# Государственный Университет Управления

Институт Информационных Систем Управления

# Специальность Информационные системы в управлении

## РЕФЕРАТ

На тему

### **ПРОЯВЛЕНИ СИММЕТРИИ В РАЗЛИЧНЫХ ФОРМАХ МАТЕРИИ**

Выполнен студенткой

Студенческий билет

Группа

Дата выполнения работы

 Руководитель

 **Оглавление стр**

I.Введение……………………………………………………………………. 3

II.Главная часть……………………………………………………………….3-32

 2.1.Типы симметрии…………………………………………………….3-10

 2.11.Пространственно-временные и внутренние симметрии…….3-5

 2.12.Одно- и двумерная симметрии………………………………..5-7

 2.13.Континуумы,семиконтинуумы,дисконтинуумы……………..7-10

 2.2.Кристаллы…………………………………………………………..10-19

 2.21 История познания кристаллографической симметрии………..10-14

 2.22. Симметрия кристаллов………………………………………….14-19

 2.3. Биосимметрия……………………………………………………….20-32

 2.31. Структурная-молекулярная…………………………………….20-23

 2.32. Структурная-морфологическая………………………………..23-27

 2.33.Структурная-неоклассическая………………………………….27-29

 2.34. Геометрическая и динамическая………………………………29-32

III.Заключение………………………………………………………………...32-33

 IV.Список литературы………………………………………………………..34

В данном реферате рассмотрены основные типы симметрии: пространственно-временные, внутренние, одно- и двумерные. Проявления этих видов симметрии показаны на примере кристаллов. Также рассмотрена биосимметрия, включающая в себя одно из важных проявлений симметрии – симметрию молекул.

### I.Введение

Симметрия – это такая особенность природы, про которую принято говорить, что она охватывает все формы движения и организации материи.Истоки понятия симметрии восходят к древним.Наиболее важным открытием древних было осознание сходства и различия правого и левого. Здесь природными образцами им служили собственное тело, а также тела животных, птиц и рыб.

 Вот что написал русский исследователь, ученый ломоносовского склада, энциклопедист В.И. Вернадский в своей работе «Химическое строение биосферы Земли и ее окружения»: «…чувство симметрии и реальное стремление его выразить в быту и в жизни существовало в человечестве с палеолита или даже с эолита, то есть с амых длительных периодов в доистории человечества, который длился для палеолита около полмиллиона лет, а для эолита – миллионы лет. Это чувство и связанная с ним работа, еще резко и интенсивно меняясь, сказывались и в неолите 25 000 лет тому назад».

Можно вспомнить также великолепные памятники архитектуры глубокой древности, где пространственные закономерности проявляются особенно ярко. Это храмы древнего Вавилона и пирамиды Гизы, дворец в Ашшуре. Итак, с глубокой древности, начиная, по-видимому с неолита, человек постепенно осознал и пытался выразить в художественных образах тот факт, что в природе, кроме хаотического расположения одинаковых предметов или их частей, существуют некоторые пространственные закономерности. Они могут быть совсем простыми – последовательное повторение одного предмета, более сложными – повороты или отражения в зеркале. Для того, чтобы точно выразить эти закономерности, нужны были специальные термины. По преданию, их придумал Пифагор Регийский.

Термином «симметрия», что в буквальном смысле значит соразмерность (пропорциональность, однородность, гармония), Пифагор Регийский обозначил пространственную закономерность в расположении одинаковых частей фигуры или самих фигур. Симметрия может проявляться в перемещениях, поворотах или отражениях в зеркале.

II

1. ТИПЫ СИММЕТРИИ

2.1.1**Пространственно-временные и внутренние симметрии**

Среди разных типов симметрии различают пространственно-временные симметрии и внутренние симметрии.

 А) Пространственно-временные симметрии являются наиболее общими симметриями природы. Их можно разделить на симметрии, связанные с непрерывными и дискретными преобразованиями.

 К непрерывным преобразованиям относятся следующие.

1. Перенос(сдвиг) системы как целого в пространстве. Симметрия физических законов относительно сдвигов в пространстве означает эквивалентность всех точек пространства, то есть отсутствие в пространстве каких-либо выделенных точек (однородность пространства).
2. Изменение начала отсчета времени (сдвиг во времени); симметрия относительно этого преобразования означает эквивалентность всех моментов времени (однородность времени), благодаря которой физические законы не меняются со временем.
3. Поворот системы как целого в пространстве; симметрия физических законов относительно этого преобразования означает эквивалентность всех направлений в пространстве (изотропию пространства).
4. Переход к системе отсчета, движущейся относительно данной системы с постоянной (по направлению и величине) скоростью. Симметрия относительно этого преобразования означает, в частности, эквивалентность всех инерциальных систем отсчета.

 Симметрия относительно первых двух преобразований приводит к законам сохранения импульса и энергии, а симметрия относительно поворотов - к закону сохранения момента и равномерному прямолинейному движению центра инерции физической системы (в иенрциальной системе координат).

 Среди дискретных пространственно-временных симметрий различают СРТ-симметрию и зеркальную симметрию.

 1) Из свойств пространства и основных положений квантовой теории поля следует, что для любой частицы, обладающей каким-либо зарядом, должна существовать симметричная ей античастица(обладающая той же массой, временем жизни и спином, но с противоположным значением заряда)), а также необходимость определенной симметрии между движениями частиц и античастиц. Основной для указанной симметрии является то, что одновременное отражение всех пространственных осей (Р) и временной оси (Т)(то есть переход к зеркальной системе пространственных координат и отсчет времени в обратном напрвлении) формально сводится к реальному повороту. Поютому теория, удовлетворяющая требованиям релятивистской инвариантности должна быть инвариантна и относительно так называемого слабого отражения(РТ)

 Поскольку при слабом отражении энергия и импульс частиц меняются на противоположные значения, инвариантность теории относительно слабого отражения, казалось бы, приводит к существованию физически недопустимых состояний с отрицательными энергиями. В квантовой теории поля это можно устранить, истолковав движение частиц с отрицательными энергиями как обращенное по времени, зеркально симметричное движение частиц с положительной энергией, но с противоположным значением заряда. Таким образом, необходимость существования античастиц следует из требования релятивистской инвариантности и положительности энергии. Законы природы оказываются, следовательно, симметричными относительно так называемого сильного отражения (СРТ) и зарядового сопряжения (то есть перехода от частиц к античастицам). Это утверждение составляет содержание теоремы СРТ, согласно которой для любого движения частиц может осуществляться в природе симметричное ему движение античастиц.

2)Зеркальная симметрия осуществляется в процессах, вызываемых сильными и электро-магнитными взаимодействиями, а также в системах, связанных с помощью этих взаимодействий (атомах,атомных ядрах,молекулах,кристаллах и т.д.). Наличие зеркальной симметрии означает, что для любого процесса, обусловленного сильным или электро-магнитным взаимодействием, с равной вероятностью могут осуществляться два зеркально-симметричных перехода. Это обуславливает, например, симметричность относительно плоскости, перпендикулярной спину, углового распределения квантов, испускаемых поляризованными ядрами. Зеркально-симметричные состояния отличаются друг от друга противоположными направлениями скоростей (импульсов) частиц и электрических полей и имеют одинаковые направления магнитных полей и спинов частиц.

Б) Под внутренней симметрией понимают симметрию между частицами (в квантовой теории поля – между полями) с различными внутренними квантовыми числами. Среди различных внутренних симметрий можно выделить глобальные симметрии и локальные симметрии.

Примером глобальной симметрии является инвариантность лагранжиана относительно следующих калибровочных преобразований входящих в него полей:

 (1)

Где α-произвольное число, а числа Qi фиксированы для каждого поля ψi. Эта инвариантность приводит к аддитивному закону сохранения заряда ∑Qi = const.Наряду с электрическими в качестве зарядов могут выступать и др. заряды: бариооный, лептонный, странность и т.д.

Симметрия (1) называется глобальной симметрией, если параметр преообразования α не зависит от пространственно – временных координат точки, в которой рассматривается поле.

Если параметры преобразований для глобальных симметрий можно расссматривать как произвольные функции пространственно-временных координат, то говорят, что соответствующие симметрии выполняются глобально.

2.1.2.**Одно- и двумерная симметрии**

Изучение симметрии кристаллических ребер и рядов ионов,атомов и молекул, слагающих кристалл, привело к необходимости вывода всех одномерных групп симметрии. Все операции одномерной симметрии оставляют инвариантной одну особенную прямую. Изучение же симметрии граней и молекулярных, атомных, ионных слоев кристаллов привело к необходимости вывода всех двумерных групп симметрии. В последних операции симметрии оставляют инвариантной одну особенную плоскость.

Симметрия одномерная характерна для фигур с одним особенным направлением – бордюров, лент, стержней, названия которых недвусмысленно говорят об их происхождении. Однако названия эти употребляются здесь не в обычном житейском смысле, а как родовые обозначения для определенных совокупностей явлений.

Бордюры – это фигуры без особенных точек, но сединственной осью переносов и особенной полярной плоскостью. К ним относятся обычные бордюры, применяемые для украшения проходов в метро, стен, колонн, пилястр, ребра кристаллов, побеги растений, некоторые биологические мембраны и т.д. Их симметрия исчерпывается всего семью группами, составленными из осей переносов, обычных и «скользящих» плоскостей, простых осей второго порядка.

Ленты – это фигуры без особенных точек, но с единственной осью переносов и проходящей через нее полярной или неполярной плоскостью. Бордюры, таким образом, - ленты с особенной полярной плоскостью. К ним относятся всевозможные борьеры, садовые решетки, заборы, биологические мембраны и т.д. Доказано, что в лентах может быть только 6 элементов симметрии: простая двойная ось, центр и плоскость симметрии, ось переносов, двойная винтовая ост и плоскость скользящего отражения.Таким образом для лент характерно отсутствие осей симметрии выше второго порядка. Объяснение этого простое: оси порядка выше двух вызывали бы существование нескольких транслякционных осей либо нескольких особенных плоскостей, что противоречит первоначальным условиям.

Стержни – это фигуры без особых точек и плоскостей, но с единственным особым направлением, осью стержня, с которой, кроме оси переносов, могут совпадать винтовые, зеркально-поворотные, простые поворотные оси любого порядка. Таким образом, бордюры и ленты – стержни особого рода. Примеры стержней – цепи, плетеные канаты, цепные полимерные молекулы, лучи простого и поляризованного света, силовые линии и т.д. На оси стержня можно располагать фигуры с самыми различными, но не выходящими за пределы особого направления элементами симметрии; из всех фигур с особой точкой для этой цели пригодны ,таким образом, все конечные фигуры, кроме правильных многогранников, содержащих косые оси. Размножение фигур по оси стержня производится с помощью элементов симметрии бесконечных (транслякционные и винтовые оси, плоскость скользящего отражения), а также промежуточных элементов конечных фигур (центра симметрии, поперечной оси второго порядка, зеркально-поворотной оси, поперечной плоскости симметрии). Существует бесконечное множество видов симметрии стержней, сводимых к 17 гтипам, кристаллографических групп симметрии – 75.

Симметрия двумерная присуща фигурам с двумя особенными направлениями: сетчатым орнаментам и слоям, названия которых по происхождению хотя и связаны с определенного рода бытовыми вещами, тем не менее также служат лишь родовыми понятиями для обозначения двух гораздо более широких явлений.

