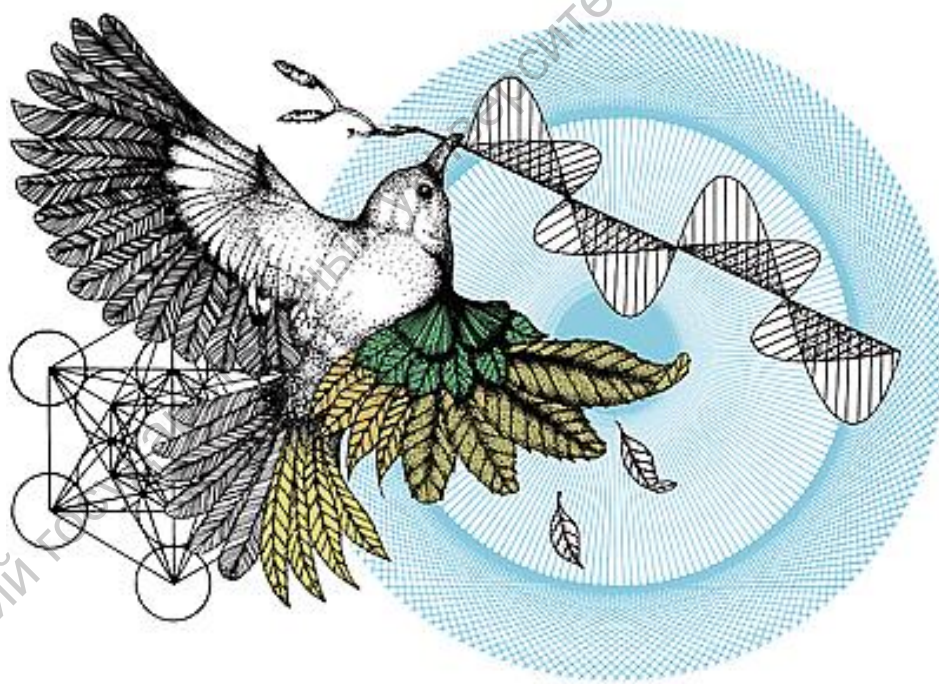


В.В. Коробко

# Естественно-научная картина мира



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
Высшего профессионального образования  
«Саратовский государственный университет имени Н.Г.Чернышевского»

В. В. Коробко

## Естественно-научная картина мира

Учебное пособие для студентов биологического факультета,  
направление подготовки 050100 «Педагогическое образование»

*Рекомендовано учебно–методической комиссией и  
Ученым советом биологического факультета СГУ  
для студентов биологического факультета,  
направление подготовки 050100 «Педагогическое образование»*

Саратов  
2014

## **Коробко В.В.**

Естественно-научная картина мира: Учебное пособие для студентов биологического факультета, направление подготовки 050100 «Педагогическое образование»

Структура учебного пособия подчинена изложению ведущих трансдисциплинарных естественнонаучных идей, в которых отражены современные представления о природе, не зависящие от области научной специализации естествоиспытателя. Такой подход позволяет установить единство естественных наук в целях построения концептуального каркаса целостной естественнонаучной картины мира.

В состав учебного пособия входят основные положения программы курса, вопросы для самостоятельной работы студентов, темы семинарских занятий, рекомендации по выполнению контрольной работы, список рекомендуемой литературы, вопросы для итоговой проверки знаний, словарь терминов.

## Введение

Мир, окружающий человека, представляет единое, целостное образование, в котором все явления и предметы связаны и взаимодействуют друг с другом. Следовательно, наше представление о мире должно отражаться в единстве нашего знания. Изучение современных концепций естествознания имеет ряд аспектов: мировоззренческий, общекультурный и специальный. Формирование научного мировоззрения - одна из задач высшего образования. Основу научного мировоззрения составляет научная картина мира, в которой природе отводится приоритетное место. Познание природы, ее развития, современного состояния и будущего необходимы для решения многих общечеловеческих проблем. Не менее важной задачей высшей школы является воспитание глубокой внутренней культуры человека. Наша эпоха - эпоха научно-технического прогресса, характеризуется активным внедрением научных достижений в различные сферы нашей жизни. В понятие культурного образованного человека входит также умение ориентироваться в новейших достижениях науки и техники, что невозможно без знаний в области естественных наук. Специальный аспект изучения естествознания очевиден. Таким образом, учебная дисциплина «ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНАЯ КАРТИНА МИРА» является обязательным компонентом в подготовке специалистов. Знания, полученные студентами при изучении курса, будут использованы ими как теоретический естественно-научный фундамент в процессе профессиональной деятельности.

В основе материала, представленного автором, лежит трансдисциплинарный подход, позволяющий установить единство естественных наук в целях построения концептуального каркаса целостной естественно-научной картины мира. Структура данной работы подчинена изложению некоторых ведущих естественнонаучных идей, в которых отражается квинтэссенция современных представлений о природе, не зависящих от области научной специализации естествоиспытателя.

Для успешного освоения данного курса необходимы базовые знания в области физики, химии, науки о Земле, биофизики, биохимии, общей биологии. В результате изучения материала курса студент должен иметь представление об основных достижениях и перспективах развития современного естествознания как фундамента наукоемких технологий, знать фундаментальные законы и методы исследования современного естествознания, лежащие в основе прогрессивных отраслевых технологий.

Данное учебное пособие предназначено для студентов педагогического отделения биологического факультета. Важной составляющей частью курса при любой форме получения образования, помимо изучения теоретического материала, являются семинарские занятия. Их цель – стимулирование самостоятельных размышлений о происходящем в природе. Рекомендуется подготовка студентами рефератов, докладов с их обсуждением на семинарских занятиях.

Большое значение для освоения учебной программы имеет самостоятельная работа студентов. Результатом самостоятельной работы студентов является выполнение контрольной работы.

## **Рабочая программа дисциплины ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНАЯ КАРТИНА МИРА**

Раздел 1. Естественно-научная культура как воплощение системы представлений о мире, отражающей целостность и многообразие окружающего мира.

Фундаментальное единство материального мира и всеобщий характер законов природы. Цивилизационная значимость естественно-научного познания. Основные характеристики и закономерности окружающего мира: единство и многообразие природных объектов и явлений; индивидуальность и тождественность явлений; взаимосвязанность всего в природе; развитие во времени и в сложности; сочетание внутренней организованности и хаотичности окружающего мира. Гуманитарные науки (человек на фоне природы) и естественно-научное знание (природа на фоне человека): от конфронтации к сотрудничеству.

Особенности естественно-научного познания. Структура научного знания, как целостной системы. Уровни научного знания. Критерии научности. Понятие научного метода. Методы естественно-научного познания.

Раздел 2. Становление естественно-научного знания.

Понятие естественно-научной картины мира, как целостной системы принципов и законов, лежащих в основе понимания окружающего нас мира. Понятие научной революции. Научные революции в истории естествознания. Закономерности научных революций.

Ретроспективный взгляд на естественно-научную картину мира. Предыстория естествознания. Миропонимание и научные достижения натурфилософии античности (атомистика, геоцентрическая космология, развитие математики и механики). Общая характеристика естествознания в эпоху средневековья. Естествознание эпохи Возрождения (гелиоцентрическая система мира, учение о множественности миров, достижения в области физики, математики, методологии, биологии и медицины). Новое время как эпоха классического естествознания. Фундаментальные концепции механистической картины мира. Корпускулярная концепция и ньютоновская механика. Законы классической механики.

Суть классической стратегии естественно-научного мышления. Естествознание в 19 веке. Континуальная концепция в физике. Формирование электромагнитной картины мира. Достижения в области химии: теория химического строения вещества, периодический закон Менделеева как подтверждение единства природы. Достижения в области биологии: клеточная теория, эволюционное учение, наследование признаков.

Естествознание 20 века. Теория относительности. Основные положения квантово-полевой картины мира. Концепция корпускулярно-волнового дуализма микрообъектов. Достижения в области квантовой физики как возможность изучения субатомного мира. Наиболее значимые достижения 20 века в области биологических наук.

Ведущие научные направления современного естествознания и актуальные проблемы. Проблема интеграции естественных наук.

Раздел 3. Основные категории современного естествознания: материя, пространство, время, движение.

Понятие материи. Формы материи. Понятие движения. Формы движения. Энергия, как мера различных форм движения. Движение с позиций общей теории систем. Понятия пространства и времени. Развитие представлений о пространстве и времени в доньютоновский период. Пространство и время в классической механике. Характеристики пространства и времени в современном естествознании. Понятие пространственно-временного континуума. Движение материи как взаимосвязь пространственно-временных отношений.

Раздел 4. Организация материи.

Понятие организации материи. Организация как упорядоченность материальных объектов и процессов. Основные формы организации материи (структура, колебание, ритмы).

Структурная организация материи. Структура материи – как стабильное неоднородное распределение материи в пространстве. Системно-структурный подход в познании природы. Основные понятия общей теории систем. Фундаментальная материя, структурные уровни и закономерности организации. Основные подходы к пониманию сущности живой материи (физикализм, механицизм, витализм). Материальная сущность и уровни организации живой материи. Структурные уровни геологической организации материи. Структурная организация нашей планеты. Космические уровни структурной организации. Взаимосвязь живого и неживого вещества биосферы.

Ритмическая организация материи. Колебание – как стабильное неоднородное распределение материи во времени. Ритмы – периодические колебания материи. Ритмы фундаментальной материи. Биологические ритмы. Ритмичность организации космических систем.

