

Симметрия в живой и не живой природе

План

I Введение

II Понятие симметрии

1) Значение симметрии в познании природы

2) Виды симметрии

III Симметрия в живой природе. Симметрия и ассиметрия.

1) Симметрия в мире растений

IV Симметрия в не живой природе.

Введение

Симметрия - в широком смысле - неизменность при каких – либо преобразованиях.

В "Кратком Оксфордском словаре" симметрия определяется как "красота, обусловленная пропорциональностью частей тела или любого целого, равновесием, подобием, гармонией, согласованностью". По-гречески означает "соразмерность", которую древние философы понимали, как частный случай гармонии - согласования частей в рамках целого.

Симметрия является одной из наиболее фундаментальных и одной из наиболее общих закономерностей мироздания: неживой, живой природы и общества. С симметрией мы встречаемся всюду.

Понятие симметрии проходит через всю многовековую историю человеческого творчества.

Существует две группы симметрии:

1) Это симметрия положений форм, структур. Эта та симметрия, которую можно видеть. Её можно назвать **геометрической** симметрией.

2) Это симметрия физических явлений и законов природы. Именно эта симметрия лежит в самой основе естественнонаучной картины мира. Её можно назвать **физической** симметрией.

Например, если пятиконечную звезду повернуть на 360° , то она займет первоначальное положение, а будильник одинаково звенит в любом углу комнаты. Первый пример дает понятие об одном из видов геометрической симметрии — поворотной, а второй показывает важную физическую симметрию — равнозначность всех направлений пространства

Вот уже на протяжении тысячелетий человечество накопило многочисленные данные, свидетельствующие о наличии в окружающем мире двух тенденций:

- 1) Строгая упорядоченность, гармония;
- 2) Нарушению всего этого.

Люди давно обратили внимание на правильность формы кристаллов, цветов, пчелиных сот и других естественных объектов и попытались воспроизвести и передать через произведения искусства, так же в предметах, через понятие симметрии.

Слово «симметрия» имеет два толкования:

- 1) Соразмерность, пропорциональность в расположении частей по обе стороны от середины центра.
- 2) Равновесие.

Значение симметрии в познание природы

Идея симметрии у учёных часто являлась отправным пунктом в гипотезах и теориях, так же путеводной нитью при рассмотрении проблем мироздания. Наблюдая хаотическую россыпь звезд на ночном небе, мы понимаем, что за внешним хаосом скрываются вполне симметричные спиральные структуры галактик, а в них - симметричные структуры планетных систем. Симметрия внешней формы кристалла является следствием ее внутренней симметрии – упорядоченного взаимного расположения в пространстве атомов (молекул). Иначе говоря, симметрия кристалла связана с существованием пространственной решетки из атомов, так называемой кристаллической решетки.

Согласно современной точке зрения, наиболее фундаментальные законы природы носят характер запретов. *Они определяют, что может, а что не может происходить в природе. Так, законы сохранения в физике элементарных частиц являются законами запрета. А в мире элементарных частиц многие законы сохранения получены как правила, запрещающие те явления, которые никогда не наблюдаются в экспериментах.*

Всеобщность симметрии не только в том, что она обнаруживается в разнообразных объектах и явлениях. Всеобщим является сам принцип симметрии, без которого по сути дела нельзя рассмотреть ни одной фундаментальной проблемы.

Принципы симметрии лежат в основе теории относительности, квантовой механики, физики твердого тела, атомной и ядерной физики, физики элементарных частиц. Эти принципы наиболее ярко выражаются в свойствах законов природы.

Речь при этом идет не только о физических законах, но и других, например, биологических.

Примером биологического закона сохранения может служить закон наследования. В основе его лежат переход биологических свойств от одного поколения к другому. Вполне очевидно, что без законов сохранения (физических, биологических и прочих) наш мир попросту не смог бы существовать.