Сетчатый орнамент – это фигура без особенной точки, с особенной полярной плоскостью и двумя осями переносов. Примерами его являются плоские орнаменты кристаллических граней, образованные атомами, ионами и молекулами, клеточек биологических срезов и т.д. Бесконечный сетчатый орнамент применяется человеком при производстве паркетных полов, бумажных обоев, ковров и т .д.

Фигуры односторонней разетки симметрии *n* или *n∙m* (*n* - ось симметрии порядка *n*, *m* - плоскость, точка – знак прохождения *n* штук плоскостей *m* вдоль оси *n*) при их размножении в двух взаимно перпендикулярных направлениях посредством непрерывных переносов *а’* и *а’* приводят к односторонним плоским континуумам двоякого рода: *а’: а’: n∙m*; *а’: а’: n* (*n* = 1:∞)(здесь двоеточие-знак перпендикулярности). Таким образом, возможно бесконечное множество отличных от евклидовых односторонних плоскостей. Замечательно, что только при *n* = ∞ мы получаем вполне изотропную: 1) Обыкновенную одностороннюю плоскость симметрии *а’: а’: ∞∙m,*которой отвечает, например, гладкая поверхность воды, отражающая световые лучи; 2) правую и левую односторонние плоскости симметрии *а’: а’: ∞,* которой отвечает поверхность оптически активного раствора, вращающего плоскость линейно поляризованного света вправо или влево. Для биологических систем наиболее характерны плоскости именно двух последних родов (изомерийные).

Всем остальным видам симметрии ( *n ≠ ∞*) отвечают анизотропные плоскости; формуле *а’*: *а’*:1отвечают правые и левые асимметричные в смысле симметрии размножаемых точек плоскости. Их моделями могут служить бесконечные односторонние поверхности с равномерно и беспорядочно распределенными на них асимметричными молекулами или однородные сообщества высших растений, рассмотренные с высоты птичьего полета.

От односторонних плоских континуумов легко перейти к односторонним семиконтинуума - бесконечным плоским фигурам, прерывным в одних и непрерывным в других направлениях. Примеры их - система начерченных на бумаге параллельных полос, плоский ряд карандашей и т. д. Их симметрия исчерпывается всего 7 видами. Причем если отбросить в формулах симметрии плоских односторонних семиконтинуумов символ непрерывной оси переносов, то получается 7 формул симметрии уже известных нам бордюров. Это значит, что плоские односторонние семиконтинуумы - это обыкновенные бордюры, до бесконечности вытянутые в ширину.

Слои – это фигуры без особенных точек, с особенной, не обязательно полярной плоскостью и двумя осями переносов. Таким образом, сетчатые орнаменты - лишь особого рода слои. Примерами слоев являются складчатые слои полипептидных цепей, тончайшие пленки, прозрачные двусторонние вывески и т. д.

Вывод видов симметрии двусторонних плоских континуумов осуществляется размножением фигур двусторонней розетки посредством двух взаимно перпендикулярных непрерывных переносов. Так как число групп симметрии двусторонних розеток бесконечно, то бесконечно и число групп симметрии двусторонних плоских континуумов.

Двусторонний плоский семиконтинуум можно получить посредством двух взаимно перпендикулярных переносов прямой линии, обладающей той или иной симметрией ленты. В качестве примера плоского двустороннего семиконтинуума можно взять систему тонких натянутых на плоскости равноотстоящих друг от друга проволок.

 2.1.3.**Континуумы, семиконтинуумы, дисконтинуумы**

Теперь возвратимся к фигурам с трехмерной симметрией, но уже как к симметрическим пространствам – трехмерным дисконтинуумам, семиконтинуумам и континуумам.

Уже из философских положений: 1) пространство и время – формы существования материи,2)движение – сущность пространства и времени,3)существуют качественно различные, взаимно превращающиеся виды материи и формы ее движения – вытекают выводы о существовании качественно различных взаимно превращающихся конкретных форм пространства и времени.

Данные о континуумах, семиконтинуумах и дисконтинуумах также подтверждают эти утверждения. Они с новой и очень своеобразной стороны выявляют связь симметрии с пространством и временем.

Очевидно кристаллы в отношении их атомов,ионов и молекул можно рассматривать как дискретные трехмерные пространства – дисконтинуумы.

Помимо дискретных – анизотропных и неоднородных – пространств в теории различают еще и дискретные в одних и непрерывные в других направлениях пространства – семиконтинуумы I и II рода. Семиконтинуумы, будучи явлениями, переходными между континуумами и дисконтинуумами и одновременно их единством, с новых сторон выявляют диалектику пространства.

Пространственные (трехмерные) семиконтинуумы I рода могут быть получены трансляцией плоских континуумов вдоль перпендикуляра к ним. Число групп симметрии пространственных семиконтинуумов I рода бесконечно.Можно привести несколько примеров таких пространств в природе. Они проявляются, например, в так называемых смектических жидких кристаллах. Последние состоят из пленок толщиной в 1-2 молекулы, пленки лежат друг на друге, как листы в стопке бумаги, причем молекулы в них одной своей осью расположены параллельно друг другу, а двумя другими нет. Другие примеры-поле стоячих ультразвуковых волн в жидкости, образованное сгущениями и разряжениями последней, а также однородное световое поле, которое можно рассматривать как семиконтинуум для плоских волн.

Пространственные семиконтинуумы II рода могут быть получены переносом любых из одно- и двусторонних плоскостей, обладающих симметрией бесконечных слоев. Простейшие примеры семиконтинуумов II рода дает практика: с ними мы сталкиваемся при укладке стержней- бревен, труб и т.д.

Перейдем теперь к рассмотрению полностью непрерывных во всех трех направлениях пространств-континуумов. Пространственные континуумы могут быть получены путем трех непрерывных взаимно перпендикулярных переносов элементарных объектов, обладающих симметрией конечных фигур.

Примером симметрических пространственных континуумов являются разнообразные физические поля. Евклидово пространство – также один из примеров таких континнумов. Его можно получить непрерывным «размножением» в трех направлениях точки, обладающей симметрией обыкновенного шара( ∞/∞∙*m*). Пространство уже обычного электрического поля, в котором направление «вперед» (по силовым линиям) отлично от направления «назад» (против силовых линий), существенно отличается от пространства Евклида. Такой континуум можно получить непрерывным переносом в трех взаимно перпендикулярных направлениях одной точки с симметрией обыкновенного круглого конуса(∞∙*m*).

Как известно, в теории относительности была впервые выявлена глубокая связь двух фундаментальных континуумов – пространственного и временного. Поэтому особое значение среди различных физических континуумов придается пространственно-временному, описываемому ортохронной группой преобразований Лоренца. Она состоит из: 1) группы вращений в пространственно-временных плоскостях на чисто мнимый угол,2) группы трехмерных вращений, 3) группы пространственной инверсии.

Основной вывод, неизбежно следующий из рассмотрения свойств одно-, дву-, трех-,четырех-,…,*n*-мерных континуумов, семиконтинуумов и дисконтинуумов, - это вывод о бесконечном – количественном и качественном разнообразии и одно- и двусторонних превращениях, переходах одних реальных пространств и времен в другие.

Эти же выводы подтверждаются и общей теорией относительности, согласно которой в «большом» – в масштабах Метагалактики – реальное пространство- время глубоко неоднородно и неизотропно, хотя в «малом» (например, в масштабах Солнечной ситемы) это пространство-время псевдоевклидово. Однако это подход к малому пространству и времени только с одной точки зрения. Тоже малое даже в бесчисленном множестве «совсем малых» пространств и времен, если его рассматривать уже с позиции геометрической симметрии, вернее кристаллографических аспектов, обнаруживает также бесконечное разнообразие Материалы о плоских и трехмерных реальных континуумах, семиконтинуумах и дисконтинуумах доказывают это совершенно строго.Приведем новые подтверждения развиваемых здесь положений из области квантовой физики твердого тела.

Известно, что все атомы правилбной кристаллической решетки в некотором приближении одинаковы. Они подобны музыкальным струнам, настроенным на одну и ту же частоту, и вследствие этого при возбуждении колебаний в одном из них способны резонировать, что приводит к волне, бегущей через весь кристалл. Природа этих волн может быть очень разнообразной - звуковой, магнитной, электрической и т.д. Согласно общим законам квантовой механики, эти волны возникают и передаются только в виде квантов энергии. Последние во многом аналогичны обычным частицам, и их называют квазичастицами. Поскольку природа их определяется структурой и химическим составом кристаллов, то их разнообразие значительно более широко, чем разнообразие истинных частиц.Сейчас известны такие квазичастицы, как фотоны (кванты звука), электроны проводимости, магноны (спиновые волны), эквитоны, поляритоны (светоэкзитоны) и многие дручие. Важность введения квазичастиц в теорию твердого тела состояла в том, что во многих случаях кристалл оказалось возможным трактовать с позиций невзаимодействующих или слабо взаимодействующих квазичастиц.

Известно, что механику истинных частиц пронизывает принцип относительности, выраженный лоренцовыми преобразованиями. Этот принцип выражает однородность, изотропность пространства и однородность времени, с которыми связаны разные законы сохранения. Это проявляется также и в универсальности для механики всех истинных частиц зависимости энергии *E* от импульса *p:* \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

 *Е=√ E +c p*

Где *Е т с -*энергия покоя, *т* – масса поко, *с* – скорость света в вакууме.

Если *с/м<<c*, то есть вне релятивистской области, то *Е=р /2т*.

Это обычный квадратичный закон дисперсии.

Однако с переходом к квазичастицам положение радикально меняется! И это прямо связано с резко иным характером малых кристаллических пространств по сравнению с «пустым» пространством малого. Очень четко и интересно резюмируют результаты такого перехода И.М. Лившиц и В.М. Агранович. Они пишут, что для квазичастиц положение радикально меняется, потому что «квазичастицы не в пустом пространстве,, не в вакууме, а в кристаллическом пространстве, которое имеет симметрию, отвечающую соответствующей пространственной группе кристалла. В связи с этим имеется выделенная система отсчета и нет прежнего принципа относительности. Поэтому нет и закона дисперсии, который имеет место для истинных частиц. Вместо этого возникает сложный закон дисперсии *Е=Е(р),* причем вместо импульса приходится говорить о квазиимпульсе, ибо пространство уже неоднородно и закон сохранения импульса, который является точным законом в однородном пространстве, в кристаллическом пространствевыполняется с точностью до целочисленного вектора обратной решетки, умноженной на *h*.

Закон дисперсии для квазичастиц существенно отличается от элементарного закона *Е=р /2т*. Во-первых, *Е(р)* – периодическая функция р с периодом, равным периоду обратной решетки, умноженному на h. Во- вторых, имеется, вообще говоря, резкая анизотропия этого закона дисперсии и, следовательно, анизотртпия всех свойств, определяемых квазичастицами»ю

Далее. Для истинных частиц в зависимости Е=р /2т каждому Е соответствуют поверхности, называемые поверхностями Ферми. В данном случае это просто сферы, радиус которых растет пропорционально √Е. Для квазичастиц уже в пространстве квазиимпульсов функции Е=Е(р) при каждом заданном Е соответствует периодически повторяющийся набор поверхностей Ферми, которые иногда могут смыкаться в одну поверхность, проходящую через все пространство. Придавая Е различные значения и изображая графически в итоге всю функцию Е= Е(р), можно передать рисунком все черты динамики квазичастиц. Получающиеся при таком подходе изображения топологически очень сложны и чрезвычайно напоминают абстрактные скульптуры. Они резко отличаются от примитивных по форме сфер.