Концепция целостности в естествознании. Развитие представлений о целостности. Концепции интегральных уровней организации живой материи. Понятия, характеризующие целостность: симметрия, полярность, интеграция и дифференциация. Симметрия как согласованность отдельных частей, объединяющая их в единое целое. Типы симметрии. Симметрия формы и свойств природных объектов. Симметрия пространства и времени. Роль билатеральной симметрии в живой природе.

Информация как количественная характеристика организации системы. Понятие информации. Теория информации Шеннона К. и биологические смыслы. Информационная связь и информационная причинность. Характер целевого причинения в процессах самоорганизации и самоуправления. Семантический аспект информации. Отражение как всеобщее свойство материи и фактор эволюции.

Раздел 5. Эволюционные представления в естественно-научной картине мира.

Самоорганизация сложных природных систем как основа эволюции. Взаимопереход порядка и хаоса в природе. Необратимость в природе. Стрела времени. Механизмы структурной самоорганизации неравновесных систем. Бифуркации. Роль внешних и внутренних факторов.

Процессы самоорганизации в неживой материи. Самоорганизация на космологическом уровне организации материи: формирование Вселенной, эволюция звезд. Теории происхождения Солнечной системы (турбулентная теория, приливная теория, теория туманности и теория аккумуляции). История геологического развития Земли. Самоорганизация в химических системах (реакция Белоусова). Самопроизвольный синтез химических соединений в природе.

Происхождение и эволюция живой материи. Основные теории происхождения живой материи: теория стационарного состояния, панспермии, абиогенеза, биогенеза. Этапы возникновения жизни на Земле, согласно теории Опарина-Холдейна. Химическая эволюция. Предбиологическая эволюция. Биологическая эволюция.

Понятие о макро и микроэволюции. Основные факторы и движущие силы биологической эволюции. Синтетическая теория эволюции. Философские проблемы эволюционной теории.

## **1. Мировоззренческие и методологические проблемы естественно-научного знания**

Наука является частью культуры. Впервые понимание культуры как системы, а науки как неотъемлемого ее элемента было обосновано Н. Я. Данилевским в его работе «Россия и Европа», где выдающийся русский мыслитель рассматривает научную деятельность как культурную «в тесном значении этого слова». В этом же сочинении Данилевским впервые в истории мировой науки были сформулированы и проанализированы «законы исторического развития»,

вытекающие из «группировки его явлений по культурно-историческим типам». Позднейшие попытки сведения культуры исключительно к «духовной» ее части (О. Шпенглер, Н.А. Бердяев и др.), или к научаемому поведению человека (психологическая школа в культурной антропологии) представляют интерес лишь для представителей некоторых частных наук.

Культура понятие многогранное и всеобъемлющее, это воплощение человеческих стремлений, переживаний и достижений. Культура представлена в различных продуктах материальной и духовной деятельности, в системе норм и учреждений, в духовных и материальных ценностях. Культура как результат человеческой деятельности, и сама деятельность, имеет динамичный, развивающийся характер. Принято выделять материальную и духовную сферы культуры, которые различаются по способу воплощения результатов человеческих усилий. Материальная культура – это овеществленные достижения деятельности человека (орудия и предметы труда, жилища, одежда, предметы обихода, техника и т.п.). К духовной или идеальной культуре относят всю духовную деятельность людей, продуктом которой являются идеи, представления, научные гипотезы, художественные образы, мифологические символы, моральные и правовые нормы, религиозные воззрения и т.п. Вместе с тем разделение на материальную и духовную культуру достаточно условно, так как все предметы материальной культуры являются воплощением идей и знаний, т.е. продуктом человеческого сознания, а явления духовной культуры зачастую объективируются в материальных предметах.

В универсум духовной культуры входят наука, философия, искусство, религия, мифология, право, мораль. Наука представляет собой один из важнейших компонентов духовной культуры, функция которого заключается в разработке и теоретической систематизации объективных знаний о действительности. Наука как часть культуры решает общественные задачи путем познания общественно важных явлений и использования результатов такого познания в человеческой деятельности. Понятие «наука» включает как деятельность по получению нового знания, так и результат этой деятельности – сумму полученных научных знаний, образующих в совокупности научную картину мира. Таким образом, наука – систематизированное знание о закономерностях изучаемых объектов и явлений. Таким образом, наука представляет собой целостную систему, многообразные элементы которой связаны между собой общими мировоззренческими и методологическими основаниями. Элементами системы «наука» выступают различные научные дисциплины. Цели науки – описание, объяснение и предсказание процессов и явлений действительности на основе открываемых законов. Отражая мир в его материальности и развитии, наука образует единую взаимосвязанную, развивающуюся систему знаний о его законах. Вместе с тем она разделена на множество частных наук, которые различаются между собой тем, какую сторону действительности, форму движения материи они изучают.

В современной культуре существует две основные позиции по отношению к науке: сциентизм и антисциентизм. Сциентизм утверждает абсолютную ценность науки, понимая ее как центральный и ведущий компонент культуры,

обеспечивающий ее единство. Предполагалось, что наука способна дать ответы на все вопросы человеческого бытия и устройства мира. Научное знание рассматривалось как гарантия достижения счастья, а поскольку каждый человек разумен, основной задачей становится развитие разумной способности, т.е. просвещение. Антисциентизм делает акцент на вненаучных формах и способах постижения действительности, на спонтанности человеческого поведения и вторичности рассудка по отношению к целостности жизненных проявлений личности. Умеренный антисциентизм ставит науку в один ряд с другими формами духовной культуры. Крайний антисциентизм полностью отрицает ценность науки. Противоборство этих позиций особо остро проявлялось в эпоху НТР, когда научные достижения оказывали существенное влияние на общество.

Главной особенностью научного знания является рациональность. В науке новые сведения о реальности формулируются и выражаются в виде непротиворечивых принципов и законов. Представления о рациональности меняются от эпохи к эпохе, однако норма логической непротиворечивости остается неизменной и лежит в основании любой концепции рациональности. Другой особенностью научного знания является объективность. Наука стремится постигать действительность как можно более полно и точно, исключая субъективистские моменты. Требование объективности в случае гуманитарных и социальных наук имеет свою специфику, поскольку предметом этих наук выступает культурная и человеческая реальность, постижение которой неизбежно содержит субъективные моменты. В отличие от обыденного знания научное знание не ограничивается констатацией фактов, а стремится их объяснить, т.е. имеет объяснительный характер. Важной особенностью научного знания является также его системная организованность. Все данные науки упорядочены в теориях и концепциях, которые согласуются друг с другом и с доминирующими в ту или иную эпоху мировоззренческими представлениями о бытии, человеке, возможном и невозможном и т. п.

Научное знание отграничивается от других видов знаний (мистика, эзотерика и т.д.) по ряду критериев. Проблема критериев научности была сформулирована в философии неопозитивизма в 20 – 30-е гг. XX в. В качестве критерия научности неопозитивисты рассматривали верификацию, т.е. опытную подтверждаемость. Научные высказывания осмыслены, поскольку могут быть проверены на соответствие опыту, неверифицируемые высказывания бессмысленны. Т.о. в неопозитивистской модели наука сводилась к эмпирическому знанию, высказываниям о фактах, подтверждаемых опытом. К. Поппер в своей концепции критического рационализма предложил иной критерий отграничения научного знания от ненаучного – фальсификацию.

Согласно этому подходу научное отношение – это критическое отношение, и испытание гипотезы на научность должно заключаться не в поиске подтверждения, а в поиске опровержения. Если теория построена таким образом, что она не опровержима, то ее нельзя считать научной.

В поисках критерия научности представители философии науки пришли к выводу, что следует выделять метатеоретический уровень научного познания. Т.Кун ввел понятие «парадигма», как признанные всеми научные достижения,

которые определяют модели постановки проблем, способы их решения, являются источником методов, проблемных ситуаций, стандартов. Именно на уровне парадигмы формируются нормы отграничения научного знания от ненаучного. При смене парадигм происходит и смена стандартов научности. Выделение метатеоретического уровня научного знания представляется необходимым для понимания особенностей функционирования науки. Это именно тот уровень знания, на котором наука встречается с философией. Философские положения и принципы, таким образом, играют определяющую роль в формировании исторически изменчивых стандартов и критериев научности и рациональности.

В современной науке наряду с принципами верификации и фальсификации существуют и другие критерии. Критерий непротиворечивости предполагает, что истинное знание должно выражаться в логически непротиворечивых формах. Новое знание должно быть хорошо согласовано с теми результатами, которые уже оцениваются как истинные, то есть быть когерентно (системно). В качестве такого фундаментального знания выступают философские принципы причинности, единства мира, сохранения энергии, самоорганизации мира и т.п. Критерий эвристичности применяется, когда перечисленные выше способы отграничения истинного знания не позволяют принять решение. Из двух теорий более эвристичной является та, в которой теоретический рост опережает эмпирический, теория должна предсказывать новые факты, обеспечивать прирост знания, а не ограничиваться систематизацией уже известного. В качестве критерия может также использоваться критерий полезности: знание, которое обеспечивает деятельность, ведущую к успеху, следует рассматривать как истинное независимо от его содержания. Суть критерия простоты заключается в следующем: из двух теорий предпочтение следует отдать той, которая объясняет действительность, опираясь на меньшее количество независимых допущений, т.е. более просто.

Понятие «природа» в широком смысле охватывает всю материю, во всем многообразии ее форм. В естественных науках это понятие используется часто для обозначения совокупности естественных условий существования человека и человечества, отражая, таким образом, взаимодействие человека и природы. Наиболее полное и всестороннее описание природы возможно с помощью диалектики, как философского метода рассматривающего окружающую среду как единство и многообразие природных объектов и явлений, индивидуальность и тождественность явлений, развитие во времени и в сложности, сочетание внутренней организованности и хаотичности.