Следует выделить аспекты, без которых симметрия невозможна:

1) объект - носитель симметрии; в роли симметричных объектов могут выступать вещи, процессы, геометрические фигуры, математические выражения, живые организмы и т.д.

2) некоторые признаки - величины, свойства, отношения, процессы, явления - объекта, которые при преобразованиях симметрии остаются неизменными; их называют инвариантами или инвариантами.

3) изменения (объекта), которые оставляют объект тождественным самому себе по

инвариантным признакам; такие изменения называются преобразованиями симметрии;

4) свойство объекта превращаться по выделенным признакам в самого себя после соответствующих его изменений.

Важно подчеркнуть, что инвариант вторичен по отношению к изменению; покой относителен, движение абсолютно.

Таким образом, симметрия выражает сохранение чего-то при каких-то изменениях или сохранение чего-то, несмотря на изменение. Симметрия предполагает неизменность не только самого объекта, но и каких-либо его свойств по отношению к преобразованиям, выполненным над объектом. Неизменность тех или иных объектов может наблюдаться по отношению к разнообразным операциям – к поворотам, переносам, взаимной замене частей, отражениям и т.д. В связи с этим выделяют разные типы симметрии.

Виды симметрии

В отличие от искусства или техники, красота в природе не создаётся, а лишь фиксируется, выражается. Среди бесконечного разнообразия форм живой и неживой природы в изобилии встречаются такие совершенные образы, чей вид неизменно привлекает наше внимание.

Существует несколько видов симметрий:

Поворотная симметрия

Говорят, что объект обладает поворотной симметрией, если он совмещается сам с собой при повороте на угол $2\pi/n$, где n может равняться 2, 3, 4 и т.д. до бесконечности. Ось симметрии называется осью n -го порядка.

Переносная (трансляционная) симметрия

О такой симметрии говорят тогда, когда при переносе фигуры вдоль прямой на какое-то расстояние, а либо расстояние, кратное этой величине, она совмещается сама с собой.

Прямая, вдоль которой производится перенос, называется осью переноса, а расстояние, a – элементарным переносом или периодом. С данным типом симметрии связано понятие периодических структур или решеток, которые могут быть и плоскими, и пространственными.

Зеркальная симметрия

Зеркально симметричным считается объект, состоящий из двух половин, которые являются зеркальными двойниками по отношению друг к другу.

Трехмерный объект преобразуется сам в себя при отражении в зеркальной плоскости, которую называют плоскостью симметрии.

Достаточно взглянуть на окружающий нас реальный мир, чтобы убедиться в первостепенном значении именно зеркальной симметрии. И в самом деле, форма всех объектов, которые двигаются по земной поверхности или возле нее — шагают, плывут, летят, катятся, — обладает, как правило, одной более или менее хорошо выраженной плоскостью симметрии. Все то, что развивается или движется лишь в вертикальном направлении, характеризуется симметрией конуса, то есть имеет множество плоскостей симметрии, пересекающихся вдоль вертикальной оси. И то и другое объясняется действием силы земного тяготения, симметрия которого моделируется конусом. Если поместить буквы перед зеркалом, расположив его параллельно строке, то надо отметить, что те из них, у которых ось симметрии проходит горизонтально, можно прочесть и в зеркале. А вот те, у которых ось расположена вертикально или отсутствует вовсе, становятся «нечитаемыми».

Симметрии подобия

Представляют собой своеобразные аналоги предыдущих симметрий с той лишь разницей, что они связаны с одновременным уменьшением или увеличением подобных частей фигуры и расстояний между ними. Простейшим примером такой симметрии являются матрешки.

Перестановочная симметрия

Состоит в том, что если одинаковые частицы поменять местами, то никаких изменений не происходит.

Калибровочные симметрии

Связаны с изменением масштаба. В неживой природе симметрия прежде всего возникает в таком явлении природы, как кристаллы, из которых состоят практически все твердые тела. Именно она и определяет их свойства. Самый очевидный пример красоты и совершенства кристаллов - это известная всем снежинка.