Подобно истинным частицам одни из квазичастиц подчиняются статистике Бозе- Эйнштейна и являются, стало быть, бозонами, другие – Ферми-Дирака и являются фермионами.Но не всегда статистика квазичастиц совпадает со статистикой истинных частиц. Так, в системе электронов имеются квазичастицы-плазмоны, являющиеся бозонами, хотя, как известно, свободные электроны являются фермионами.

2.КРИСТАЛЛЫ

 *­­­­­­­*

2.2.1. **История познания кристаллографической симметрии**

Под кристаллографической симметрией в узком, или точном, смысле обычно понимают такую симметрию (кристаллов), группы которой могут быть полностью описаны с помощью простых, винтовых и зеркальных осей 1,2,3,4 и 6-го порядка оси переносов и плоскости скользящего отражения. При этом трансляции, связанные с плоскостями скользящего отражения и винтовыми осями, часто представляются конечными.

Кристаллографическая, или структурная, симметрия в широком смысле от этих ограничений освобождена. Она включает первую как свой частный случай и стало быть в принципе может быть представленагруппами и симметрией, опивываемыми простыми, зеркальными и винтовыми осями любых, в том числе 5,7,8,…,∞ порядков, а также осями переносов и плоскостями скользящего отражения.

В истории познания Кристаллографической симметрии следует остановиться на трех моментах, характеризующих диалектичность процесса познания.

Во-первых, познание симметрии кристаллов и кристаллографической симметрии шло по спиралям путем отрицания отрицания. Именно: от живого созерцания – блещущей внешней формы кристаллов – к абстрактному мышлению – их внутреннему решетчатому строению, а от него, с одной стороны, к практике – к величайшему использованию кристаллов в производстве и в быту, с другой- снова к внешней форме кристаллов, но увиденной уже и изнутри.

Во-вторых, в познании кристаллографической симметрии весьма интересна сама история названия этого вида симметрии.Учение о ней, первоначально воз­никнув вне связи с изучением кристаллов, а затем тесно с ним переплетаясь и получив свое наименова­ние, решительно вышло — не без старания самих кри­сталлографов — за рамки чисто «кристаллического» представления о симметрии. И здесь снова шел слож­ный диалектический процесс познания.

Третий момент отмечен В. И. Вернадским: «Кристаллография, — пишет он, — стала наукой только тогда, когда первые основатели кристаллографии в XVII в. Гульельмини и Стеноп, а главным образом в XVIII в. Роме де Лиль, Гаюи правильно приняли за основу построения научного исследования одно свойство природных кристаллов как основное и оста­вили без внимания отклонения в наружной форме кристаллов от идеальных многогранников геометрии как вторичные. Этим единым исходным свойством был принят правильно закон постоянства гранных углов, открытый независимо Гульельмини и Стснсепом, так называемый закон Стенопа. Вторичными свойствами явились размеры и форма кристаллических пло­скостей и ребер кристаллических многогранников. Ис­ходя из этого построили реальные полиэдры—модели природных кристаллов, в которых ребра и плоскости, теоретически являющиеся функцией гранных углов, выявились в своей реальной величине и форме, на­рушенных в природных кристаллах проявлением по­верхностных сил.

Эти силы оставлены были вначале без внимания.

 Так получились идеальные полиэдры геометрии. Такие полиэдры были впервые построены Роме де Лилем в XVIII столетии. Они называются кристалли­ческими многогранниками». Идеальные по своей форме кристаллы стали рассматриваться как... реальные систинной симмет­рией*,* а отклоняющиеся от них — как ложные с ис­каженнойсимметрией. Первые в природе встречаются один на одну или даже несколько тысяч, с большим трудом их удается получить в лабораторных усло­виях. Вторые составляют, если можно так выразить­ся, сверхподавляющую часть природных кристаллов. Они легко получаются в лабораторных условиях.

Результат такой ориентации известен: на протяже­нии столетий наиболее часто встречающиеся, а потому поистине реальные «ложные» кристаллы с искажен­ной симметрией оставались вне поля зрения кристал­лографов, что отрицательно сказалось на общем уров­не учения о реальных кристаллах, Се.ичас положение выправляется. И все же в таких поворотах внимания кристаллографов было некоторое оправдание: невоз­можно изучать само отклонение, не зная того, от чего оно отклоняется...

Закон постоянства гранных углов Стенона впослед­ствии дал начало учению о морфологической симмет­рии кристаллов — основе учения о симметрии любых фигур с особенной точкой. Напомним слова А.В Шубникова об особенных элементах фигуры: «Точка (пря­мая, плоскость) фигуры (или ее части) называется особенной, если она совмещается с собою всеми опе­рациями фигуры (или ее части). Особенные геомет­рические элементы существуют в фигурах в единст­венном числе». Центр сферы, ось конуса, поперечная плоскость цилиндра—соответственно особенные точка, линия, плоскость; трехмерное пространство в класси­ческом учении о пространственной симметрии кристал­лов — также особенный геометрический элемент.

Существует несколько наименований фигур с осо­бенными точками. Чаще всего их называют конеч­ными или строже точечными фигурами*,* реже — фи­гурами симметрии нулевогоизмерения. Последние мо­гут быть разделены на две категории: фигуры без особенных плоскостей и фигуры с особенными плоско­стями. Все платоновы тела и шар принадлежат к фигурам первой категории. К фигурам второй кате­гории принадлежат так называемые розетки (одно- и двусторонние). Примеры односторонних розеток — фигуры пуговицы, цветка растения, насекомого, дет­ской бумажной вертушки, фигуры травления на гра­нях кристалла; примеры двусторонних розеток - ре­шетки ворот, колеса, кольца, платки с одинаковым ри­сунком с обеих сторон, буквы без лица и изнанки (П, Н, Ж ), снежинки, фигуры млекопитающих, ес­ли смотреть на них сбоку (при другой ориентации они предстанут уже в виде односторонних розеток). Таким образом, и у тех и у других розеток имеется одна особенная плоскость с особенной точкой в ней. При этом у односторонних розеток эта плоскость полярна, т. е. ее «лицо» отлично от «изнанки», а у дву­сторонних она не полярна и может являться поэтому плоскостью симметрии.

По-видимому, будет правильно связать развитие учения о симметрии нулевого измерения с построения­ми древними математиками таких типичных конечных фигур, как многоугольники и многогранники. Особое место здесь должно быть отведено пяти правильным платоновым многогранникам, которые Г. Вейль удач

но назвал древним эквивалентом некоторых современных классов групп симметрии конечных фигур.

 Далее в изучении симметрии кри­сталлов наблюдается досадный более чем полуторатысячелетний перерыв. Возобновившийся после столь длительного застоя ход исследований в сухом пе­речне дат и фамилий выглядит так.

1611 г. — И. Кеплер указывает на сохранение уг­ла (в 60° между отдельными лучами у снежинок и гениально объясняет это их внутренним сложением из шарообразных частиц. 1669 г. — Н. Стенсен открыл закон постоянства углов у кристаллов кварца и гематита.

 1670 г. — Э. Бартолин (1625—1698) то же свой­ство указал для кальцита; 1695 г. — А. Левенгук (1632—1723) — для гипса (малых и больших кри­сталлов); 1749 г. — М. В. Ломоносов (1711—1765) — для кристаллов селитры, пирита, алмаза и других, положив тем самым начало русской кристаллогра­фии.

Лишьь в 1783 г. Роме де Лиль (1736—1790) рас­пространил закон постоянства углов на все кристаллы, проведя десятки тысяч измерении на большом числе объектов. Результаты измерений — итог всей жизни — он систематически докладывал ученым в Париже. Эти сообщения и были первыми лекциями по кристаллографии. Закон постоянства углов фор­мулируется им в работе «Кристаллография» так: «Грани кристалла могут изменяться по своей форме и относительным размерам,но их взаимные наклоны постоянны и неизменны для данного рода кристал­лов» .

В 1784—1801 гг. Р. Ж. Гаюи (1743—1822), тща­тельно математически переработав данные Роме де Лиля, установил другой важнейший закон геометри­ческой кристаллографии — закон целых чисел (ра­циональных отношений параметров), с которым не­посредственно связан закон целых чисел в химии Дальтона (1808 г.), бывавшего в то время в Париже и слушавшего лекции Гаюи. Закон Гаюи формули­руется следующим образом: положение всякой гра­ни в пространстве можно определить тремя целыми числами, если за координатные оси взяты направле­ния трех ребер кристалла, а за единицу измерения — отрезки, отсекаемые на этих осях гранью кристалла, принятой за единичную. X. Венссом (1780—1856) в 1815 г. было предложено деление кристаллов на сингонии (сейчас они классифицируются на 7 сингоний, 3 категории). В итоге всех исследований были сделаны два великих открытия: открытие полных групп симметрии кристаллов — морфологической (1830 г.) и через 60 лет структурной (1890 г.). Пер­вое открытие на основе закона целых чисел сделал в 1830 г. малоизвестный при жизни марбургский профессор И. Ф. Гессель (1796—1872), геометрически доказавший, что внешняя форма кристаллов опи­сывается лишь 32 видами симметрии. Одновременно он разработал полную теорию симметрии конечных фигур и вывел бесконечное множество видов их сим­метрии. Однако эта работа осталась незамеченной. Те же 32 вида вновь, хотя и иным путем, открыл уже в 1867 т. русский ученый Л. В. Гадолин (1828—1892) . Замечательно, что при жизни последнего эм­пирически было известно лишь 20 видов симметрии кри­сталлов. Результаты Гесселя—Гадолина привели к вы­воду о том, что фигуры симметрии нулевого измерения полностью описываются бесконечным числом групп (видов). Увеличение числа групп симметрии с 32 до ∞ объясняется просто: за счет учета и запрещенных для кристаллов осей симметрии, т. е. 5, 7, 8, 9, 10,... и т. д., кроме ∞ , порядков. Причина этого запрета стала понятна лишь после раскрытия внутреннего строения кристаллов. Она связана с решетчатым рас­положением атомов, ионов и молекул, в трехмерном пространстве (О. Бравэ и др.).

 История второго величайшего открытия связана с постепенной кристаллизацией понятия «кристалличе­ская решетка». Эта идея витала в воздухе. На нее исходя из разных соображений указывали многие.

Например, И. Кеплер приписывает кристал­ликам снежинок структуру, получающуюся при плот­ной укладке шариков одного диаметра. Аналогичные воззрения на структуру кристаллов каменной соли, квасцов и других веществ высказывались и Р. Гуком (1635—1703) в его «Микрографии» (Лондон, 1665). Однако Гук ограничивался рассмотрением расположе­ния шариков лишь на плоскости. Далее, И. Ньютон (1643—1724) в «Оптике» (1675 г.) также предполагал, что при образовании кристаллов частицы уста­навливаются в строй и ряды, поворачивая свои оди­наковые стороны в одинаковом направлении и застывая в правильных фигурах. Аналогичные мысли высказывали Д. Гульельмини, X. Гюйгенс (1629—1695), М. Ломоносов и многие другие.