В изучении окружающего нас мира можно выделить два подхода: естественно-научный и гуманитарный. В конце XIX в. впервые была выдвинута идея различия наук о природе – естественных, гуманитарных, социальных (В. Дильтей, В. Виндельбанд, Г. Риккерт). В 60 – 70-е гг. XX в. английский историк и писатель Ч. Сноу сформулировал идею существования двух культур, которые находятся в постоянном конфликте друг с другом. В XX в. сложились три основные позиции по вопросу соотношения гуманитарного и социального познания, с одной стороны, и естествознания – с другой. 1. Науки о природе и

гуманитарные науки различаются по предмету и методу, при этом признается научный характер обеих сфер исследования. Подобный подход принят в философии жизни, экзистенциализме, герменевтике. 2. Гуманитарное и социальное знание имеет собственный предмет, однако использует методы естествознания. Гуманитарные науки, таким образом, должны подгоняться под образец наук о природе. Этот подход характерен для позитивизма. 3. Гуманитарное и социальное знание находятся за пределами научности, попадая в одну категорию с религией, мифологией. Такой точки зрения придерживается неопозитивизм.

Для нынешнего этапа развития науки характерны тесная взаимосвязь и взаимодействие между естествознанием и социальным и гуманитарным познанием. Между естественными и гуманитарными науками не может быть резкой границы, так как человек и общество неотделимы от природы, являются ее частью. Более того, концепция глобального эволюционизма, которая претендует на статус мировоззренческого основания современной науки, предполагает возможность для объединения естественных и гуманитарных наук.

Различия между этими подходами выражаются в предмете исследования, а также методах познания окружающего мира. Предметом естественных наук является природа, этапы ее развития, структурные уровни организации и т.д. Предметом гуманитарных дисциплин – вся человеческая и культурная реальность. Наиболее отчетливо различие между гуманитарной и естественнонаучной культурой проявляются в их подходе к реализации основных функций науки, которыми являются: объяснение, истолкование, предсказание. В естественных науках преобладают номологические объяснения (опирающиеся на законы), в гуманитарных науках – телеологические (опирающиеся на раскрытие мотивов, намерений, целей). Некоторые исследователи полагают, что методы объяснения являются неприемлемыми для гуманитарных наук. А способом гуманитарного исследования является метод понимания, который предполагает интерпретацию или истолкование явления. Предвидение (предсказание) по логической структуре очень близко к объяснению. Данный метод основывается на выводе высказываний о фактах из общих законов и теорий, однако сами факты остаются гипотетическими. Особенностью предсказаний является их вероятностный характер, который в большей степени свойственен предсказаниям в гуманитарных исследованиях.

Несмотря на указанные различия между гуманитарной и естественнонаучной культурой, несомненна необходимость их объединения в изучении окружающей нас природы для построения целостной картины мира. Объектом познания естественных наук является природа, изучение природы ведет к изменению представлений человека, что требует философского осмысления и истолкования. При формировании мировоззрения выделяются для изучения проблемы, которые наиболее важны с точки зрения человеческого существования. Что в свою очередь способствует решению проблем в области естественных наук.

Существующие естественнонаучные дисциплины объединены в две большие группы: фундаментальные и прикладные науки. Фундаментальные или теоретические науки ставят целью выведение опорных закономерностей, не

принимая во внимание их практическую пользу. Прикладные науки нацелены на решение конкретных практических задач.

Научным методом (от греч. – путь к чему-либо) называется система как мыслительных, так и практических правил и приемов, позволяющих достичь определенного результата, которым может быть как знание о существующей действительности, так и об изменениях в ней. Классификация научных методов осуществляется в зависимости от уровня научного знания, на котором они функционируют. В структуре естественно-научного знания выделяют эмпирический, теоретический и метатеоретический уровни познания. Так, основными методами эмпирического уровня, имеющего дело с фактами, являются наблюдение и эксперимент. На теоретическом уровне познания осуществляется выяснение закономерностей между фактами, предсказание новых. Факт признан научным, если он теоретически истолкован и включен в некую рациональную систему. Методами теоретического уровня познания являются дедукция, индукция, аналогия, моделирование. Методы, применяемые на метатеоретическом уровне, являются общеполитическими и имеют вид общеполитических приемов: анализ и синтез, абстрагирование, идеализация.

В настоящее время широко применяется для изучения окружающего нас мира системный подход. Системный метод – это метод научного познания, известный с глубокой древности. Он возник одновременно с наукой как системой знаний о закономерностях изучаемых явлений и был известен в Древней Греции в эпоху античности. Системный взгляд на мир в целом и его отдельные части встречается у Платона, Диогена, Пифагора, Аристотеля. Концепция общесистемного подхода была сформулирована австрийским ученым Л. Берталлафи, хотя у него были и предшественники, в том числе отечественный естествоиспытатель, экономист, философ А.А.Богданов. Основная идея Берталлафи заключалась в том, что сложные системы различной природы, имеющие разное строение и состав, функционируют по общим законам. Следовательно, и знания, полученные при исследовании одних систем, можно переносить на изучение других систем, даже если они имеют иную природу.

Глобальные задачи, стоящие в настоящее время перед человечеством, требуют для своего решения привлечения специальных знаний из разных областей науки. Настоящее время – время обобщения полученных результатов во многих областях знаний. Итогом этого обобщения должна стать некоторая система взглядов на мир, окружающий нас, как единую систему.

#### *Вопросы для самостоятельного изучения*

1. Возможности и ограничения методов естественно-научного познания.
2. Модель как основа естественно-научной теории. Типы научных моделей и способы научного моделирования.
3. Эксперимент как средство оценки качества теоретического знания.
4. Проблема интерпретации эксперимента. Вклад Н. Коперника в формирование естественно-научного взгляда на эксперимент.

## **2. Становление естественно-научного знания**

### **2.1. Естественно-научная картина мира, как целостная системы принципов и законов, лежащих в основе понимания окружающего нас мира.**

Научная картина мира – это целостная система представлений об общих свойствах и закономерностях природы. Обобщенная характеристика предмета исследования вводится в картину мира посредством представлений: о фундаментальных объектах, из которых полагаются построенными все другие объекты, изучаемые соответствующей наукой; о типологии изучаемых объектов; об общих закономерностях их взаимодействия; о пространственно–временной структуре реальности. Картина мира обеспечивает систематизацию знаний в рамках соответствующей науки. С ней связаны различные типы теорий научной дисциплины (фундаментальные и частные), а также опытные факты, на которые опираются и с которыми должны быть согласованы картины реальности. Одновременно она функционирует в качестве исследовательской программы, которая направляет постановку задач как эмпирического, так и теоретического поиска и выбор средств их решения.

Картины реальности, развиваемые в отдельных научных дисциплинах, не являются изолированными друг от друга, они взаимодействуют между собой. Вначале они развиваются как фундаментальные идеи и представления соответствующих дисциплинарных исследований, а затем включаются в общую научную картину мира, которая выступает особой формой теоретического знания. Она интегрирует наиболее важные достижения естественных, гуманитарных и технических наук. В последние годы XX в. стали говорить о том, что лидером естествознания становится биология. Это выразилось, в том числе, и в усилении влияния, которое оказывает биологическое знание на построение научной картины мира. Идеи биологии постепенно приобретают универсальный характер и становятся фундаментальными принципами других естественно-научных дисциплин. В частности, в современной науке такой универсальной идеей является идея развития, проникновение которой в космологию, физику, химию, антропологию, социологию и т. д. привело к существенному изменению взгляда человека на мир.

Революции в отдельных науках, меняя видение предметной области соответствующей науки, постоянно порождают изменения естественно-научной и общенаучной картин мира, приводят к пересмотру ранее сложившихся в науке представлений о действительности. Однако связь между изменениями в картинах реальности и кардинальной перестройкой естественно-научной и общенаучной картин не однозначна. Нужно учитывать, что новые картины реальности вначале выдвигаются как гипотезы. Гипотетическая картина проходит этап обоснования и может весьма длительное время сосуществовать рядом с прежней картиной реальности. Вхождение новых представлений о мире, выработанных в той или иной отрасли знания, в общенаучную картину мира не исключает, а предполагает конкуренцию различных представлений об исследуемой реальности.

Таким образом, развитие науки идет через опровержение и смену теорий и представляет собой непрерывный процесс пересмотра знаний. По мысли Т. Куна, развитие науки есть революционный процесс смены парадигм. Т. Кун выделяет два этапа развития науки – период нормальной науки и период кризиса. Период нормальной науки – это развитие научного знания в рамках определенной парадигмы. На этом этапе происходит накопление эмпирических данных, которые находят приемлемую интерпретацию с помощью привычных средств. Постепенно появляются новые эмпирические данные, которые не поддаются объяснению, выясняются такие факты, которые напрямую противоречат устоявшимся научным положениям. Для их объяснения начинают создаваться новые методики, которые позволяют лучше объяснить известные факты и предсказать новые. В результате научное сообщество отказывается от прежней парадигмы и формирует новую. Момент смены парадигм Т. Кун называет кризисом в науке или научной революцией. Выбор в пользу новой парадигмы осуществляется как на рациональных, так и на нерациональных основаниях. Большая часть членов научного сообщества должна верить, что новая парадигма предлагает лучшие средства решения научных задач. Однако эта вера, по мнению Т. Куна, все же опирается на рациональные основания, заложенные в логике развития самого научного знания.