Симметрия в живой природе. Симметрия и асимметрия

Симметрией обладают объекты и явления живой природы. Она не только радует глаз и вдохновляет поэтов всех времен и народов, а позволяет живым организмам лучше приспособиться к среде обитания и просто выжить.

В живой природе огромное большинство живых организмов обнаруживает различные

виды симметрий (формы, подобию, относительного расположения). Причем организмы разного анатомического строения могут иметь один и тот же тип внешней симметрии.

Внешняя симметрия может выступить в качестве основания классификации организмов (сферическая, радиальная, осевая и т.д.) Микроорганизмы, живущие в условиях слабого воздействия гравитации, имеют ярко выраженную симметрию формы.

Асимметрия присутствует уже на уровне элементарных частиц и проявляется в абсолютном преобладании в нашей Вселенной частиц над античастицами. Развитие Вселенной с момента ее зарождения выглядит как непрерывная последовательность нарушений симметрии.

В момент своего возникновения при грандиозном взрыве Вселенная была симметрична и однородна. По мере остывания в ней нарушается одна симметрия за другой, что создает возможности для существования все большего и большего разнообразия структур.

Молекулярная асимметрия открыта Л. Пастером, который первым выделил "правые" и "левые" молекулы винной кислоты: правые молекулы похожи на правый винт, а левые - на левый. Такие молекулы химики называют стереоизомерами.

Молекулы стереоизомеры имеют одинаковый атомный состав, одинаковые размеры, одинаковую структуру - в то же время они различимы, поскольку являются зеркально асимметричными, т.е. объект оказывается нетождественным со своим зеркальным двойником. Поэтому здесь понятия "правый-левый" - условны.

В настоящее время хорошо известно, что молекулы органических веществ, составляющие основу живой материи, имеют асимметричный характер, т.е. в состав живого вещества они входят только либо как правые, либо как левые молекулы. Таким образом, каждое вещество может входить в состав живой материи только в том случае, если оно обладает вполне определенным типом симметрии.

Например, молекулы всех аминокислот в любом живом организме могут быть только левыми, сахара - только правыми.

Это свойство живого вещества и его продуктов жизнедеятельности называют дисимметрией. Оно имеет совершенно фундаментальный характер. Хотя правые и левые молекулы неразличимы по химическим свойствам, живая материя их не только различает, но и делает выбор. Она отбраковывает и не использует молекулы, не обладающие нужной ей структурой. Как это происходит, пока неясно. Молекулы противоположной симметрии для нее яд.

Если бы живое существо оказалось в условиях, когда вся пища была бы составлена из молекул противоположной симметрии, не отвечающей дисимметрии этого организма, то

оно погибло бы от голода. В неживом веществе правых и левых молекул поровну. Дисимметрия - единственное свойство, благодаря которому мы можем отличить вещество биогенного происхождения от неживого вещества. Мы не можем ответить на вопрос, что такое жизнь, но имеем способ отличить живое от неживого.

Таким образом, асимметрию можно рассматривать как разграничительную линию между живой и неживой природой. Для неживой материи характерно преобладание симметрии, при переходе от неживой к живой материи уже на микроуровне преобладает асимметрия. В живой природе асимметрию можно увидеть всюду. В миллионе городах нет двоих неразлично схожих людей и не может быть, потому что **все живое неповторимо**.

Симметрия лежит в основе вещей и явлений, выражая нечто общее, свойственное разным объектам, тогда как асимметрия связана с индивидуальным воплощением этого общего в конкретном объекте. На принципе симметрии основан метод аналогий, предполагающий отыскание общих свойств в различных объектах. На основе аналогий создаются физические модели различных объектов и явлений. Аналогии между процессами позволяют описывать их общими уравнениями.