Пытаясь объяснить закон целых чисел, Гаюи на углах кристаллической решетки ставил многогранные молекулы; лишь в 1813 г. У. X. Волластон (1766— 1828) заменил их шарами или просто математиче­скими точками: тем самым идея кристаллической ре­шетки приняла вполне современный вид. Основываясь на достигнутом, О. Бравэ в 1848 г. устанавливает, что всех типов кристаллических решеток лишь 14 . Поч­ва для вывода всех пространственных групп симмитрии кристаллов уже как бесконечных фигур была готова.

Не позднее 1869 г. К. Жордан (1838—1922) в «Мемуаре о группах движений» находит 65 из них, со­держащих только собственные (незеркальные) дви­жения; Л. Зонке (1842—1897) применил эти группы в 1879 г. к кристаллографии. Вывод всех 230 прост­ранственных групп симметрии был дан почти одно­временно и независимо друг от друга Е. С. Федоро­вым в России (1890 г.) геометрически и А. Шенфлисом (1853—1928) в Германии (1891 г.) алгебраиче­ски на основе теории групп.

Открытия Федорова—Шонфлиса завершают целую эпоху в изучении симметрии в природе, и прежде всего кристаллов. Они позволили дать глубокое, исто­рически первое — кристаллографическое *—* учение о симметрии, оказавшееся частным случаем второго, геометрического, а затем и более фундаментального, одновременно и самого абстрактного (динамического)понимания симметрии.

2**.** 2.2.**Симметрия кристаллов.**

Правильную, симметричную форму кристаллов издавна объясняли симметричным расположением атомов. Само существование атомов было еще гипотезой, но внешнее проявление стройного порядка заставляло предполагать внутреннюю причину. Быть может, правильные пирамиды, сложенные из пушечных ядер, которые когда-то делались круглыми, наводили на мысль, что огранка кристаллов обязана способсти атомов самостоятельно укладываться в стройном порядке. Слово атом значит неделимый, атомы считали такими же круглыми, гладкими и твердыми, как ядра.

 Как ни примитивен такой взгляд с нашей нынешней точки зрения, он оказался необычайно плодотворным в науке о кристаллах, где и сейчас есть понятие плотной упаковки, такой, как в пирамиде, сложенной из шаров.

Давнее, чисто умозрительное учение о строении кристаллов принесло большую пользу еще и потому, что позволило правильно подойти к вопросу о возможных видах симметрии кристаллов.

Симметрия кристаллов-свойство кристаллов совмещаться с собой при поворотах, отражениях, параллельных переносах либо при части или комбинации этих операций. Симметрия внешней формы кристалла определяется симметрией его атомного строения, которая обуславливает также и симметрию физических свойств кристалла.

В наиболее общей формулировке симметрия- неизменность (инвариантность) объектов и законов при некоторых преобразованиях описывающих их переменных. Кристаллы – объекты в трехмерном пространстве, поэтому классическая теория симметрии кристаллов- теория симметричных преобразований в себя трехмерного пространства с учетом того,что внутренняя атомная структура кристаллов дискретная, трехмерно- периодическая. При преобразованиях симметрии пространство не деформируется, а преобразуется как жесткое целое. Такие преобразования называются ортогональными или изометрическими. После преобразования симметрии части объекта, находившиеся в одном месте, совпадают с частями, находившимися в другом месте. Это означает, что в симметричном объекте есть равные части (совместимые или зеркальные).

Симметрия кристаллов проявляется не только в их структуре и свойствах в реальном трехмерном пространстве, но также и при описании энергетического спектра электронов кристалла, при анализе процессов дифракции нейтронов и дифракциииэлектронов в кристаллах с использованием обратного пространства.

Кристаллу может быть присуща не одна, а несколько операций симметрии. Так, кристалл кварца (рис.1,а) совмещается с собой не только при повороте на 120°вокруг оси 3 (операция g1), но и при повороте вокруг оси 3 на 240° (операция g2), а также при поворотах на 180° вокруг осей 2x, 2y, 2w(операции g3, g4, g5). Каждой операции симметрии может быть сопоставлен элемент симметрии – прямая, плоскость или точка, относительно которой производится данная операция. Например, ось 3 или оси 2x, 2y, 2w являются осями симметрии, плоскость *m* (рис.1,б). – плоскостью зеркальной симметрии и т.п. Совокупность операций симметрии {g1, g2,…,gN} данного кристалла образует группу симметрии G∈ (g1,g2,…gN) в смысле математической теории групп. Последовательность проведения операций симметрии также является операцией симметрии. В теории групп это обозначается как произведение операций:g1g2=g3. Всегда существует операция идентичности g0, ничего не изменяющая в кристалле, называемая отождествлением, она геометрически сооответствует неподвижности объекта или повороту его на 360° вокруг любой оси. Число операций, образующих группу, называется порядком группы.Для описания кристаллов используют различные группы симметрии, из которых важнейшими являются точечные группы симметрии, описывающие внешнюю форму кристаллов; их называют также кристаллографическими классами; пространственные группы симметрии, описывающие атомную структуру кристаллов.

**Точечные группы симметрии.** Операциями точечной симметрии являются: повороты вокруг оси сим­метрии порядка *N* на угол, равный 360°/ *N* (рис. 2, а);отражение в плоскости симметрии *т* (зеркальное отражение, рис. 2,б); инверсия 1 (сим­метрия относительно точки, рис.2,в); инверси­онные повороты N (комбинация поворота на угол 360°*/Н* с одновременной инверсией, рис. 2, *г).*

Вместо инверсионных поворотов иногда рассматриваются экви­валентные им зеркальные повороты *N.* Геометрически возможные сочетания операций точечной симметрии определяют ту или иную точечную группу симметрии, к-рая изображается обычно в стереографической проекции. При преобразованиях точечной сим­метрии по крайней мере одна точка объекта оста­ётся неподвижной — преобразуется сама в себя. В ней пересекаются все элементы симметрии, и она является центром стереографической проекции. Примеры кристаллов, относящихся к различным точечным группам, даны на на рис.3.

В кри­сталлах ввиду наличия кристаллической решётки возможны только операции и соответственно оси симметрии до 6-го порядка (кроме 5-го; в кристаллической решётке не мо­жет быть оси симметрии 5-го порядка, т. к. с помощью пятиугольных фигур нельзя заполнить пространство без промежутков).

Для описания точечной группы симметрии достаточ­но задать одну или несколько порождающих её операции сим­метрии, остальные её операции (если они есть) возник­нут в результате взаимодействия порождающих.

Группы, содержащие лишь повороты, описывают кристаллы, состоящие только из совместимо равных частей (группы 1-го рода). Группы, содержащие от­ражения или инверсионные повороты, описывают кри­сталлы, в которых есть зеркально равные части (группы 2-го рода). Кристаллы, описываемые группами 1-го ро­да, могут кристаллизоваться в двух энантиоморфных формах («правой» и «левой», каждая из к-рых не содер­жит элементов симметрии 2-го рода), по зеркально-рав­ных друг другу

Группы симметрии кристаллов несут в себе геометрический смысл: каждой из опе­раций *gi∈G* соответствует, например, поворот вокруг оси симметрии, отражение в плоскости. Некоторые точечные группы в смысле теории групп, учитывающей лишь пра­вила взаимодействия операций  *gi gi* = *gi* в данной груп­пе (по не их геометрический смысл), оказываются одинаковыми, или изоморфными друг другу.

Точечные группы описывают симметрию не только кристаллов, но любых конечных фигур. В живой при­роде часто наблюдается запрещённая в кристаллогра­фии точечная симметрия с осями 5-го, 7-го порядка и выше.

**Предельные группы**. Функции, которые опи­сывают зависимость различных свойств кристалла от направления, имеют определённую точечную симмет­рию, однозначно связанную с группой симметрии огранения кристалла. Она либо совпадает с ней, либо выше неё по симметрии*.*

В отношении макроскопических свойств кристалл может описываться как однородная непрерывная среда. Поэ­тому многие из свойств кристаллов, принадлежащих к тем или иным точечным группам симметрии, описывают­ся т. н. предельными точечными группами, содержащими оси симметрии бесконечного порядка, обозначаемые символом ∞. Наличие оси ∞ означает, что объект совмещается с собой при повороте на любой, в том числе бесконечно малый угол. Зная группу кристаллов, можно указать возможность наличия или отсутствия в нем некоторых физических свойств.

**Пространственные группы симметрии.**

Пространственная симметрия атомной структуры кристаллов описывается пространственными группами симметрии G². Они называются также фёдоровскими в честь нашедшего их в 1890 Е. С. Фёдорова; эти группы были независимо выведены в том же году А. Шёнфлисом. В противоположности точечным группам, которые были получены как обобщение закономерностей форм кристаллических многогранников пространственные группы явились продуктом математическо-геометрической теории, предвосхитившей экспериментальные определения структуры кристаллов с помощью дифракции рентгеновских лучей.

Характерными для атомной структуры кристаллов операциями являются 3 некомпланарные трансляции *а, b, с,* к-рые задают трёхмерную периодичность кристаллической решётки. Кристаллическая решётка рассматривается как бесконечная во всех трёх измерениях. Такое математическое приближение реально, т. к. число элементарных ячеек в наблюдаемых кристаллах очень велико. Перенос структуры на векторы *а,b,с* или любой вектор t=*p*1***a +*** *p2****b +*** *p3****c***, где *p1, p2, p3 −* любые целые числа, совмещает структуру кристалла с собой и, следовательно, является операцией симметрии (трансляционная симметрия).

Физическая дискретность кристаллического вещества выражается в его атомном строении. Пространственные группы G² − это группы преобразования в себя трёхмерного однородного дискретного пространства. Дискретность заключается в том, что не все точки такого пространства симметрически равны друг другу, например атом одного и атом другого сорта, ядро и электроны. Условия однородности и дискретности определяет тот факт, что пространственные группы − трёхмерно периодические, т. е. любая группа G² содержит подгруппу трансляций T − кристаллич. решётку.

Вследствие возможности комбинирования в решётке трансляций и операций точечной симметрии в группах G² кроме операций точечной симметрии возникают операции и соответствующие им элементы симметрии с трансляц. компонентой − винтовые оси различных порядков и плоскости скользящего отражения (рис. 2, *д*, *е*)

 Если задать внутри элементарной ячейки какую-нибудь точку *x* (*x*1 *x2 x3*), то операции симметрии преобразуют её в симметрично равные ей точки во всём кристаллическом пространстве; таких точек бесконечное множество. Но достаточно описать их положение в одной элементарной ячейке, и эта совокупность уже будет размножаться трансляциями решётки. Совокупность точек, выводимых из данной операциями *gi* группы G − *x1*, *x*2,…, *xn-1,* наз. Правильной системой точек (ПСТ).

 Для каждлй пространственной группы имеются свои совокупности ПСТ. Правильная система точек общего положения для каждой группы одна. Но некоторые из ПСТ частного положения могут оказаться одинаковыми для различных групп.

**Роль пространственных групп симметрии кристаллов.** Пространственные группы симметрии кристаллов − основа теоретич. кристаллографии, дифракционных и иных методов определения атомов структуры кристаллов и описания кристаллических структур.