## 2.2. Ретроспективный взгляд на естественно-научную картину мира.

Миропонимание и научные достижения натурфилософии античности, средневековья, эпохи Возрождения. До появления научных представлений о природе люди задумывались об окружающем их мире, его строении и происхождении. В процессе трудовой деятельности люди взаимодействовали с природой, познавали ее закономерности с целью жизнеобеспечения. Поэтому наши предки имели некоторые элементарные представления о природе, на основе которых в будущем образовались такие естественные науки, как география, метеорология, климатология, зоология, ботаника, ихтиология, агрономия, минералогия и т. д. Зачатки будущих наук появились в XII–X вв. до н.э. в крупнейших цивилизациях древности.

В античности естествознание – наука о природе, функционировала исключительно в форме «натурфилософии». Натурфилософы уже на самых ранних этапах возникновения научного естествознания стали объяснять происхождение и устройство мира, исходя из него самого, а не из искусственных мифологических построений. В этот период развития естествознания сформировался важный методический принцип: не преумножать незнание придумыванием необоснованных причинностей. Этот принцип был переформулирован в XIV в. английским монахом и философом У. Оккамом: «не умножай сущностей сверх необходимости», и получил название «бритвы Оккама». В Древней Греции формируются две гипотезы строения материи: а) континуальная (Фалес и Анаксимандр) – материя непрерывна и заполняет все пространство; б) атомистическая (Левкипп и Демокрит) – материя прерывна (дискретна), состоит из

неделимых частиц, не заполняющих все пространство. Эти две идеи конкурировали на протяжении истории естествознания до XX в.

Основным итогом развития естествознания античного периода стало утверждение науки как особой формы познания мира. В эпоху античности возникли такие научные методы, как: наблюдение; догадка; индукция; дедукция; аналогия; анализ; синтез; моделирование (мысленное); систематика и некоторые другие. Натурфилософия использует общие философские принципы для объяснения природы, компенсируя недостаток конкретных данных общими философскими рассуждениями. При этом высказывались идеи, которые значительно опережали результаты конкретных исследований, и представляют собой основные концепции природы в целом и ее компонентов.

Одними из самых выдающихся представителей науки и культуры эпохи античности стали Сократ, Платон и Аристотель. В частности Аристотель (384–322 до н. э.) – науковед, методолог, философ, естествоиспытатель. Наряду с выдающимися результатами собственных исследований он описал и обобщил все научные знания, которые были известны в его время. В области астрономии Аристотель усовершенствовал теорию гомоцентрических сфер, созданную Евдоксом. В области биологии он первым стал вскрывать животных, разделил зоологию на анатомию, физиологию и эмбриологию. Понятие «жизнь» он определил как способность к самообеспечению, а также к независимому росту и распаду. Большое внимание Аристотель уделил исследованию взаимоотношений элементов материи. Придерживаясь континуальной точки зрения о глубинном строении материи, он впервые взялся за решение вопроса взаимообусловленности строения и свойств вещества и составил схему стихий–свойств.

В античной натурфилософии природу разделяли на совершенный небесный космос и несовершенный земной мир. Сам термин «космос» обозначал у древних греков всякую упорядоченность, организацию, совершенство, согласованность и даже военный строй. С появлением экспериментального естествознания и научной астрономии в эпоху Возрождения была показана явная несостоятельность подобных представлений. Новые взгляды на окружающий мир стали основываться на результатах и выводах естествознания соответствующей эпохи и стали поэтому называться естественно–научной картиной мира. Принципиальное отличие нового метода исследования природы от натурфилософского состояло в том, что гипотезы систематически проверялись опытом. Переход к экспериментальному изучению природы и математическая обработка результатов экспериментов позволили Галилею открыть законы движения свободно падающих тел, применив для исследования природы математический анализ. Предприняв эксперименты с падением тяжелых тел (пушечных ядер), Галилей установил, что этот путь пропорционален их ускорению, равному  $9,81 \text{ м/с}^2$ . Из астрономических достижений Галилея следует отметить открытие спутников Юпитера, а также обнаружение пятен на Солнце и гор на Луне, что подрывало прежнюю веру в совершенство небесного космоса. Крупный шаг в развитии естествознания ознаменовался открытием законов движения планет. На основании многолетних систематических наблюдений движения Марса,

сделанными датским астрономом Т. Браге (1546–1601), И. Кеплер (1571–1630) выдвинул гипотезу, что траекторией планет, является не окружность, а эллипс. Открытие законов движения планет Кеплером имело большое значение для развития естествознания. Оно свидетельствовало о том, что движение земных и небесных тел подчиняются определенным естественным законам, а сам путь открытия законов движения небесных тел в принципе не отличается от открытия законов земных тел. Эти достижения в науке эпохи Возрождения заложили основы для создания первой научно–естественной картины мира в Новое время, названное эпохой классического естествознания.

Новое время как эпоха классического естествознания. Фундаментальные концепции механистической картины мира. Формирование классической механики происходило по двум направлениям: 1) обобщение полученных ранее результатов и, прежде всего законов движения свободно падающих тел, открытых Галилеем, а также законов движения планет, сформулированных Кеплером; 2) создание методов для количественного анализа механического движения в целом. Решающую же роль в становлении механики сыграл, как уже отмечалось, экспериментальный метод, который обеспечил возможность проверять все догадки, предположения и гипотезы с помощью тщательно продуманных опытов.

И.Ньютон выдвигает новый принцип исследования природы, согласно которому нужно вывести общие начала движения из явлений и изложить, каким, образом свойства и действия всех телесных вещей вытекают из этих явных начал. Эти начала представляют собой основные законы механики, которые Ньютон точно формулирует в своем главном труде «Математические начала натуральной философии» (1687). Первый закон – закон инерции, утверждает, что всякое тело продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменить это состояние. Конечно, в реальных движениях никогда нельзя полностью освободиться от воздействия сил трения, сопротивления воздуха и других внешних сил, и поэтому закон инерции представляет собой идеализацию. Второй основной закон занимает в механике центральное место: изменение количества движения пропорционально приложенной действующей силе и происходит по направлению той прямой, по которой эта сила действует. Третий закон Ньютона гласит: действию всегда есть равное и противоположно направленное противодействие, иначе взаимодействия двух тел друг на друга между собой равны и направлены в противоположные стороны.

При разработке законов И.Ньютон ориентировался на аксиоматический метод, примененный Евклидом при построении элементарной геометрии. Однако вместо аксиом он опирался на принципы, а математические доказательства отличал от экспериментальных, поскольку последние имеют не строго достоверный, а лишь вероятностный характер.

Основные положения механистической картины мира: 1) все состояния механического движения тел по отношению ко времени оказываются в принципе одинаковыми, поскольку время считается обратимым; 2) все механические процессы подчиняются принципу строгого детерминизма, суть которого

состоит в признании возможности точного и однозначного определения состояния механической системы ее предыдущим состоянием; 3) пространство и время имеют абсолютный характер; 4) сводимость закономерностей всех форм движения материи к законам простейшей его формы – механическому движению. Все перечисленные и некоторые другие особенности предопределили ограниченность механистической картины мира, которые преодолевались в ходе последующего развития естествознания.

Суть неклассической стратегии естественно-научного мышления 19 века. Континуальная концепция в физике. Развитие теории тепловых процессов и опытной теплофизики доказало, что эти явления не вписываются в механистическую картину миру, но вполне доступны для физического познания. Важное значение имели работы Р.Броуна, Б.Румфорда, Ю.Майера, Д.Джоуля, Л.Гельмгольца. Л.Гельмгольц (1821–1894) ввел понятие энергии и дал формулировку закону сохранения и превращения энергии: при всех физических и химических процессах общее количество энергии сохраняется, она только превращается из одной формы в другую в эквивалентных количествах. Открытие этого закона, возродило молекулярно–кинетические представления о хаотическом движении молекул. Их описанием и исследованием занялась статистическая физика, яркими представителями которой стали Д.Максвелл, Д.Гиббс, Л.Больцман. Установление количественных связей между энергетическими характеристиками веществ (механическими и тепловыми) привели к созданию термодинамических законов, являющихся, как и законы Ньютона, законами природы, полученными эмпирическим путем и отражающими мироустройство. В развитие термодинамики значительный вклад внесли Н.Карно, Б.Клайперон, У.Томпсон (лорд Кельвин), Р.Клаузиус.

Электрические и магнитные явления были известны давно, но ранее изучались обособленно друг от друга. Дальнейшее их исследование показало, что между ними существует глубокая взаимосвязь. В XIX веке механистическая картина мира была дополнена электромагнитной. Датский ученый Эрстед (1777–1851) обнаружил, что электрический ток создает магнитное поле. М.Фарадей (1791–1867), вращая замкнутый контур в магнитном поле, открыл, что в нем возникает электрический ток. На основе опытов Фарадея и других ученых Д. Максвелл (1831–1879) создал электромагнитную теорию. Таким образом, было показано, что в мире существует не только вещество в виде тел, но и разнообразные физические поля. Одно из них, ранее известное как сила притяжения, возникающая между материальными телами, называется гравитационным полем. Электромагнитное поле является особой формой материи, порождаемой электрическими зарядами, но не обладающей ни зарядом, ни массой. Тем не менее, поле обладает энергией и импульсом и может существовать независимо от породивших его зарядов, распространяться в пространстве в виде электромагнитных волн и оказывать на тела механическое воздействие. Уравнения Максвелла имеют сложное математическое выражение в дифференциальной и интегральной формах, поэтому мы приводим их словесный эквивалент: 1) переменное электрическое поле и электрический ток создают магнитное поле; 2) переменное магнитное поле создает переменное электрическое по-

ле; 3) электрическое поле создается электрическим зарядом; 4) единичных магнитных зарядов (монополь) не существует.