Симметрия в мире растений

Специфика строения растений и животных определяется особенностями среды обитания, к которой они приспособляются, особенностями их образа жизни. У любого дерева есть основание и вершина, "верх" и "низ", выполняющие разные функции. Значимость различия верхней и нижней частей, а также направление силы тяжести определяют вертикальную ориентацию поворотной оси "древесного конуса" и плоскостей симметрии.

Для листьев характерна зеркальная симметрия. Эта же симметрия встречается и у цветов, однако у них зеркальная симметрия чаще выступает в сочетании с поворотной симметрией. Нередки случаи и переносной симметрии (веточки акации, рябины).

Интересно, что в цветочном мире наиболее распространена поворотная симметрия, которая принципиально невозможна в периодических структурах неживой природы.

Симметрия в неживой природе

Симметрия проявляется в многообразных структурах и явлениях неорганического мира и живой природы. В мир неживой природы очарование симметрии вносят кристаллы. Каждая снежинка - это маленький кристалл замерзшей воды. Форма снежинок может быть очень разнообразной, но все они обладают симметрией – поворотной, зеркальной.

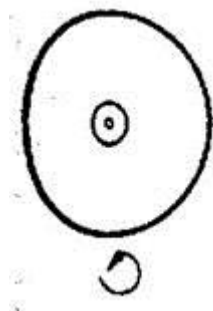
Кристалл - твердое тело, имеющие естественную форму многогранника. Для каждого существует своя, присущая только ему идеальная форма его кристалла. Эта форма обладает свойством симметрии т.е. свойством кристаллов совмещаться с собой в различных положениях путём поворотов, отражений, параллельных переносов. Среди элементов симметрии различаются оси симметрии, плоскости симметрии, центр симметрии, зеркальные оси. Внутреннее устройство кристалла представляется в виде пространственной решётки, в одинаковых ячейках которой, имеющих форму параллелепипедов, размещены по законам симметрии одинаковые мельчайшие частицы - молекулы, атомы, ионы и их группы. Многие, если не все, кристаллы более или менее легко раскалываются по некоторым строго определённым плоскостям. Это свидетельствует о том, что механические свойства не одинаковы, а разлагаются по разным направлениям.

Симметрия внешней формы кристалла является следствием его внутренней симметрии - упорядоченного взаимного расположения в пространстве атомов (молекул).

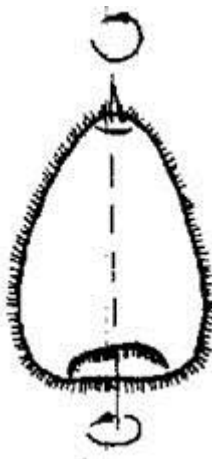
Симметрия в мире насекомых, рыб, птиц, животных

Типы симметрии у животных

1-центральная



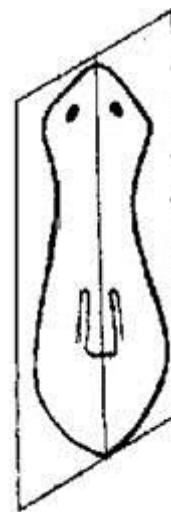
2-осевая



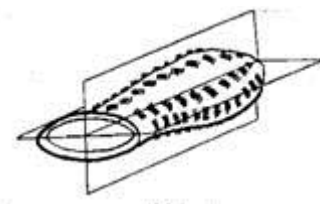
3-радиальная



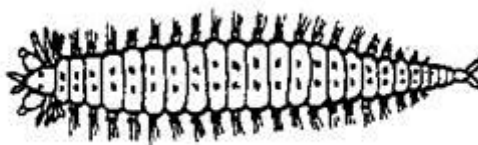
4-билатеральная



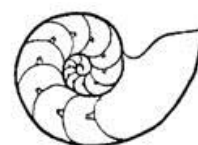
5-двулучевая



6-поступательная (метамерия)



7-поступательно-
вращательная



Ось симметрии. Ось симметрии - это ось вращения. В этом случае у животных, как правило, отсутствует центр симметрии. Тогда вращение может происходить только вокруг оси. При этом ось чаще всего имеет разнокачественные полюса.