Дифракционная картина, получаемая методом рентгенографии, нейтронографии или электрографии,позволяет установить симметрийные и геом. Характеристики обратной решётки кристалла, а следовательно и самой структуры кристалла. Так определяют точечную группу кристалла и элементарную ячейку; по характерным погасаниям (отсутствие определённых дифракционных рефлексов) определяют тип решётки Браве и принадлежность к той или иной пространственной группе. Размещение атомов в элементарной ячейке находят по совокупности интенсивностей дифракционных рефлексов.

Большую роль играют пространственные группы в кристаллохимии. Определено более 100 тыс. кристаллических структур неорганических, органических и биологических соединений. Любой кристалл относится к одной из 230 пространственных групп. Оказалось, что почти все пространственные группы реализованы в мире кристаллов. Хотя одни из них встречаются чаще, другие реже.

В теоретической кристаллографии пространственные группы позволяют развить теорию разбиения пространства на равные области, в часности полиэдрические.

**Обобщённая симметрия.**

 В основе определения симметрии лежит понятие равенства (1,*б*) при преобразовании (1,*а*). Однако физические (и математические) объект может быть равен себе по одним признакам и не равен по другим. Например, распределение ядер и электронов в кристалле антиферромагнетика можно описать с помощью обычной пространственной симметрии, но если учесть распределение в нём магнитных моментов то “обычной”, классической симметрии уже недостаточно. К подобного рода обобщениям симметрии относятся антисимметрия и цветная симметрия.

В антисимметрии в дополнение к трём пространственным переменам *x1, x*2, *x*3 вводится добавочная, 4-я переменная *x*4 = ± 1. Это можно истолковать таким образом, что при преобразовании (1,*а*) функция *F* может быть не только равна себе, как в (1,*б*), но и “антиравна”− изменит знак. Существует 58 групп точечной антисимметрии G³0 и 1651 пространственная группа антисимметрии G³3 (шубниковские группы).

Если добавочная переменнал приобретает не два значения, а больше (возможны 3, 4, 6, 8,…,48), то возникает т. н. цветная симметрия Белова. Так, известна 81 точечная группа G³0 и 2942 группы G³0. Осн. Приложения обобщённой симметрии в кристаллографии − описание магн. структур.

Найдены и другие группы антисимметрии (кратной и др.). Теоретически выведены и все точечные и пространственные группы четырёхмерного пространства и более высоких измерений. На основе рассмотрения симметрии (3 + *К*)-мерного пространства можно также описывать несоразмерные в трёх направлениях модулированной структуры.

Другие обобщение симметрии − симметрия подобия, когда равенство частей фигуры заменяется их подобием, криволинейная симметрия, статистич. симметрия, вводимая при описании структуры разупорядоченных кристаллов, твердых растворов, жидких кристаллов и др.

3. БИОСИММЕТРИЯ

2.3.1.**БИОСИММЕТРИЯ СТРУКТУРНАЯ—МОЛЕКУЛЯРНАЯ**

Содержание этого вида симметрии мы раскроем постепенно, переходя от нульмерных групп симметрии биомолекул к одно-, дву-, трехмерным. Из всех точечных групп симметрии для «мономерных» молекул наиболее характерны лишь две—*п* и *п•т,* при этом обычно *п =* 1, 2, ..., *k,* где *k*—величина небольшая. Поэтому наиболее распространенными группами здесь оказываются соответственно (1) и *т, 2•т, 3•т...* Первая характерна, например, почти для всех оптически активных — асимметрических — мономерных или олиго-сахаров, алкалоидов, многих аминокислот; вторые группы наиболее характерны для всякого рода оптически неактивных, часто запас­ных веществ. Однако недиссимметрическими группа­ми иногда приходится описывать симметрию, подчас и чрезвычайно метаболически активных веществ (не­которые азотистые основания). Последнее обстоятель­ство резко ограничивает эмпирическое обобщение Г. Ф. Гаузе об обязательной диссимметричности мета­болически активных соединений . Действительная картина здесь, таким образом, оказывается сложнее.

Аминокислоты, пуриновые и пиримиднновые азоти­стые основания, сахара и т.д., так или иначе химиче­ски взаимодействуя, «кристаллизуются» в полимер­ные, вытянутые в одном направлении цепные молеку­лы*—*белки, нуклеиновые кислоты, целлюлозу, крах­мал гликоген и другие соединени. Выше мы видели, что цепные молекулы относятся к стержням, поэтому их симметрия должна исчерпываться всего 17 типа­ми, охватывающими бесконечное множество видов симметрии. Однако учет характера взаимодействия между атомами «хребта» и боковых радикалов цеп­ной органической молекулы, тенденций перехода в энергетически наиболее выгодное состояние и других факторов позволяет утверждать, что п природе наи­более часто должны встречаться ценные молекулы, принадлежащие к 13 группам симметрии стержней с *N* == 1 и к двум типам с винтовой осью «порядка» *М — 8м* н 5л»/2 .

Учет симметрии возможных конфигураций ковалентных связей главной оси— *(2), (3), (3), (4)* делает потенциально возможным для отдельных цеп­ных молекул еще 30 групп, что дает всего 45 групп. Число «кристаллографических» групп цепных струк­тур равно, как известно, 75. С возникновением живой природы число наиболее часто встречающихся групп резко уменьшается—до 4. Эти группы—диссимметрнческие: t,t/2, SM/2, где *t—*ось трансляции (обо­значения международные). Например, целлюлоза и "полй-*l*-аланйн относятся к группе S2, полипептиды в конфигурации *α*-спирали — к S18/5.

Отдельные цепные молекулы могут давать образо­вания из 2, З... цепочек. Если они связываются водо­родными связями, то их называют сложными,цепны­ми молекулами*;* ван-дер-ваальсовыми (по принципу плотной упаковки; в первом случае он не выдержи­вается) —пучками*;* если сложная цепная молекула образована из химически различных единиц, то она называется комплекснойцепной молекулой*.*

Сложные и комплексные цепные молекулы, пучки возникают главным образом в биосистемах; они опти­чески активны, представлены одной энантиоморфой. Поэтому они относятся к диссимметрическим группам стержней: *tN, Sм N, tN/2, SMN/2.* Однако учет мень­шей устойчивости четверных и пятерных (чем двой­ных и тройных) цепей, спирализации как общего спо­соба последовательной упаковки звеньев цепных мо­лекул делает наиболее вероятным для сложных цеп­ных молекул групп SM2, SM/2, SM3*,* пучков—*Sм, Sм 3,* комплексных цепных молекул—*Sм2.* Так, слож­ная цепная молекула ДНK относится к группе S*м/2,* полиадениловая кислота — к S 2, полиинозиновая — к *Sм 3,* комплексная цепная молекула вируса табачной мозаики — к S49/3 . Последняя построена из уложен­ных по одноходовому пологому вунту белковых субъ­единиц, внутри которых идет цепочка РНК. На каж­дую субъединицу приходится три нуклеотнда; на три оборота молекулы приходится 49 белковых субъеди­ниц. Другие примеры комплексной ценной молеку­лы—ДНК-протенды. Здесь полипептидная цепь бел­ка обвивает молекулу ДНК по малой канавке. Так как эта цепочка одиночная, симметрия нуклеопротеи-да — *Sм ,* хотя самой ДНК — *Sм /2.*

Другой способ объединения цепных молекул при­водит к плоским двумерным фигурам — слоям. При­чем сами цепные молекулы могут лежать в плоскости слоя или перпендикулярно ему (классический примерпоследних—парафины). Наиболее распространены слои первого рода, которые мы и рассмотрим.

Из 80 групп симметрии слоев для слоев из цепных молекул из-за особенностей их пространственного строения в первом приближении возможными оказы­ваются 42 группы. Ограничения плотной упаковкидоводят их число до 19, а наиболее плотную упаковку фигур в слои позволяют всего 4 группы симметрии:

*tt'с, tt'1, S2t, З2с.* При переходе к биологическим, на­пример мембранным, слоям число групп симметрии с 19 понижается из-за энантиоморфизма до 9: *tt', tt'2, 2t, 21t, 2 (21) t, 222, 2122, 2*1*212*, *21(2)21 (2) 2 (NВ:S2=21).* Классические примеры биологических сло­ев — складчатые слои полипептидных цепей, предло­женные Паулингом и Кори3. Они могут быть парал­лельные и антипараллельные. Другой их пример — уже отмеченные мембранные слои.

При объединении полимеров в трех взаимно пер­пендикулярных направлениях пространства возникает ряд различных агрегатов, на одном конце которого идеальные кристаллы, на другом — совершенно аморфные вещества. Для живой природы характер­ны формы веществ, в той или иной мере отклоняю­щиеся от идеальных кристаллов и абсолютно аморф­ных тел.

 Здесь, с одной стороны, наблюдается из-за богат­ства биополимеров Н-связями тенденция к самоагрс-гированию, п как следствие к образованию форм в той или иной мере упорядоченных—лент, складча­тых кристаллов, кристаллов из слоев коротких цепных молекул и т.д. Так, хороню изученная кросс-β-конфигурация кератина является лентой из одной полипеп-тидной цепи, построенной по типу антипараллелыюго складчатого слоя. Другой пример. Как известно, в молекулах РНК в зависимости от ионной силы раство­ра и его температуры меняется число Н-связей, и это как следствие приводит к трем формам их существования: 1) нитям, 2) палочкам (аналогам лент), 3) клубкам.

С другой стороны, из-за больших и разнообразных длин цепных молекул, их гибкости, взаимодействия с соседями, спутывания, скручивания, образования прочных межцепных ковалентных связей между моле­кулами, например типа дисульфидных связей в каучу-ках, возникновение идеально упорядоченных во всем объеме кристаллов невозможно. Кроме того, такие квазикристаллы в свою очередь часто образуют в раз­личной степени упорядоченные образования—мозаич­ные монокристаллы, текстуры, поликристаллы и т.д.

Особенности упорядочивания атомов и молекул в нуль-, одно-, дву-, трехмерные биологические образо­вания дали повод Дж. Берналу выступить с идеей обобщенной кристаллографии*,* характерной прежде всего для живой природы. Она имеет дело уже не с «бесконечно» упорядоченными структурами, а со структурами с частичной упорядоченностью располо­жения атомов. Характернейшая ее особенность—уче­ние о статистической *—* средней, наиболее часто встре­чающейся, вероятной — симметрии, с одной стороны, и нуль-, одно-, дву-, трехмерной «кристаллизации»(упорядоченности) — с другой .

Разумеется, такой переход к изучению кристаллов с нарушенной структурой стал возможным и истори­чески, и логически только после известного заверше­ния учения об идеальных кристаллах. Он привел, как известно, к обоснованию молекулярной биологии. Опираясь на учение о последних и зная реальные кри­сталлы, стало возможным классифицировать различ­ные типы нарушений. По Б. К. Вайпштсйну, основные их формы следующие: сдвиги,повороты, нарушения сетки и параллельности цепей; остальные их формы выводятся в результате комбинирования основных. К сказанному добавим, что в одних и тех же кристал­лах во времени наблюдаются как процессы увеличе­ния, так и уменьшения нарушений.