В XIX веке также были получены важнейшие знания фундаментального характера в области химии (периодический закон, закономерности химических соединений), биологии и геологии (клеточная теория, законы биологической и геологической эволюции, законы генетики). Все более стало очевидно единство природных процессов. Эволюционная концепция была распространена почти на все виды природных объектов: в дополнение к астрономии она была установлена в геологии и биологии, оставались не охваченными ею физика и химия. Что касается физики как лидера естествознания, то ее достижением стало утверждение второй физической картины мира, названной электромагнитной.

Электромагнитная картина мира включает в себя механическую картину, она не отменяет законов Ньютона, в том числе действие закона всемирного тяготения, но основной упор в ней делается на закономерности электромагнитного взаимодействия. Основные положения электромагнитной картины мира: 1) все тела природы состоят из материальных частиц, обладающих, кроме массы, электрическим зарядом (положительным, отрицательным или нейтральным); масса, заряд, энергия материальных частиц являются непрерывными переменными величинами (с математической точки зрения); 2) между заряженными частицами действуют силы электромагнитного взаимодействия, подчиняющиеся законам электродинамики; переносчиком этого взаимодействия является электромагнитное поле, обладающее энергией, которая может изменяться непрерывно; 3) материальные частицы в своем движении подчиняются законам механики Ньютона; 4) пространство и время являются абсолютными, не зависящими от материи.

Концепция поля уже содержала в себе единство континуального и дискретного строения материи, так называемый «корпускулярно-волновой дуализм», окончательно математически утвержденный в XX в.

*Вопросы для самостоятельного изучения.*

1. Миропонимание и научные достижения натурфилософии античности (атомистика, геоцентрическая космология, развитие математики и механики).
2. Общая характеристика естествознания в эпоху средневековья.
3. Естествознание эпохи Возрождения (гелиоцентрическая система мира, учение о множественности миров, достижения в области физики, математики, методологии, биологии и медицины).
4. Фундаментальные концепции механистической картины мира: корпускулярная концепция и ньютоновская механика. Лапласовский детерминизм.
5. Суть классической стратегии естественно-научного мышления.
6. Континуальная концепция в физике. Понятия физического поля, электромагнитной волны.
7. Развитие теории тепловых процессов. Законы термодинамики.
8. Развитие теории электромагнетизма. Формирование электромагнитной картины мира.
9. Достижения естествознания 19 века в области химии (теория химического строения вещества, периодический закон Менделеева как подтверждение единства природы) и биологии (клеточная теория, эволюционное учение, наследование признаков).

### 2.3. Основные достижения естественно-научного знания XX века

Важнейшим событием естествознания XX века было создание специальной теории относительности (СТО) А.Эйнштейна. Это стало возможным после того, как он постулировал, что скорость света в вакууме постоянна во всех инерциальных системах отсчета. Им был разработан принцип относительности: все физические законы – как механические, так и электромагнитные, тепловые и др. – имеют одинаковый вид во всех инерциальных системах отсчета. Согласно СТО, во-первых, при скоростях движения близких к скорости света законы механики не выполняются. Во-вторых, скорость любого тела не превышает скорость света в вакууме. В-третьих, законы механики являются предельными для СТО и приблизительно выполняются для очень малых скоростей движения. Все теоретические положения СТО подтверждены экспериментально до 30-х гг. XX века.

Значительную роль в крушении прежней картины мира имели работы М.Планка (1858–1947), который ввел понятие кванта энергии электромагнитного поля, в результате чего энергию стали считать дискретной. В 1897 г. Д.Томсон экспериментально открыл электроны, опровергнув идею неделимости атомов. Доказательствами делимости атомов явились открытие явления радиоактивности А.Беккерелем (1852 – 1908), обнаружение нейтронов, фотонов. В 1911 г. Э.Резерфордом создана планетарная модель атома, в которой движение электронов вокруг ядра подобно обращению планет вокруг Солнца. Для преодоления ряда сложностей данной модели, Н.Бор (1885–1962) сформулировал два постулата. Первый утверждает, что атомы в устойчивом состоянии не поглощают и не излучают энергию; при этом электроны вращаются по стационарным орбитам, которым соответствуют определенные значения энергии. Согласно второму постулату, поглощение или излучение энергии происходит только при переходе электронов с одной стационарной орбиты на другую; при этом один электрон поглощает один фотон и переходит на орбиту с большей энергией, при обратном переходе он фотон излучает.

Еще более радикальные изменения в учении о пространстве и времени произошли в связи с созданием общей теории относительности. Эта теория впервые ясно и четко установила связь между свойствами движущихся материальных тел и их пространственно-временной метрикой. Теоретические выводы из нее были экспериментально подтверждены во время наблюдения солнечного затмения. Согласно предсказаниям теории, луч света, идущий от далекой звезды и проходящий вблизи Солнца, должен отклониться от своего прямолинейного пути и искривиться, что и было подтверждено наблюдениями. Общая теория относительности показала глубокую связь между движением материальных тел, а именно тяготеющих масс и структурой физического пространства – времени.

Важнейшим шагом на пути к созданию новой картины мира стала теория Л.Бройля (1892–1987) о том, что любое тело, имеющее массу и движущееся с определенной скоростью, является волной, характеризующейся длиной. Длина могла быть рассчитана как отношение постоянной Планка к импульсу тела.

Теория Бройля подтвердила корпускулярно–волновой дуализм волн–частиц, показав, что дискретность и континуальность отражают две стороны единого корпускулярно–волнового строения материи. Для описания и исследования микрообъектов была разработана квантовая физика, которая рассматривает так называемые волновые функции, зависящие от координат, и теоретически задающие вероятность нахождения микрочастицы в конкретной точке пространства в определенное время.

К концу 30-х годов электродинамическая картина мира заменена на квантово–полевою. Основные положения третьей физической картины мира. 1) Все объекты природы состоят из элементарных частиц и физических полей. Частицы являются одновременно и корпускулами, и волнами, в разных условиях они проявляют либо корпускулярные, либо волновые свойства. Все физические характеристики частиц и полей являются дискретными, т. е. квантуются. 2) Между телами природы и внутри них действуют 4 фундаментальных взаимодействия: гравитационное, электромагнитное, сильное и слабое. В общем случае все фундаментальные взаимодействия могут проявлять себя в виде как притяжения, так и отталкивания в соответствии с законами каждого из взаимодействий. Это при определенных условиях обеспечивает существование стабильных материальных структур, где силы притяжения и отталкивания уравновешиваются. 3) Материальные объекты в своем движении подчиняются законам квантовой физики (механики и электродинамики), включая и их релятивистские варианты: для сверхбольших скоростей и сверхтяжелых масс. 4) Пространство и время являются относительными, их характеристики изменяются в зависимости от материального наполнения, а в отсутствие материи пространство и время не могут существовать.

Важнейшие открытия первой половины XX века в биологических науках способствуют развитию генетики, молекулярной биологии.

#### *Вопросы для самостоятельного изучения*

1. Концепция корпускулярно–волнового дуализма микрообъектов. Принцип неопределенности Гейзенберга. Принцип дополнительности Бора.
2. Достижения в области квантовой физики как возможность изучения субатомного мира. Принципиальные следствия из квантовой механики.
3. Основные положения теории относительности и специальной теории относительности.
4. Временная организация систем с позиций теории относительности.
5. Наиболее значимые достижения 20 века в области биологических наук.

### 2.4. Проблема интеграции естественных наук

За время существования естествознания как науки, примерно с VI века до н. э. и до настоящего времени, понимание его задач, методов, критериев научности и других составляющих претерпело существенные изменения. В античную эпоху – эпоху натурфилософии естествознание представляло единую науку, отражающую единство природы – «логос». По мере развития, накопления и углубления знаний универсальный подход встречался с трудностями по-

знания большого количества природных объектов и процессов. Возникли специальные науки, которые в Новое время (XVII в.) приобрели основные черты современных наук. В настоящее время процессы дифференциации в естественных науках выражены в выделении огромного количества частных дисциплин, которые имеют разные предметы изучения, методы исследования, уровни развития, степени точности. При этом единый взгляд науки на природу в целом утрачен. Поэтому в современную эпоху, когда накоплен громадный объем научных знаний об очень многих объектах и явлениях природы: от элементарных частиц до Вселенной в целом, весьма актуальна проблема объединения достижений разных естественных наук в единое целое. Но решить эту проблему пока не удастся, так как не существует единого мнения о принципах и подходах для решения проблемы интеграции естествознания.

В настоящее время методология и науковедение предлагают использовать ряд принципов для объединения естественных наук. К ним относятся общепроисторический подход в развитии естествознания с параллельным изучением достижений отраслевых наук в соответствующие эпохи; универсальный (глобальный) эволюционизм природы, которая исторически развивалась в целом по единому сценарию; философский анализ и синтез достижений естествознания; математические модели естествознания, так как математика, отвлекаясь от качественной определенности объектов, может получать результаты, справедливые для всех отраслевых наук; цикличность (ритмичность) природы, сопровождающие все природные процессы, разделяемые учеными по отраслевому принципу; структурная организация природных объектов, распространяющаяся на все объекты природы; симметрия природных объектов, свойственная всем объектам, изучаемым отраслевыми науками.