Например, у кишечнополостных, гидры или актинии, на одном полюсе расположен рот, на другом - подошва, которой эти неподвижные животные прикреплены к субстрату (рис.1, 2,3). Ось симметрии может совпадать морфологически с переднезадней осью тела.

Плоскость симметрии

Плоскость симметрии - это плоскость, проходящая через ось симметрии, совпадающая с ней, и рассекающая тело на две зеркальные половины. Эти половины, расположенные друг против друга, называют **антимерами** (anti – против; mer – часть). Например, у гидры плоскость симметрии должна пройти через ротовое отверстие и через подошву. Антимеры противоположных половин должны иметь равное число щупалец, расположенных вокруг рта гидры. У гидры можно провести несколько плоскостей

симметрии, число которых будет кратно числу щупалец. У актиний с очень большим числом щупалец можно провести много плоскостей симметрии. У медузы с четырьмя щупальцами на колоколе число плоскостей симметрии будет ограничено числом, кратным четырём. У гребневигов только две плоскости симметрии - глоточная и щупальцевая (рис.1, 5). Наконец, у двусторонне-симметричных организмов только одна плоскость и только две зеркальные антимеры – соответственно правая и левая стороны животного (рис.1, 4, 6, 7).

Типы симметрии. Известны всего два основных типа симметрии – *вращательная и поступательная*. Кроме того, встречается модификация из совмещения этих двух основных типов симметрии – *вращательно-поступательная симметрия*.

Вращательная симметрия. Любой организм обладает вращательной симметрией. Для вращательной симметрии существенным характерным элементом являются *антимеры*. Важно знать, при повороте на какой градус контуры тела совпадут с исходным положением. Минимальный градус совпадения контура имеет шар, вращающийся около центра симметрии. Максимальный градус поворота 360, когда при повороте на эту величину контуры тела совпадут.

Если тело вращается вокруг центра симметрии, то через центр симметрии можно провести множество осей и плоскостей симметрии. Если тело вращается вокруг одной гетерополярной оси, то через эту ось можно провести столько плоскостей, сколько антимер имеет данное тело. В зависимости от этого условия говорят о вращательной симметрии определённого порядка. Например, у шестилучевых кораллов будет вращательная симметрия шестого порядка. У гребневигов две плоскости симметрии, и они имеют симметрию второго порядка. Симметрию гребневигов также называют двулучевой (рис.1, 5). Наконец, если организм имеет только одну плоскость симметрии и соответственно две антимеры, то такую симметрию называют *двусторонней или билатеральной* (рис.1, 4). Лучеобразно отходят тонкие иглы. Это помогает простейшим «парить» в толще воды. Шарообразны и другие представители простейших – лучевики (радиолярии) и солнечники с лучевидными отростками-псевдоподиями. «Глядя на них, так и кажется, что эти кружевные сплетения – не часть живых существ, а тончайшие ювелирные изделия, предназначенные украшать наряды морских

Поступательная симметрия. Для поступательной симметрии характерным элементом являются *метамеры* (meta – один за другим; mer – часть). В этом случае части тела расположены не зеркально друг против друга, а последовательно друг за другом вдоль главной оси тела.

Метамерия – одна из форм поступательной симметрии. Она особенно ярко выражена у кольчатых червей, длинное тело которых состоит из большого числа почти одинаковых сегментов. Этот случай сегментации называют **гомономной** (рис.1, 6). У членистоногих животных число сегментов может быть относительно небольшим, но каждый сегмент несколько отличается от соседних или формой, или придатками (грудные сегменты с ногами или крыльями, брюшные сегменты). Такую сегментацию называют **гетерономной**.

Вращательно-поступательная симметрия. Этот тип симметрии имеет ограниченное распространение в животном мире. Эта симметрия характерна тем, что при повороте на определённый угол часть тела немного проступает вперед и её размеры каждый следующий логарифмически увеличивает на определённую величину.