В заключение отметим резко проявляющееся в полимерных биомолекулах диалектическое единство асимметричного и симметричного, иррегулярного и регулярного строений. В белках естественного проис­хождения это проявляется, например, в асимметрич­ности и нерегулярности их первичного строения (из-за уникальной линейной последовательности различ­ных L и реже D аминокислот), в симметричности и регулярности их вторичного строения (часто из-за винтового закручивания всей или части полипептид-ной цепи), в резкой асимметричности и нерегулярно­сти их третичного строения (из-за сложения полипеп-тидной цепи — поодиночке или в соединении с други­ми цепями в причудливые извитые трехмерные струк­туры, которые мы знаем как белковые молекулы), в столь же резкой симметричности и регулярности их четвертичного строения (из-за укладки идентичных белковых молекул в кристаллические и в квазнкри-сталлические структуры). Аналогично обстоит дело и с нуклеиновыми кислотами. В частности, первичная структура «молекулы жизни»—ДНК асимметрична и нерегулярна из-за уникальной последовательности нуклеотидов, в то время как ее вторичная структура явно симметрична и регулярна из-за винтовой закру-ченности двух ее цепей.

В итоге сравнения неживой и живой природы на молекулярном уровне неминуем эмпирический вывод о резкой диссимметризации, происшедшей при пере­ходе от неживой природы к живой: 1) величина сим­метрии; 2) число возможных групп сильно уменьшают­ся; 3) наблюдается четко проявляющееся единство асимметрического и симметрического планов строения в основных «молекулах жизни», превращения типа «симметризация диссимметризация». Отсюда не­избежен вывод о специфическом характере биологи­ческой симметрии на молекулярном уровне.

2.3.2**. БИОСИММЕТРИЯ СТРУКТУРНАЯ — МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ**

Несколько иные закономерности наблюдаются при изучении симметрии биосистем на так называемом «морфологическом», или надмолекулярном, уровне. Симметрия органелл, клеток, тканей, органов, расте­ний, животных, различных совокупностей последних изучена далеко не в одинаковой степени. Пожалуй, наиболее достоверные в этом отношении сведения по­лучены лишь зоологами и ботаниками. Поэтому мы в первую очередь рассмотрим именно эти сведения.

В. Н. Беклемишев в двух томах своих классиче­ских «Основ сравнительной анатомии» приводит об­ширный материал по интересующему нас вопросу. Ниже мы рассмотрим его данные, уточняя их по ходу изложения и заменяя словесные описания видов сим­метрии математическими группами .

Наиболее примитивны среди простейших амебы. В силу неопределенности формы их тела можно гово­рить лишь о преимущественной их асимметричности — группе (1) (анаксонной), хотя эта их асимметрия мо­жет в сущности переходить в любую симметрию, при­сущую конечным фигурам.

Симметрия следующих по развитию организмов — клеток колониальных радиолярий Соllоzооn, взрос­лых кокцидий, покоящихся стадий многих других Рrotozoa—шаровая (∞/∞·*т).* Им присущи все мыс­лимые элементы симметрии конечных фигур. Эти фор­мы характеризуются лишь одним градиентом свойств — от центра к периферии (у амеб—от глубины к по­верхности).

Большинство солнечников (Неliоzоа), множество радиолярий и других Ргоtоzоа относятся к типу n/m *• п'* где *п—*конечная, но неопределенная величина *(*неопределенно-полиаксонные формы*).*

Заметная диссимметризация произошла с возник­новением правильных полиаксонных форм*,* которые наблюдаются прежде всего среди радиолярий. Заме­чательно, что число и вид их симметрии соответствуют числу и виду симметрии правильных многогранников:

m·2/3 (тетраэдр), *т****·***4/3 (куб и октаэдр), *т •* 5/3 (до­декаэдр и икосаэдр). При учете и физических свойств («штриховки»)граней многогранников "число "групп возрастает до 7 благодаря 4 дополнительным груп­пам: *т:* 2/3, 4/3, 2/3*,* 5/3. Этими же группами описывает­ся симметрия 'и равногранников—изоэдров. Интерес­но здесь и то, что радиолярии, характеризуемые сим­метрией додекаэдра и икосаэдра — *т •* 5/3, обладают и запрещенными для кристаллов пятерными осями. Из­вестно, что среди кристаллов додекаэдры и икосаэдры именно из-за осей (5) невозможны.

Формы с симметрией *п: т•*2 зоологи называют ставраксонными гомополярными (с перекрывающими­ся осями, неполярными). Из геометрических фигур та­кой симметрией обладают, например, цилиндр, бико-нус, эллипсоид, прямые призмы с правильными много­угольниками в основании и т.д. Среди Рrotozoa такая симметрия, точнее, оо : /*т*•*2* присуща, например, ра­ковине корненожки Orbitolites, имеющей форму ко­роткого отрезка цилиндра вроде монеты, многим вере­тенообразным спорам грегарин, некоторым радиоля­риям прежде всего из отряда Spummellaria. Есть и такие организмы, у которых *п =* 1, 2, 3, 4, 5... Во мно­гих случаях, например среди ставраксонных радиоля­рий, удается проследить возникновение форм с опре­деленным конечным /г из форм с неопределенно боль­шим *п.* Таковы, например, Trigonocyclia симметрии *3 : т • 2,* выводимые эволюционио из чечевицеобразных Discoidea с главной осью неопределенно большо­го порядка.

Все названные фигуры характеризуются одной главной осью порядка *п* с га пересекающимися в ней вертикальными плоскостями симметрии. Последние пересекает одна горизонтальная плоскость с *п* парал­лельными ей осями симметрии второго порядка. У та­ких фигур есть, таким образом, и центр симметрии. Переход ставраксонно-гомополяриых простейших к сидячему образу жизни или к активному движению в среде привел к исчезновению у них поперечной плос­кости симметрии, а вместе с ней и центра симметрии и всех осей второго порядка. Такая диссимметризация привела к смене симметрии га : *т • 2* видом *п • т,* ко­торую зоологи называют монаксонно-гетерополярным*,* так как оба полюса организма становятся различными. Часто этот вид биологами обозначается и как радиально-симметричный*.* Это один из распространеннейших видов симметрии жйвой природе Сюда относятся, например, раковины ряда корненожек, спо­ры некоторых грегарин, скелеты множества радиоля­рий, некоторые Flagellata и т.д. Причем величина *п* = 1÷∞. Так, раковина корненожки Lagena hispida-(За принадлежит к группе оо. *т,* радиолярия Medusetta *— к* 4 • *т,* споры почти всех Myxosporidia — к 2 • *т,* наконец, жгутиковые Protomonadina и Роlymastigina, раковины некоторых фораминифер, неко­торые радиолярии — к *1 • т =. т,* т. е. у них двусто­ронняя, или билатеральная, симметрия, получающая широчайшее распространение среди многоклеточных. Известно, что в той или иной мере она присуща, на­пример, почти всем хордовым, рыбам, земноводным, млекопитающим.

Из сказанного видно, что симметрия от лишь част­ный, хотя практически и самый важный, случай сим­метрии /г • /п. Следовательно, ее не следует выделять наряду с классом *п • т,* как часто делают зоологи и ботаники.

Другой вид диссимметризации организмов с сим­метрией *п • т* привел к возникновению форм с сим­метрией, исчерпывающейся одной простой (вид (n))

или винтовой (вид (n)) осью симметрии *(п = п =* 1 ÷∞). Этот вид симметрии нами был назван ак­сиальным . Относящиеся сюда бнообъекты могут су­ществовать в двух модификациях — D и L*,* обычно представленных одной или преимущественно одной модификацией. К ним относятся веретенообразная эвглена *(п* = 30), инфузории (n = 1), некоторые трнхонимфиды, иеридинеи. В связи с этим В. И. Бе­клемишев отмечает, что асимметрия амеб—резуль­тат отсутствия, а инфузорий и перидиней наличия строгого плана строения их тела. Между асимметрией первых и вторых огромная разница.

Как уже упоминалось, билатеральная симметрия *(т)* многоклеточных (Metazoa) приблизительная. В действительности из-за сложнейшего плана и чрез­вычайной дифференцировки их тела, при котором симметрическое повторение частей, строго говоря, исклю­чается их разносторонней специализацией и относи­тельно точным распределением их по определенным местам, они многократно асимметризированы и симметрия *(1)* становится преобладающей. Тем самым важнейшей становится и связанная с группой *(1)* проблема правизны и левизны .

Касаясь области ботаники, мы ограничимся дан­ными по симметрии венчиков высших растений, кото­рая исчерпывается всего двумя классами — n и n ⋅ m. Нами совместно с профессором МГУ Н. Н. Каденом на 56285 экземплярах венчиков цветков расте­ний, принадлежащих к 57 видам 26 семейств, уста­новлено, что на низших ступенях эволюции венчики представлены множеством форм симметрии (и здесь положение вполне аналогично распространению видов симметрии в животном мире), хотя все же и на этом этапе резко преобладают формы симметрии (n), и в особенности *(1).* При этом ΣD≈ΣL форм. Затем по ходу эволюции один вид симметрии за другим выпа­дает, и на вершинах древа жизни остаются венчики симметрии преимущественно (5), (1), причем ΣD>>ΣL или ΣL>>ΣD. Эти обстоятельства вносят по­правку (на зависимость от эволюционного положе­ния) в представления о закономерностях встречаемо­сти *D, L, DL-,* форм в живой природе, а также в пред­ставления о широчайшем распространении в живоп природе в целом так называемой пятерной симметрии, в частности (5) и 5•m.

Далее важно заметить, чтоэволюция симметрии не прямолинейна, подчас преимущественная по роли диссимметризация сменяется на отдельных этапах симметризацией и наоборот; изменение симметрии по отдельным ветвям древажизни имеет свои особенно­сти**.** Например, анализируя симметрию иглокожих, В. Н. Беклемишев пишет: «Рассматривая организа­цию иглокожих на различных стадиях их онтогенеза и филогенеза, можно констатировать необычайно сложные и закономерные изменения симметрии" их тела». Он выделяет следующие 7 ступеней: 1) первичную (до бластулы) симметрию зародыша ежа вида 4•*т* или 8 • m; 2) сменяемую позднее у диплеврул ви­дами 2 ⋅ m и 3) m. «Ни у одного взрослого иглокожего никаких следов этих трех первых форм симметрии не сохраняется»; 4) асимметрию—(1)—цистидей;

5) вторичную двустороннюю симметрию — *т —* выс­ших Pelmatozoa (с этого момента диссимметризация сменяется симметризацией); 6) вторичную радиаль­ную симметрию 5 • от. Она «охватывает большую часть организации современных иглокожих или, по крайней мере, так называемых правильных форм; у некоторых офиур полностью охватывает всю органи­зацию.

Интересно отметить, что у некоторых диплопорит и эндриоастероидей наблюдается 5-лучевая симмет­рия чисто вращательного типа»; 7) вторичную ассимметрию (1) Eleutherozoa . В итоге мы имеем сле­дующий ряд:

*8 ⋅ m→2 • т → т→(1)→т→5 • т.* *→(1).*

К сожалению, филогенетическая эволюция симмет­рии по ходу отдельных ветвей древа жизни практиче­ски не изучена. Здесь явно необходимы планомерные исследования. Они могут привести к крупным откры­тиям и обобщениям.