### **3. Основные категории современного естествознания: материя, пространство, время, движение**

Категории (от греч. – определение, суждение) в философии – наиболее общие понятия, относящиеся к миропониманию в целом. В настоящее время в естествознании выделяют такие категории, как материя, движение, пространство, время.

Понятие материи. Понятие «материи» ввел в научный оборот Платон в IV веке до н.э. Одновременно им было введено понятие «идеи», как противопоставление материальному миру, являющееся прообразом всех вещей. Со времени Платона и до настоящего времени в науке существуют и соперничают два общенаучных полярных течения: материализм и идеализм. Наиболее яркими представителями первого течения в Новое время были К.Маркс и Ф.Энгельс. По Марксу идеальное есть не что иное, как материальное, пересаженное в человеческую голову и преобразованное в ней. То есть, идеальное произошло из материального. Согласно представителю идеалистического мировоззрения Гегелю материя (в том числе – природа) есть инобытие Абсолютной Идеи, то есть материальное произошло из идеального. Вопросы соотноше-

ния материи и сознания решаются философией и многими другими науками, и пока эти вопросы окончательно не решены.

Материя – объективная реальность, которую естественная наука познает, но до познания глубинного строения материи еще далеко. Все представления о глубинных процессах материального мира носят пока теоретический (модельно–умозрительный) характер. Согласно 3–ей физической картине мира материальные объекты аккумулируют в себе как вещественные (корпускулярные), так и полевые (континуальные) свойства материи. Однако реализовать на практике одновременно и корпускулярные и полевые свойства, как правило, не удастся. Исключение составляют микрообъекты (например, электроны), для которых возможно одновременное проявление волновых и корпускулярных свойств, т. е. корпускулярно–волновой дуализм. Для микрочастиц также характерно соотношение В.Гейзенберга, называемое принципом неопределенностей. Согласно этому принципу, у микрочастиц не могут быть одновременно определены (заданы) корпускулярная характеристика (координата) и волновая характеристика (импульс).

Взаимопереходы поля и вещества возможны, при этом обязательно выполняется закон сохранения энергии:  $2 mc^2 \leftrightarrow 2 h\nu$ , т. е. энергия двух частиц массами  $m$  превращается в энергию двух квантов (фотонов) частотой  $\nu$ . В настоящее время ученые–естествоиспытатели склоняются к мнению, что существует и третий вид – физический вакуум. Вакуум может рождать вещество и поле, может их поглощать. При этом вакуум является колоссальным хранилищем энергии, которая может «материализоваться» в виде вещества и поля.

Понятие движения. Движение с позиций теории систем. Понятие всеобщего движения как неотъемлемого свойства Материи ввел Гераклит – «все течет, все изменяется». Аристотелем были выделены 4 типа движения: 1) механическое (изменение места); 2) физическое (изменение свойств); 3) химическое (изменение структуры вещества); 4) объемное. Ф.Энгельс классифицировал виды движения, расположив их от простого к сложному: механическое – физическое – химическое – биологическое – социальное. В настоящее время выделяют физическое, химическое, биологическое и интеллектуальное движение материи. Основной количественной характеристикой движения материи является энергия. Понятие «энергии» введено в середине XIX в. При всех процессах, связанных с превращениями энергии, подразумевается, что материя при этом как–то изменяется, движение материи тоже претерпевает изменения. Например, когда в процессе химической реакции выделилась тепловая энергия, это значит, что в реакционной среде возросла средняя скорость движения молекул. Таким образом, движение и его количественная характеристика – энергия без материи не существуют.

После возникновения общей теории систем категория «движение» обогатилась новым содержанием. Движение материи – это системный процесс изменения ее состояния с течением времени. При этом возможны следующие варианты поведения сложных систем. Если в системном процессе не меняется ни состав системы, ни ее структура (по крайней мере последние изменения несущественны), то говорят о функциональных изменениях в системе. Примеры: а)

в физике – изменения тел в пределах одного агрегатного состояния, механические движения тел при сохранении их целостности; протекание электротока в проводниках; б) в биологии – все физиологические процессы в норме, обеспечивающие осуществление функций органов и систем организма в поддержании жизнедеятельности; в) в геологии – движения рек, морские течения, приливы и отливы; г) в астрономии – движения планет, звезд, галактик.

Когда в системном процессе существенно меняется структура, но не меняется состав, то говорят о динамических изменениях в системе. Примеры: а) в физике – изменения агрегатных состояний, механические движения тел с нарушением их целостности (разрывы бомб на осколки); б) в химии – изменение конфигураций молекул в растворах; в) в биологии – соединения животных в стада, птиц – в стаи; г) в геологии – землетрясения, круговороты веществ; д) в астрономии – взрывы звезд и галактик, падение метеоритов.

Если изменяются и структура, и состав, то говорят об органических изменениях. Примеры: а) в физике – радиоактивные превращения элементов; б) в химии – все химические реакции (соединения, разложения, замещения); в) в биологии – все патологические процессы в организме, смерть организма; г) в геологии – извержения вулканов; д) в астрономии – внутризвездные процессы.

В случае, когда органический процесс протекает достаточно длительно, то говорят о развитии системы. При этом возможны два основных направления: а) прогрессивное развитие (эволюция); б) регрессивное (регресс, инволюция). В первом случае система по мере развития усложняется, приобретает новые свойства и качества, часто усложняется, совершенствует структуры.

Понятие пространства. Пространство и время, с философской точки зрения – формы существования материи. Пространство – характеристика протяженности материальных объектов и процессов. Количественным выражением является расстояние, которое в системе СИ измеряется в метрах (м).

$$1 \text{ м} = \frac{1}{299\,792\,458} \text{ доля расстояния, которое свет проходит в вакууме за } 1 \text{ с.}$$

На протяжении истории естествознания представления о пространстве заметно менялись. По классическим представлениям физические характеристики сводились к трем основным: 1) пространство абсолютно – оно независимо от материи и служитместилищем материи; 2) пространство однородно – во всех точках пространства его физические свойства одинаковы; 3) пространство непрерывно – какой бы малый объем пространства не выделялся, пространство остается.

Современные представления о физических свойствах представленной категории противоположны: 1) пространство относительно – не существует вне материи; 2) пространство неоднородно – его физические свойства различаются в разных его точках; 3) пространство дискретно, т. е. перестает существовать ниже значения некоторой длины, так называемого кванта пространства. Квант пространства равен  $10^{-35}$  м.

Геометрические характеристики пространства с точки зрения классических концепций: а) трехмерность, б) двунаправленность, в) евклидовость. Мерность

пространства означает число независимых координат, достаточных для точного задания положения точки. Двухнаправленность пространства означает, что положительные и отрицательные направления осей координат равноправны. Если поменять направления соответствующих положительных и отрицательных полуосей, принципиально ничего не изменится, кроме знаков координат. Наконец, евклидовость пространства означает, что для него выполняются правила геометрии Евклида – математики эпохи эллинизма.

Согласно современным концепциям естествознания классические геометрические характеристики пространства выполняются приблизительно. А именно: пространство в доступных науке границах исследования трехмерно, однако в некоторых точках, физически экстремальных, трехмерность может изменяться в большую сторону. Например: внутри ядер атомов. По мнению некоторых ученых трехмерность пространства является огромным благом для мира, в котором мы живем. В трехмерном пространстве площадь поверхности сферы растет пропорционально квадрату радиуса:  $S=4\pi r^2$ , где  $S$  – площадь,  $r$  – радиус. Это означает, что интенсивность силового взаимодействия (притяжения и отталкивания) изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния. В 4–мерном пространстве интенсивность силы будет убывать обратно пропорционально кубу расстояния. А в 2–мерном пространстве интенсивность силы будет убывать обратно пропорционально 1–й степени расстояния. То есть в 4–мерном пространстве силы быстро убывают с расстоянием, и структуры неустойчивы. Наоборот, в 2–мерном пространстве силы медленно убывают с расстоянием, и структуры на большом расстоянии сверхустойчивы, инертны. Для трехмерного пространства характерна «золотая середина» – структуры в определенной мере устойчивы, в определенной подвижны, могут распадаться, перегруппировываться и поддерживать развитие материи.

Наиболее спорным вопросом является евклидовость пространства. Суть неевклидовых геометрий (Я. Больяй, К. Гаусс, Н. Лобачевский, Г. Риман) сводится к идеям кривизны пространства. Однако в настоящее время вопросы кривизны пространства фигурируют только в умозрительных моделях. Согласно теории относительности Эйнштейна, геометрия пространства определяется характером поля тяготения, которое определено взаимным расположением тяготеющих масс. Вблизи больших тяготеющих масс происходит искривление пространства и замедление хода времени.

Понятие времени. Время, как категория естественно-научного знания, характеризует продолжительность течения процессов. Количественным выражением является промежуток времени. В системе СИ выражается в секундах.  $1\text{с} = 9192631770$  периодам излучения определенного электронного перехода в атоме цезия–133. Согласно классическим представлениям о времени, оно абсолютно – существует само по себе, однородно – течет равномерно, непрерывно – никогда не прерывается даже на миг. Современные представления о времени противоположны классическим представлениям. Время относительно – не существует без материи, неоднородно – течет по-разному в разных точках пространства, дискретно – не существует промежутка времени меньше некой предельно малой величины, так называемого кванта времени ( $10^{-44}$  с).