Таким образом, происходит совмещение актов вращения и поступательного движения.

Примером могут служить спиральные камерные раковины фораминифер, а также спиральные камерные раковины некоторых головоногих моллюсков (современный наутилус или ископаемые раковины аммонитов, рис. 1, 7). С некоторым условием к этой группе можно отнести также и некамерные спиральные раковины брюхоногих моллюсков.

Тип симметрии непременно входит в характеристику животных наряду с другими морфоэкологическими и физиологическими признаками, благодаря которым мы отличаем одни группы животных от других.

Всех животных делят на одноклеточных **и многоклеточных**. Наличие форм симметрии прослеживается уже у простейших – одноклеточных (инфузории, амёбы).

Многоклеточные подразделяются на Лучистых и Двусторонне-симметричных или Билатеральных.

Значение формы симметрии для животного легко понять, если поставить её в связь с образом жизни, экологическими условиями. Если окружающая животное среда со всех сторон более или менее однородна и животное равномерно соприкасается с ней всеми частями своей поверхности, то форма тела обычно **шарообразна**, а повторяющиеся части располагаются **по радиальным направлениям**.

Шарообразны многие радиолярии, входящие в состав так называемого **планктона**, т.е. совокупности организмов, взвешенных в толще воды и неспособных к активному плаванию; шарообразные камеры имеют немногочисленные планктонные представители фораминифер (простейшие, обитатели морей, морские раковинные амёбы. Фораминиферы заключены в раковинки разнообразной, причудливой формы. Раковинки обычно

многокамерные, построенные из двуокиси кремния), причём от этих камер принцесс», - так писал о радиоляриях П.Е.Васильковский. Лучевики - исключительно морские животные, ведущие планктонный образ жизни. Они «парят» в толще морской воды и идеально к этому приспособлены. Именно для этого «парения» служат иглы их скелета, увеличивающие площадь тела. Лучевики обладают минеральным сложно устроенным внутренним скелетом, который, с одной стороны, защищает тело простейшего, а с другой, способствует «парению» в воде в результате увеличения поверхности путём образования многочисленных игл. От тела во все стороны отходят многочисленные нитевидные отростки-псевдоподии.

Солнечники, в общем походят на лучевиков, но встречаются преимущественно в пресных водах. Шаровидное тело солнечников посылает во все стороны многочисленные тонкие, нитевидные радиально расположенные псевдоподии, тело лишено минерального скелета. Такой тип симметрии называют **равноосным**, так как он характеризуется наличием многих одинаковых осей симметрии.

Равноосная симметрия должна превратиться в **одноосную** вместе с переходом к сидячему или мало подвижному донному образу жизни; если, например, шарообразное тело приобретает стебелёк для прикрепления к субстрату, то ось симметрии должна будет проходить через стебелёк и сделается, таким образом, единственной. Примерами такой симметрии могут служить сидячие солнечники, жгутиковые, сосущие инфузории, бокалообразные губки. Тот же результат может получиться и при отсутствии стебелька, если животное постоянно обращено одним полюсом к субстрату, а другим вверх. При активном плавании одной стороной тела вперёд эта сторона также может дифференцироваться в передний конец тела, и симметрия сложится одноосная (например, овальные или веретенообразные жгутиковые и инфузории).

Во всех этих случаях соединяемые осью полюса тела находятся в неодинаковых экологических условиях и функционируют по-разному. Присутствие одной только оси симметрии не столь ещё характерно для данного типа (так, как и в других типах симметрии, кроме равноосного, ось также одна), но весьма характерно, то что через эту ось можно провести много плоскостей симметрии, из которых каждая разделит тело на две одинаковые половины; поэтому данный тип симметрии называют **полисимметрическим**.

