии у билатерально симметричных

- У животных появление билатеральной симметрии в эволюции связано с ползанием по субстрату (по дну водоема), в связи с чем появляются спинная и брюшная, а также правая и левая половины тела. В целом среди животных билатеральная симметрия более выражена у активно подвижных форм, чем у сидячих.
- Билатеральная симметрия свойственна всем достаточно высокоорганизованным животным Билатеральная симметрия свойственна всем достаточно высокоорганизованным животным, кроме иглокожих Билатеральная симметрия свойственна всем достаточно высокоорганизованным животным, кроме иглокожих. В других царствах живых организмов билатеральная симметрия свойственна меньшему числу форм. Среди протистов она характерна для дипломонад Билатеральная симметрия свойственна всем достаточно высокоорганизованным животным, кроме иглокожих. В других царствах живых организмов билатеральная симметрия свойственна меньшему числу форм. Среди протистов она характерна для дипломонад (например, лямблий Билатеральная симметрия свойственна

■ Симметрия в химии

Симметрия важна для химии Симметрия важна для химии, так как она объясняет наблюдения в спектроскопии Симметрия важна для химии, так как она объясняет наблюдения в спектроскопии, квантовой химии Симметрия важна для химии, так как она объясняет наблюдения в спектроскопии, квантовой химии и кристаллографии.

- **Симметрия в религиозных символах**

- Симметрия в религиозных символах: ряд 1. христианском Симметрия в религиозных символах: ряд 1. христианском, иудейском Симметрия в религиозных символах: ряд 1. христианском, иудейском, даосийском;
ряд 2. исламском ряд 2. исламском, буддийском ряд 2. исламском, буддийском, синтоистском;
ряд 3. сикхском ряд 3. сикхском, в вере Бахаи ряд 3. сикхском, в вере Бахаи, индуистском.

- Предполагается, что тенденция людей видеть цель симметрии, является одной из причин, почему симметрия часто является неотъемлемой частью символов мировых религий. Вот лишь некоторые из многих примеров, изображённые на рисунке справа.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