Современные представления о геометрических характеристиках времени не противоречат классическим: время одномерно и однонаправлено. Свойство одномерности означает, что для описания временного промежутка достаточно одна числовая ось – хронологическая. Свойство однонаправленности означает, что время течет в одном направлении. А.Эддингтон ввел понятие «стрелы времени». Однако квантовая механика и теория относительности выяснили, что все математические выражения законов физики допускают подстановку времени как со знаком «+», так и со знаком «-». При этом результат не меняется. Существуют разные гипотезы для разрешения такого противоречия между теорией и опытом. Одна из них пытается объяснить отсутствие обратного хода времени пренебрежимо малой вероятностью такого процесса, который на практике просто не реализуется. Для наглядного объяснения такой возможности в естествознании вводится концепция «светового конуса» (приложение, рис. 1). Пространство и время в современном естествознании являются не геометрически-умозрительными объектами, а материальными, как материя и движение. Впервые попытку объединить эти категории делал в 1690 г. английский философ Д.Локк.

Структура пространства-времени. Значительным шагом в понимании пространства и времени было создание теории относительности в физике XX века. Специальная теория относительности, разработанная А.Эйнштейном, показала, что в физическом мире пространственные и временные интервалы меняются при переходе от одной системы отсчета к другой. Причем, при увеличении относительной скорости движения системы отсчета пространственные интервалы сокращаются, а временные растягиваются. Концепцию пространства-времени возродил Г. Минковский (1842–1909) в 1907 г. Для теоретического отображения им была предложена система координат-времен, в которой к трем взаимно перпендикулярным пространственным осям OX, OY и OZ добавлена четвертая перпендикулярная ось, масштаб которой установлен в единицах  $ct$ , где  $c$  – скорость света,  $t$  – время. Такая четырехмерная система отсчета называется пространственно-временным континуумом, а точки в таком абстрактном пространстве соответствуют не геометрическим координатам, а событиям, которые описываются в месте и времени. Причем, при переходе от одной системы отсчета к другой, пространственные и временные свойства системы порознь являются изменчивыми, но пространственно-временные интервалы остаются инвариантными (приложение, рис. 2).

Одной из важных проблем является вопрос о направленности течения времени. В ньютоновой концепции это свойство времени считалось само собой разумеющимся и не нуждающимся в обосновании. У Лейбница необратимость течения времени связывалась с однозначной направленностью цепей причин и следствий. Современная физика конкретизировала и развила это обоснование, связав его с современным пониманием причинности. По-видимому, направленность времени связана с такой интегральной характеристикой материальных процессов, как развитие, являющееся принципиально необратимым.

Появление живой природы связано с формированием специфического типа ее пространственно-временной организации, как бы вписанного во внешнее по

отношению к нему пространство–время неживой природы. Особенности пространственно–временной организации проявляются на всех уровнях организации живой материи. К особенностям пространственной организации относят сочетание симметрии и асимметрии формы и свойств биологических объектов. В.И.Вернадский, отмечая эту особенность, подчеркивал принципиально неевклидов характер пространственной асимметрии, свойственной живым организмам. Для трехмерного евклидова пространства макромира, понятия «правого» и «левого», определяющие хиральность биологической материи, тождественны. Согласно гипотезе В.И.Вернадского, биосферу следует рассматривать, как сложную композицию различных неевклидовых пространств организмов и локальных евклидовых пространств неорганических объектов, с которыми эти организмы взаимодействуют. Специфику временной организации живой материи связывают с формированием в процессе эволюции внутри организмов своеобразных моделей временной организации внешних процессов – биологических часов. Принцип работы внутренних часов заключается в контролировании химических реакций, обеспечивающих приспособление к определенному ритмическому чередованию факторов окружающей среды. Системы химических реакций предвосхищают наступление определенных состояний внешней среды, обеспечивая готовность организма к целесообразному функционированию в условиях, которые должны с определенной степенью вероятности наступить в будущем.

#### *Вопросы для самостоятельного изучения*

1. Представления о геометрических свойствах пространства в евклидовой и неевклидовой геометрии. Кривизна пространства в геометриях Лобачевского и Римана.
2. Проблема размерности пространства–времени и его бесконечность.
3. Особенности биологического пространства–времени.
4. Движение материи как взаимосвязь пространственно–временных отношений.

## **4. Организация материи**

### **4.1. Структурная организация материи**

Системный подход в изучении структурной организации материи. Организацию системы составляет вся совокупность структурных и функциональных отношений и взаимодействий. Структурой материи называют стабильное неоднородное распределение материи в пространстве. Структурность является неотъемлемым атрибутом материи. Природа и общество обнаруживают значительное разнообразие объектов, характеризующихся развитыми внутренними и внешними связями. Главные качественные различия материальных объектов, процессов их деятельности и преемственных изменений, составляющих процессы развития, соответствуют крупным градациям организованности, представляющих собой ступени общего процесса развития материи. Таким образом, концепция уровневой структурной организации материи отображает единство материального мира и его многообразие, специфические особенности и

отношения различных ступеней уровней развития. Особенно ярко взаимосвязь организации и развития выражена в живой природе.

С понятием структурного уровня неразрывно связано не только общее понятие системы вообще, но прежде всего понятие органической целостности. Система может подвергаться воздействию со стороны среды и сама воздействовать на нее, оставаясь при этом той же системой. Иными словами, под целостностью понимается способность сохранять структуру взаимодействия элементов при изменениях внешних условий и внутреннего состояния, сохранять свои главные черты в процессе эволюции.

Одной из ключевых проблем естествознания является проблема возникновения качественно нового на более высоком уровне организации материи. Группа учений об органической целостности и возникновении новых качеств при повышении уровней организации объединены в организмические теории. Главные из этих теорий – органицизм, теория эмергентной эволюции, гештальт–психология, холизм и органический индетерминизм.

В 40–х годах 20–го века сложилась теория интегративных уровней организации. В основу этой теории легли идеи Р.В. Селларса, Г.Ч.Брауна, Р. Джерарда, Эмерсона, Хауэлса и др. биологов, философов, социологов. Наиболее четко эта теория представлена в работах биолога А.Б.Новикова. Теория интегративных уровней организации представляет собой общее описание эволюции материи, проходящей последовательные и все более высокие порядки сложности и интеграции. Каждый новый уровень возникает не посредством разрушения образований предыдущего уровня, а посредством «наложения» на них процессов объединения и организации таких единиц в единую систему. Таким образом, то, что было ранее целым, становится частью целого более высокого порядка. Причем каждому новому уровню присущи свойства, не сводимые к сумме свойств предыдущих уровней.

Таким образом, понятие «целостность» выражает интегрированность, самодостаточность, автономность этих объектов, их противопоставленность окружению, связанную с их внутренней активностью. При таком подходе процессы интеграции и дифференциации связаны диалектически. Дифференциация, усиление узкой специализации элементов ведет к нарушению целостности в системе, установлению самостоятельности отдельной части. При этом уровень интегрированности системы понижается. Интеграция – это процесс и механизм объединения частей системы. Основными механизмами интеграции живого организма являются межклеточные взаимодействия, а также гуморальная и нервная регуляция. Каждый уровень организации живой материи, каждая стадия развития организма есть новое состояние целостности, интеграции.

Концепция структурных уровней организации материи занимает важное место среди совокупности методов научного познания, составляющих «системный подход» в изучении организации материи. В основе системного подхода лежит общая теория систем (ОТС), созданная в первой половине 20 века. Одним из ее основателей является австрийский биолог и философ Л. Берталанфи. Согласно общей теории систем все объекты природы и общества являются системами. Система в переводе с греческого означает «целое, составленное из ча-

стей». В современном научном понимании системой называют отграниченную совокупность взаимодействующих между собой относительно элементарных частей, объединенных в единое целое выполнением общей функции, несводимой к функциям отдельных компонентов. Элементом называют составную часть системы, которая в условиях рассмотрения считается неделимой. Иногда выделяют подсистему как составную часть системы, которая в условиях рассмотрения считается делимой на элементы, по отношению к которым она выступает как система. В приведенном определении системы можно выделить следующие основные признаки системности: структурированность, взаимосвязанность составляющих систему частей, целостность, обособленность, подчиненность организации всей системы определенной цели. Под «системой природы» будем понимать реально существующую во Вселенной и в определенном смысле целостную и единую сущность, характерную весьма высокой сложностью своей структуры и разнообразием форм целевого приспособительного поведения составляющих её иерархических подсистем.

В категориях философии понятия «элемент» и «система» соотносятся как часть и целое. В изучении взаимоотношений этих понятий существуют два принципиальных подхода: редукционизм и интегратизм. Основным тезис редукционизма состоит в следующем: «Целое всегда равно сумме своих частей», то есть в этом подходе предполагается возможность экстраполяции информации, полученной на основе изучения ее частей на всю систему. Интегратизм отвергает такую возможность, утверждая: «Целое всегда больше своих частей». Совокупность и взаимодействие частей (элементов) создает у целого (системы) некоторые новые качества, отсутствующие у исходных частей (элементов). Такие новые качества определяются как эмерджентные свойства системы (в буквальном смысле – вновь появляющиеся, непредвиденные свойства). И сама жизнь может рассматриваться как эмерджентное, качественно новое свойство, появляющееся на определенном уровне системной организации. В таком подходе особое внимание уделяется изучению связей в системе, поскольку предполагается, что именно они детерминируют основные свойства системы.

Окружение системы, в котором она пребывает и с которым в той или иной степени взаимодействует, называется внешней или окружающей средой. Взаимодействие системы со средой осуществляется посредством пограничной поверхности. Понятие «пограничной поверхности» очень условно, так как может выражать различную по природе форму изоляции. Например, оболочка клетки из смеси веществ (белково–липидная пленка), Солнечная система удерживает свои границы за счет гравитационного поля.