Равноосный и полисимметрический типы встречаются преимущественно среди низкоорганизованных и малодифференцированных животных. Сидячие **одноосные полисимметрические** животные, усложняя свою организацию и приобретая различные органы, приобретают **лучевую или радиальную симметрию тела**, выражающуюся в

том, что органы располагаются в радиальных (лучистых) направлениях вокруг одной главной продольной оси. От числа повторяющихся органов зависит порядок радиальной симметрии. Так, если вокруг продольной оси располагается 4 одинаковых органа, то радиальная симметрия в этом случае называется **четырёхлучевой**. Если таких органов шесть, то и порядок симметрии будет **шестилучевым**, и т.д. Так как количество таких органов ограничено (часто 2,4,8 или кратное от 6), то и плоскостей симметрии можно провести всегда несколько, соответствующее количеству этих органов. Плоскости делят тело животного на одинаковые участки с повторяющимися органами. В этом заключается отличие радиальной симметрии от полисимметрического типа. Радиальная симметрия характерна для малоподвижных и прикрепленных форм (двух-, четырёх-, восьми – и шести -лучевые кораллы, гидра, медузы, актинии). Экологическое значение лучевой симметрии легко件нятно: сидячее животное окружено со всех боковых сторон одинаковой средой и должно вступать во взаимоотношения с этой средой при помощи одинаковых, повторяющихся в радиальных направлениях органов. Именно сидячий образ жизни способствует развитию лучистой симметрии.

Переход от лучевой или радиальной к **двусторонней или билатеральной симметрии** связан с переходом от сидячего образа жизни к активному передвижению в среде (от сидячести к ползанию по субстрату постоянно одним и тем же концом тела вперёд).

Для сидячих форм отношения со средой равноценны во всех направлениях: радиальная симметрия точно соответствует такому образу жизни. У активно перемещающихся животных передний конец тела становится биологически не равноценным остальной части туловища, происходит формирование головы, становятся различимы правая и левая сторона тела. Благодаря этому теряется радиальная симметрия, и через тело животного можно провести лишь одну плоскость симметрии, делящую тело на правую и левую стороны. **Двусторонняя симметрия** означает, что одна сторона тела животного представляет собой зеркальное отражение другой стороны. Такой тип организации характерен для большинства беспозвоночных, в особенности для кольчатых червей и для членистоногих – ракообразных, паукообразных, насекомых, бабочек; для позвоночных – рыб, птиц, млекопитающих. Впервые двусторонняя симметрия появляется у плоских червей, у которых передний и задний концы тела различаются между собой.

У кольчатых червей и членистоногих наблюдается ещё и **метамерия** – одна из форм **поступательной симметрии**, когда части тела располагаются последовательно друг за другом вдоль главной оси тела. Особенно ярко она выражена у кольчатых червей (дождевой червь). Кольчатые черви обязаны своим названием тому, что их тело состоит из ряда колец или сегментов (члеников).

Сегментированы как внутренние органы, так и стенки тела. Так что животное состоит примерно из сотни более или менее сходных единиц –*метамеров*, каждая из которых содержит по одному или по паре органов каждой системы.

Членики отделены друг от друга поперечными перегородками. У дождевого червя почти все членики сходны между собой. К кольчатым червям относятся полихеты – морские формы, которые свободно плавают в воде, роются в песке. На каждом сегменте их тела имеется пара боковых выступов, несущих по плотному пучку щетинок. Членистоногие получили своё название за характерные для них членистые парные придатки (как органы плавания, ходильные конечности, ротовые части). Для всех них характерно сегментированное тело. Каждое членистоногое имеет строго определённое число сегментов, которое остаётся неизменным в течение всей жизни.

Зеркальная симметрия хорошо видна у бабочки; симметрия левого и правого проявляется здесь с почти математической строгостью. Можно сказать, что каждое животное, насекомое, рыба, птица состоит из двух *энантиоморфов* – правой и левой половин. Так, энантиоморфами являются правое и левое ухо, правый и левый глаз, правый и левый рог и т.д.