Что касается характера изменения симметрии ор­ганизмов в их онтогенезе, то помимо данных, приве­денных выше, можно сослаться также и на интерес­нейшие результаты М.Д. Велибекова, полученные им при изучении ряда бобовых и других растений (под­солнечник, гречиха).

Он указывает, что обычно «в процессе развития состояние беспорядочной ориентации (чередования) и связи правых и левых метамеров, свойственное юве-нильному растению, заменяется константной; в даль­нейшем (чаще на уровне цветок, плод, зародыш) ориентация и связь вновь становятся неопределенными» . Иначе, в их онтогенезе статистически начальная симметризация сменяется диссимметризацией, а последняя — снова симметризацией. Одновременно ча­ще *одинаковые* по частоте встречаемости и другим свойствам D и L фитоформы этих растений, их *низкие* полярность, целостность, пространственно-временная организованность, *большие* полиморфичность (инфор­мационная), энтропия, евклидовость в начале развития заменяются в ходе развития на неодинаковые по свой­ствам (в том числе встречаемости) D и L фитоформы, повышенные полярность, целостность, пространствен­но-временную организованность, пониженные полиморфичность, энтропию, евклидовость. В дальнейшем, в ходе отрицания отрицания, все эти показатели как бы снова возвращаются к исходным состояниям. И вот что замечательно: «Развитие информации, энтропии, пространственных характеристик циклично и обычно следует математическим закономерностям ряда золо­того сечения».

Разумеется, отмеченные М. Д. Велибековым зако­номерности применимы не ко всем растениям, даже не ко всем бобовым. Возможно, в будущем будут точ­нее описаны и сами эти закономерности. Но при всем этом нельзя не отметить огромной ценности самого подхода, выдвинутых им характеристик, полученных данных, новизны развиваемого им направления в бносимметрике.

В итоге мы видим, что на морфологическом уров­не: 1) величина симметрии организмов в ходе эволю­ции жизни закономерно в тенденции падает, образуя многоветвистые эволюционные ряды симметрии; и) на низших ступенях организмы представлены множест­вом видов симметрии. При этом их число много боль­ше 32 — числа видов симметрии кристаллов. Однако к вершинам эволюционного древа число видов сим­метрии резко уменьшается, возникают многократно асимметризованные формы; 3) как и на уровне цеп­ных молекул, появляются макробиоформы с запрещенными для кристаллов осями симметрии порядка 5, 7, 8, 9... Однако вопреки широко известному взгляду пятерная ось получает большое распространение не на всех, а лишь на определенных ступенях разви­тия живого, как и двусторонняя симметрия т; 4) как в онто-, так и в филогенезе имеют место переходы ти­па диссимметризация ↔ симметризация,причем про­цесс в целом сильно сдвинут **в** сторону диссимметриза-ции. Таким образом, и на макроуровне биологическая симметрия обнаруживает ряд специфических черт, что с новых сторон подтверждает положение В. И. Вернад­ского о специфическом характере биологического про­странства.

Приведенные факты показывают, что воззрения на природу, построенные с позиций только одной из рас­смотренных противоположностей, односторонни и в конечном счете неверны. Мир есть в рассматриваемом аспекте, насколько мы можем судить о нем с поправ­кой на сегодняшний уровень знаний, единство взаимо­исключающих, обусловливающих, дополняющих, бо­рющихся, переходящих друг в друга противоположно­стей, созидающих и одновременно нарушающих сим­метрию.

**2.3.3. БИОСИММЕТРИЯ СТРУКТУРНАЯ — НЕКЛАССИЧЕСКАЯ**

Приведенные в двух предыдущих параграфах дан­ные позволяют сделать еще одно утверждение: на биообъектах реализована классическая симметрия аб­солютно всех размерностей — точечная, линейная, плоская, пространственная. Однако не только класси­ческая. Хотя биосимметрия с точки зрения различных неклассических теорий симметрии не изучена, ниже мы укажем по крайней мере на отдельные примеры реализации в живой природе главнейших из откры­тых в последние 50 лет симметрии.

Просто и l-кратно антисимметричны все те орга­низмы и их части, которые обладают l+1=n дисс-факторами. Таковы, например, диссимметрические корни, стебли, листья, побеги, чашечки, венчики, цвет­ки многих растений; внутреннее строение животных, множество оптически активных биологических соеди­нений — Сахаров, аминокислот, белков, нуклеиновых кислот и т.д. Еще один конкретный пример, антисим­метрии можно найти в работе Маизенхаймера, Нормана и Штербе*.* Они сообщают о существовании у некоторых рыб, например анаблепс, двух половых рас. Одна половая раса состоит из D самцов и L самок; другая, напротив, из L самцов и D самок. Оплодотворение оказалось возможным только в пределах своей I половой расы и невозможным между L самцами и L самками, а также D самцами и D самками.

 С точки зрения учения о симметрии составляющие эти расы особи равны, симметричны (в известном при­ближении) друг другу в нескольких смыслах. Для бо­лее четкого их выявления примем только следующие обозначения: левое и правое по-прежнему будем обо­значать буквами L и D*,* женский и мужской пол — знаками «+» и «—». Тогда мы придем к следующим равенствам: 1) совместимому (между особями L+ и L+,L*—* и L*—,* D+ и D+, D*—* и D *—),* 2) зеркально­му (между особями L+ и D+*,* L*—* и D*—*); 3) совме­стимому антиравенству (между особями L— и L+*,* D*—* и D*+);* 4) зеркальному антиравенству (между особями L+ и D*—,* L*—* и D+)- Других случаев не существует. Заметим, что первые два равенства охва­тываются классической теорией симметрии, а все че­тыре — теорией антисимметрии.

Цветную симметрию выявляют биокристаллы, по­беги растений с изменяющимися по ходу стебля фор­мами листьев, венчики цветков растений с морфологи­чески различными лепестками и вообще все такие биообразования, качества которых могут принимать три и более различных состояний одной природы.

Симметрия подобия реализуется на биообъектах при их подобном росте и воспроизведении; она пре­красно видна на головках подсолнечника, раковинах некоторых моллюсков, верхней части побегов ряда ра­стений.

Гомологическую, или аффинную, симметрию выяв­ляют динамическая симметрия биокристаллов, неко­торые так называемые аффинно уродливые орга­низмы.

Криволинейную симметрию обнаруживают кроме рядов развития раковин брахиопод и цефалопод искривленные побеги стебли, корни, листья растений. Рассмотрим один из примеров подробнее. Нередко можно наблюдать, как билатерально-симметричные S-листья-(первого яруса) фасоли по мере роста ис­кривляются, приобретая L или D конфигурацию. Мы экспериментально показали, (неопубликованные данные), что превращение S-листьев в L или D вызвано повышением содержания в меньших половинках L и D листьев ингибиторов (в частности, фенольной при­роды) и понижением содержания активаторов роста (типа ауксинов) и, наоборот, с повышением содержа­ния в больших половинках этих листьев активаторов и понижением содержания ингибиторов роста. С этой картиной хорошо коррелировала и активность соот­ветствующих ферментов и их ингибиторов. В резуль­тате, уже искусственно изменяя содержание ингибито­ров или активаторов роста, например нанося их (пос­ле выделения из листьев) на те или иные половинки листа, нам удалось вызвать все мыслимые превраще­ния форм листьев друг в друга.

Приведенные факты интересны с трех точек зре­ния.

Во-первых, с ботанической. Любой ботаник сказал бы, что S-лист симметричен, а L и D *—* асимметрич­ны. И это было бы так с точки зрения классического учения о симметрии и совершенно несправедливо с точки зрения учения о криволинейной симметрии. Действительно, после превращения из-за неравномер­ного роста половинок S-листа в L или D бывшая у S-листьев прямая плоскость симметрии не исчезает бесследно, а превращается в криволинейную плос­кость отражения. В результате, как и S-листья, L и D листья также по-своему зеркально-симметричны:

под действием отражения в сферическом зеркале у каждого из них меньшая половинка становится большей, большая — меньшей, а лист в целом самосовме­щается.

Во-вторых, эти факты интересны "с точки зрения теории симметрии. Вплоть до последнего времени тео­ретики считают, что наличие в объекте зеркальных элементов исключает какую бы то ни было возмож­ность быть этому объекту L или D*.* Действительно, на­личие зеркальной плоскости исключает способность S-листа быть L или D, но не мешает быть L или D искривленным листьям! И это, конечно, не случайно:у S-листа зеркальная плоскость прямолинейная, со­храняющая при отражениях расстояния между соот­ветственными точками половинок, а у L и D листьев эта плоскость криволинейная, при отражениях не со­храняющая расстояний между соответственными точ­ками половинок, «делая» их L или D*.* Разумеется, ска­занное верно не только по отношению к листьям, но н по отношению к любым аналогичным объектам (на­пример, к искривленным кристаллам кварца и серы). Таким образом, ограниченно справедливым оказы­вается одно из самых, казалось бы, незыблемых утверждений теории структурной симметрии.

В-третьнх, эти факты интересны с точки зрения метода кристаллохимического анализа Е. С. Федо­рова, позволяющего по величине углов между граня­ми кристалла предсказывать с определенной вероят­ностью вещества, его слагающие. Приведенные выше биологические факты с S, L, D листьями интересны тем, что они указывают на явную возможность рас­ширения границ федоровского метода, распростране­ния его на биологические образооания. Можно и по их форме судить с определенной вероятностью о биофизикохимнческих и физиологических их особенностях (и наоборот). В данном случае это выразилось в том, что мы: 1) констатировали возникновение из S-листьев искривленных L и D с неравными половинками;

2) возложили «ответственность» за правизну и левиз­ну, а также неодинаковость половинок на регуляторы роста, их ферментные системы и ингибиторы; 3) в со­ответствии с истинной симметрией форм S, L, D листь­ев построили гипотезу о пространственном распреде­лении регуляторов роста, ферментов, ингибиторов, ожидая вполне определенные с точки зрения законо­мерностей форм S, L, D листьев результаты; 4) подтвердили гипотезу биохимическими анализами;

5) зная эти закономерности, по строгому плану изме­нили формы одних листьев в формы других.

В заключение отметим: мы не думаем, чтобы тео­ретико-групповое изучение биообъектов свелось к фор­мулировке получаемых результатов на языке только уже известных теорий симметрии. Дело в том, что так или иначе выявление видов симметрии конкретных биообъектов связывается с выявлением способов упа­ковки тех или иных компонентов в эти биообъекты. Часть из них удавалось и наверняка удастся расшиф­ровать на основе стандартных экспериментальных ме­тодов и методов уже известных теорий структурной симметрии. Однако для расшифровки другой части биоупаковок рамки существующих теорий структур­ной симметрии придется существенно расширить хотя бы для математического анализа и вывода всех воз­можных способов заполнения пространств без и (или) с промежутками, нежесткими и (или) жесткими, ра­стущими и (или) нерастущими, часто неправильной конфигурации выпуклыми и (или) вогнутыми компо­нентами. Для лучшего уяснения этой идеи полезно сравнить способы заполнения пространства в блоках кирпичами со способами заполнения пространства в апельсинах сочными ячейками. Понятно, что выявле­ние видов биологических упаковок поможет глубже понять сущность жизни. С другой стороны, оно может буквально революционизировать производство тары и упаковок, производство, без которого, как известно, не обходится ни одна отрасль народного хозяйства.