Упрощение условий жизни может привести к нарушению двусторонней симметрии, и животные из двусторонне-симметричных становятся радиально-симметричными. Это относится к иглокожим (морские звёзды, морские ежи, морские лилии, офиуры). Все морские животные имеют радиальную симметрию, при которой части тела отходят по радиусам от центральной оси, подобно спицам колеса. Степень активности животных коррелирует с их типом симметрии. Радиально-симметричные иглокожие обычно мало подвижны, перемещаются медленно или же прикреплены к морскому дну. Тело морской звезды состоит из центрального диска и 5-20 или большего числа радиально отходящих от него лучей. На математическом языке эту симметрию называют поворотной **симметрией**. У морской звезды и панциря морского ежа – **поворотная симметрия 5-го порядка. Это симметрия, при которой объект совмещается сам с собой при повороте вокруг поворотной оси 5 раз.** Вся кожа морских звёзд как бы инкрустирована мелкими пластинками из углекислого кальция, от некоторых пластинок отходят иглы, часть которых подвижна. У офиур лучи длинные и тонкие. Морские ежи похожи на живые подушечки для булавок; шаровидное тело их несёт длинные и подвижные иголки. У этих животных известковые пластинки кожи слились и образовали сферическую раковину панцирь. В центре нижней поверхности имеется рот. Амбулакральные ножки (воднососудистая система) собраны в 5 полос на поверхности раковины.

Рассмотрим ещё один тип симметрии, который встречается в животном мире. Это **винтовая или спиральная симметрия**. **Винтовая симметрия** есть симметрия относительно комбинации двух преобразований - поворота и переноса вдоль оси поворота, т.е. идёт перемещение вдоль оси винта и вокруг оси винта. Встречаются **левые и правые винты**. Примерами природных винтов являются: бивень нарвала (небольшого китообразного, обитающего в северных морях) – левый винт; раковина улитки – правый винт; рога памирского барана – энантиоморфы (один рог закручен по левой, а другой по правой спирали). Спиральная симметрия не бывает идеальной, например, раковина у моллюсков сужается или расширяется на конце.

Хотя внешняя спиральная симметрия у многоклеточных животных встречается редко, зато спиральную структуру имеют многие важные молекулы, из которых построены живые организмы – белки, дезоксирибонуклеиновые кислоты - ДНК. Подлинным царством природных винтов является мир «живых молекул» - молекул, играющих принципиально важную роль в жизненных процессах. К таким молекулам относятся прежде всего молекулы **белков**. В человеческом теле насчитывают до 10 типов белков.

Все части тела, включая кости, кровь, мышцы, сухожилия, волосы, содержат белки. Молекула белка представляет собой цепочку, составленную из отдельных блоков, и закрученную по правой спирали. Её называют **альфа-спиралью**. За открытие альфа-спирали американский учёный Лайнус.

Полинг получил Нобелевскую премию, самую высшую награду в научном мире.

Молекулы волокон сухожилий представляют собой тройные альфа-спирали.

Скрученные многократно друг с другом альфа-спирали образуют молекулярные винты, которые обнаруживаются в волосах, рогах, копытах.

Исключительно важную роль в мире живой природы играют молекулы дезоксирибонуклеиновой кислоты – ДНК, являющейся носителем наследственной информации в живом организме. Молекула ДНК имеет структуру **двойной правой спирали**, открытой американскими учёными Уотсоном и Криком. За её открытие они были удостоены Нобелевской премии. Двойная спираль молекулы ДНК есть главный природный винт.

Отметим, наконец, **билатеральную симметрию человеческого тела** (речь идёт о внешнем облике и строении скелета). Эта симметрия всегда являлась и является основным источником нашего эстетического восхищения хорошо сложенным человеческим телом.

Наша собственная зеркальная симметрия очень удобна для нас, она позволяет нам двигаться прямолинейно и с одинаковой лёгкостью поворачиваться вправо и влево. Столь же удобна зеркальная симметрия для птиц, рыб и других активно движущихся существ.