**2.3.4. БИОСИММЕТРИЯ-ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ И ДИНАМИЧЕСКАЯ**

Как известно, проблема биологического простран­ства (и биологического времени) во всем ее объеме впервые была поставлена в четырех выпусках «Проб­лем биогеохимии» и в «Биогеохимических очерках» еще В. И. Вернадским. Основываясь на некоторых биологических данных и результатах .своих бесед с математиками М. М. Лузиным, Б. Н. Делоне и С. И. Финиковым, В. И. Вернадский полагал, что гео­метрией такого пространства может быть одна из указанных Э. Картаном, но не разработанных далее ри-мановых геометрий. В такой геометрии пространство должно было сводиться к точке, снабженной зароды­шем вектора посолонного (правого) или противосо-лонного (левого, против солнца) типа. В. И. Вернад­ский считал, что для этого пространства должна быть характерна неодинаковая встречаемость L и D форм, наличие в нем кривых линий и поверхностей. Послед­нее в своей концепции криволинейной симметрии, как мы помним, подчеркивал и академик Д. В. Наливкин (см. выше).

Сейчас исходя из учения о континуумах*—*простран­ствах, непрерывных во всех трех направлениях, при­мерами которых могут быть однородные и изотроп­ные среды внутри вакуоль; о семиконтинуумах*—* пространствах, прерывных в одних и непрерывных в других направлениях, примерами которых могут быть системы мышечных волокон или бесконечная стопка карандашей; о дисконтинуумах*—*пространствах, пре­рывных во всех направлениях, примерами которых мо­гут быть решетчатые структуры биокристаллов, фер­ментов и вирусов, трехмерные сообщества организмов, двумерные орнаменты чешуи рыб, клеток биологиче­ских срезов, листьев при их мозаичном взаимораспо­ложении, складчатые слои полипептидных цепей, уже сейчас совершенно корректно можно утверждать, что биологических пространств не одно, а огромное, воз­можно бесконечное, множество*.* Однако главное— эмпирическое и теоретическое выявление вида и числа типов биопространств, характерных для них групп преобразовании и соответственных совокупностсн ин­вариантов, их геометрий,—вес это дело будущего. При этом можно смело ожидать нарушения в таких пространствах — по крайней мере в неоднородных и неизотропных—типа статистик (элементарных ча­стиц), а также ряда физических законов сохранения, связанных с признанием однородности и изотропности пространств, в которых они реализуются. Сказанное не вымысел. Мы помним, что нечто аналогичное физики, занимающиеся изучением твер­дого тела, констатируют на абногенных кристаллах. Пространства таких тел из-за симметрии, отвечающих соответствующим пространственным группам кристал­лов, неоднородны. Это значит, что в них имеются выделенные системы отсчета и нет обычного для одно­родных и изотропных пространств принципа относительности, нет закона дисперсии, а также самих ис­тинных частиц. Вместо этого приходится говорить о сложном законе дисперсии, квазиимпульсах, квазича­стицах, нарушении закона сохранения импульса, осо­бенностях статистики квазичастиц и т. д.

Безусловно, справедливое для абиогенных кристал­лических пространств, с еще большей категоричностью будет справедливо для гораздо более сложных, неод­нородных и неизотропных, апериодических и (или) периодических биологических пространств—дискон­тинуумов и семиконтинуумов. Более того. Даже кон­цепция квазичастиц здесь окажется применимой лишь отчасти, поскольку она разработана лишь для перио­дических, хорошо упорядоченных абиогенных кристал­лических пространств. Для изучения же особенно­стей биологических пространств, не обязательно кри­сталлических, явно потребуется разработка нового языка, лишь отчасти квантово-механического.

А теперь о динамической биосимметрии. Такая симметрия в живой природе, безусловно, должна иметь место, коль скоро мы констатируем наличие бес­конечного множества различных биологических про­цессов и взаимодействий и коль скоро они протекают в соответствии с определенными законами сохранения и константами. Изучение и открытие отвечающих этим процессам динамических симметрии и связанных с ни­ми законов сохранения, констант, построение на этой основе биологической науки, начиная от дисциплин, изучающих субмолекулярный уровень, н кончая дис­циплинами, изучающими биосферу в целом,—одна из фундаментальных задач биологии вообще н бносим-метрики в особенности.

Даже при первом подходе понятно, что динамиче­ские биосимметрнн следует искать прежде всего там, где сохранение, так сказать, лежит «на поверхно­сти»—в явлениях наследственности. При этом отрад­но отметить, что некоторые теоретико-групповые под­ходы в этом направлении с учетом данных молекуляр­ной биологии осуществлены. Так, в 1960 г. Р. Розен выступил с квантово-механической интерпретацией генетических явлений. По Розену, первичная генетиче­ская информация кодируется состоянием некоторой квантовой не обязательно наблюдаемой, переменной. Структура собственных состояний последней опреде­лялась групповым преобразованием, относительно ко­торого система оставалась инвариантной. Инвариант­ность кодовых свойств молекулы ДНК относительно перестановок идентичных оснований определяла мно­жественность аллелей и псевдоаллелей. Такая интер­претация в целом была поддержана Н. Рашевским и далее развита в терминах полугруппы с четырьмя ба­зисными элементами (нуклеотидами) К. Уве. Затем необходимо упомянуть в этой связи и работу Ш. Мо-ракацу, доказавшего возможность представления ге­нетических рекомбинаций в терминах абелевых групп (см. также работу Шиката Сиюти).

В последних своих работах Н. Рашевский и Р. Ро­зен пытаются представить сложные зависимости между структурой, свойствами н функциями биологи­ческих объектов в терминах математики отношений, которая, естественно, прямо связана с определенными преобразованиями и инвариантами. Здесь важную роль играют понятия множества, изо- и гомоморфиз­ма, т.е. взанмноодно- н одномногозначных соответст­вий между элементами различных множеств (биообъектов). Благодаря такому подходу авторам удалось теоретически предсказать существование ряда извест­ных и неизвестных биоявлений.

Поддерживая такого рода исследования живой природы, необходимо все же заметить, что во всех указанных работах сущность жизни отражается пока поверхностно и односторонне. В силу этого не прекращаются поиски все новых и новых биологических принципов и математических подходов. Например, со­вершенно новый круг проблем поднимает в работе «Воспринимаемое пространство и время» Г. Шел­линг. Принципиально иной подход к проблеме гене­тического кода недавно реализовал А. Г. Волохон-ский. Он установил любопытнейшее однозначное со­ответствие между общей структурой генетического ко­да, рядом биномиального разложения 26 и одним из платоновых тел — икосаэдром. Автор полагает, что икосаэдральная форма и пентамерная симметрия яв­ляются фундаментальными в организации живого ве­щества (хотя такие форма и симметрия хорошо из­вестны для ряда неорганических нульмерных тел, на­пример, для некоторых абиогенных точечных неорга­нических и органических молекул). С этой точки зре­ния генетический код представляется автором не как случайный продукт эволюционных блужданий (Ф. Крик, К. Уоуз), а как закономерное и необходи­мое следствие исходных принципов — икосаэдрально-сти и пентамерной симметрии, выбранных живой при­родой для его осуществления. Однако, согласно зако­ну соответствия общей теории систем (см. главу 3), генетический код должен так или иначе соответство­вать не только ряду биномиального разложения 26 и икосаэдру, но и другим системам — материальным и идеальным. Приведенные соображения делают выво­ды автора неоднозначными и спорными. Однако они ни в какой степени не снижают большой ценности установленных им красивых соответствий.

Всем сказанным мы хотели бы привлечь внимание биологов, физиков, философов, математиков к проб­леме динамической биосимметрии и биологических законов сохранения. Ввиду исключительного значения. последних для познания природы жизни необходимы энергичные поисковые работы в этом направлении, Можно надеяться, что на основе биологических зако­нов сохранения, разнообразных инвариантов, симмет­рии законов живой природы относительно тех или иных преобразований рано или поздно удастся глуб­же проникнуть в сущность живого, объяснить ход эво­люции, ее вершины, тупики, предсказать неизвестные сейчас ветви, теоретически возможные и действитель­ные числа типов, классов, семейств... организмов. И вообще нужно проанализировать вопрос о том, нельзя ли эволюцию материи в целом и внутри отдельных ее форм представить как групповые преобразования, най­ти их инварианты я на основе последних определить все возможные варианты эволюции в целом и в част­ностях, предсказать возможные ее ветви—число, ха­рактер и т. д. Таким образом, развитый здесь подход дает возможность поставить вопрос о неединственно­сти той картины.

III.ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявление различных симметрий в природе, а иногда и постулирование их стало одним из методов теоретического исследования свойств микро-, макро- и мегамира. Возросла в связи с этим роль весьма сложного и абстрактного математического аппарата – теории групп –наиболее адекватного и точного языка для описания симметрии. Теория групп – одно из основных направлений современной математики. Значительный вклад в ее развитие внес французский математик Эварист Галуа.

С помощью теории групп русский минеролог и кристаллограф Е.С.Федоров решил задачу классификации правильных пространственных систем точек – одну из основных задач кристаллографии. Это исторически первый случай применения теории групп непосредственно в естествознании.

Существенное ограничение об однородном и изотропном пространственном распределении материи во Вселенной, налагаемое на уравнения общей теории материи и составляющее основу космологического принципа, позволило А.А. Фридману предсказать расширение Вселенной

Анализируя роль принципов инвариантности современный американский физик-теоретик Э. Вигнер, лауреат Нобелевской премии 1963 г., показавший эффективность применения теории групп в квантовой механике, выделил ряд ступеней в познании, поднимаясь на которые мы глубже и дальше обозреваем природу, лучше ее понимаем. Вначале в хаосе повседневных фактов человек замечает некоторые импирические закономерности. Затем, выделяя общие свойства природных явлений и анализируя их связи, он формулирует математические законы природы, учитывая при этом начальные условия, которые могут иметь любой, даже случайный характер. Наконец, синтезируя уже известные законы, находят ряд принципов, позволяющих дедуктивным путем определить уже известные и пока неизвестные утверждения, предсказывающие те или иные физические процессы и явления

Функция, которую несут принципы симметрии, по утверждению Э. Вигнера, состоит в наделении структурой законов природы или установлении между ними внутренней связи, так как законы природы устанавливают структуру или взаимосвязь в мире явлений. Так создаются теориии, охватывающие широкий круг физических явлений и процессов.

IV.**Список литературы:**

1.Урманцев Ю.А. Симметрия природы и природа симметрии

М.:Мысль,1974.

 2.Компанеец А.С. Симметрия в микро- и макромире.М.:Наука,

1978.

 3.Химическая энциклопедия.М:Большая российская энциклопедия,1996.

 4.Физическая энциклопедия.т.4,М.:Большая российская энциклопедия,1994.

 5.Сонин А.С.Постижение совершенства (симметрия, асимметрия, диссимметрия, антисимметрия).М.:Знание,1987.

 6.Карпенков С.Х. Концепции современного естествознания.М.:”ЮНИТИ”,1997

# Государственный Университет Управления

Институт Национальной и Мировой Экономики

# Специальность Национальной Экономики

## КУРСОВАЯ

На тему

### **Проявление симметрии в различных формах материи**

Выполнен студентом Малковым А.В.

Студенческий билет №95/84-99н

Группа №2

Дата выполнения работы

 Руководитель