Для описания систем используют ряд характеристик. Составом называют совокупность элементов системы. Выделяют качественный и количественный состав. При рассмотрении качественного состава указывается только качественная определенность элементов. При анализе количественного состава задается не только качественная определенность элементов, но и их количественное соотношение. Под структурой системы понимают взаиморасположение элементов в системе. Состояние системы – интегральная характеристика проявления свойств в данный момент времени, зависящая от особенностей струк-

туры и состава системы. Для описания состояния системы используют совокупность характеристик и параметров состояния. К характеристикам состояния относят равновесность и неравновесность состояния; устойчивость и неустойчивость равновесия; статичность и динамичность равновесия. К параметрам состояния относят определенные величины, числовые значения которых в данный момент достаточны для однозначного определения интегрального состояния системы.

Системы классифицируют с использованием различных критериев. По составу системы делятся на материальные и идеальные. Материальные системы, представляющие совокупность материальных объектов, также называют физическими, реальными, вещественными. Среди материальных систем можно выделить естественные (природные) и искусственные (созданные человеком). Идеальные системы являются продуктами человеческого мышления, они также называются абстрактными, символическими. Примеры: системы обучения и воспитания, научные теории, и т. д.

По поведению во времени выделяют статические или статичные – такие системы, состояние которых с течением времени практически не меняется. Примеры: пустыни, горы, Солнечная система, газ в закрытом сосуде и т. д. Динамическими или динамичными называют системы, состояние которых заметно меняется со временем. Примеры: погода, химическая реакция, развитие организма и т. д. Четкой границы между статическими и динамическими системами провести нельзя, все зависит от условий рассмотрения и временного масштаба. Среди динамических систем выделяют детерминированные и вероятностные. Для детерминированных систем их будущие состояния могут быть точно предсказаны, выделены из предыдущих состояний. Примеры: затмения (взаиморасположения Земли, Луны и Солнца), смена времен года и т.д. Для вероятностных (стохастических) предсказание будущих состояний невозможно. Примеры: броуновское движение, все биологические системы и т. д.

По взаимодействию со средой выделяют: 1) изолированные системы, которые не обмениваются с окружающей средой ни веществом, ни энергией; 2) замкнутые – системы, которые могут обмениваться с окружающей средой лишь энергией и не может обмениваться веществом; 3) открытые – системы, которые обмениваются с окружающей средой и энергией, и веществом. Следует обратить внимание, что совершенно закрытых систем в природе и обществе не бывает, хотя бы из диалектических соображений. Поэтому закрытые системы – это пример умозрительной научной модели.

По содержанию можно выделить простые и сложные системы. Простые системы состоят из сравнительно небольшого числа элементов и несложных взаимоотношений между ними, обычно это технические системы. Сложные системы состоят из большого числа элементов и сложных взаимоотношений между ними (все биологические системы, от клеток до сообществ организмов). Системы, способные моделировать и прогнозировать ситуацию и избирать способ изменения состояния за счет восприятия и распознавания внешнего воздействия, способности анализировать и сопоставлять с собственными возможностями и выбирать тот или иной вариант поведения для достижения цели,

являются целенаправленными. Среди целенаправленных систем выделяют самоорганизующиеся системы, способные самостоятельно изменять свою структуру (иногда и состав), степень сложности с целью лучшего приспособления (адаптации) к изменившимся условиям среды.

Связи являются важнейшим понятием ОТС, условием существования системы как целого, отличая систему от совокупности элементов, характеризуют взаимодействие элементов в системе. По виду и назначению выделяют связи генетические, взаимодействия, управления и преобразования. Связь является генетической, когда один элемент (элементы) являются родоначальником другого (других) (родители и дети, исходные вещества и продукты химических реакций, последовательности звездных превращений в астрономии и т. д.). Связь называется взаимодействием, когда элементы одновременно воздействуют, влияют друг на друга (нервы и мышцы в органах, хищники и жертвы в местах совместного обитания и т. д.). Связи управления – такие связи, когда одни элементы системы управляют поведением других элементов (центральная нервная система и периферические органы, руководители и подчиненные в организации и т. д.). Связь является преобразующей, когда одни элементы влияют на переход системы из одного состояния в другое или от одной структуры к другой (катализаторы в химических реакциях; нагреватели при плавлении веществ; землетрясения в населенных пунктах и т. д.). Границы между перечисленными типами связей расплывчаты, и конкретные связи не всегда можно отнести к определенному классу.

По степени действия выделяют: 1) жесткие связи – такие, при которых действие связи жестко предопределено и результат действия одного элемента на другой однозначен (швы между костями черепа человека, грибковые наросты на деревьях, угольные пласты под землей); 2) гибкие связи – при которых действие связи допускает некоторую свободу вариантов поведения связанных элементов (суставные сочленения, мышечные группы, океанские течения, фиксация ледников и снежных пластов в горах и т. д.). Большое значение в биологии имеют так называемые пищевые связи и пищевые цепи.

По направленности связи делятся на прямые, нейтральные и обратные. Прямыми называют связи при которых один элемент влияет на другой, не испытывая при этом влияния со стороны последнего, первый элемент является господствующим, а второй подчиненным (сход снежной лавины с горы, извержение вулкана; и т. д.). Нейтральные связи не имеют направленности, обычно они существуют между однотипными элементами и объединяют их в систему (связи между вагонами в поезде, между молекулами в кристалле, между спортсменами в команде, между нуклонами в ядре атома и т. д.). Когда один элемент действует на другой, испытывая при этом действие второго на себе, связь между ними является обратной (физиологические рефлексы, бильярдные соударения, растворение веществ, трение движения, испарение жидкостей в закрытом сосуде и т. д.). Следует отметить, что обратные связи играют важнейшую роль в функционировании технических, природных и общественных систем. Именно они обеспечивают регуляцию, саморазвитие, приспособление систем в изменяющихся условиях среды.

По результативности обратные связи могут быть положительными и отрицательными. Положительные обратные связи усиливают воздействие элемента – источника на приемник воздействия. Примеры: раскачивание качелей, лесные пожары, цепные химические реакции, атомные взрывы, кристаллизация в растворах, и др. Отрицательные обратные связи ослабляют воздействие источника на приемник воздействия. Примеры: зрачковые рефлексy, увеличение потоотделения в жару, закрытие пор («гусиная кожа») в холод, терморегуляторы в холодильниках, термостатах, кондиционерах.

Уровни и закономерности организации фундаментальной материи. Материальные объекты, которые не могут быть опытным путем разложены на более простые составляющие и которые во всех физических экспериментах проявляют себя как единое целое, представляют собой элементарные частицы. Основными физическими характеристиками элементарных частиц являются масса, электрический заряд, собственный вращательный момент (спин), время жизни в свободном состоянии. Частицы с нулевой массой покоя движутся со скоростью света (фотон). По массе элементарные частицы делятся на тяжелые (барионы), промежуточные (мезоны), легкие (лептоны). Заряд всегда кратен заряду электрона. Исключение составляют не имеющие заряда частицы (фотон). По времени жизни частицы выделяют стабильные, квазистабильные, нестабильные частицы. Большинство частиц нестабильны, время существования несколько микросекунд, распадаются в результате слабых и сильных взаимодействий. Стабильные частицы – фотон, электрон, нейтрон – не распадаются длительное время. При этом нейтрон стабилен только в ядре. Квазистабильные или резонансные частицы существуют порядка 10–20 с, распадаются в результате электромагнитного и слабого взаимодействия.

Все многообразие частиц можно разделить на три группы: 1). адроны – участвующие в сильном взаимодействии (нейтроны, протоны, мезоны, барионы); 2) лептоны – не участвующие в сильном взаимодействии (электроны, нейтрино, мюоны, тау-лептоны и др.); 3). частицы – переносчики взаимодействий (фотоны – переносчики электромагнитного взаимодействия, глюоны – сильного взаимодействия, бозоны – слабого взаимодействия). Важным достижением стали открытия античастиц и антивещества – то есть элементарные частицы, имеющие по сравнению с известной частицей одну из физических характеристик противоположного знака. При взаимном столкновении частицы и античастицы происходит аннигиляция (от лат. уничтожение). Частица и античастица, не могут существовать вместе, но при аннигиляции они рожают новую пару или более частиц. Сейчас теоретически считается, что каждая частица, имеющая ненулевую массу покоя, должна обязательно иметь античастицу. Количество открытых к настоящему времени элементарных частиц разных видов превышает 500. В настоящее время существует модель строения адронов из субчастиц – кварков. Опытным путем кварки не обнаружены. Однако возникают теоретические идеи о существовании даже протокварков.

Следующий уровень структурной организации фундаментальной материи – это компактные образования состоящие из нуклонов (протонов и нейтронов) – ядра атомов. Ядро более организованная система по сравнению со свободными

ми нуклонами, имеет место системный эффект (эффект сборки): утраченная в сравнении со свободными нуклонами потенциальная энергия, стабильное состояние связанного нейтрона. Системные связи нуклонов в ядрах обеспечиваются сильными (ядерными) фундаментальными взаимодействиями.

Атомы являются следующим уровнем структурной организации фундаментальной материи. Атомы образуются, когда свободные ядра захватывают свободные электроны и удерживают их возле себя. Свободные атомы объединяются в молекулы с помощью внутримолекулярных сил, которые так же, как и внутриатомные силы, имеют электромагнитную природу. Понятие молекулы как группы атомов было введено в XVIII в. Д. Дидро, обосновано А. Авогадро в 1811 г. До середины XIX в. это понятие отвергалось (считалось, что атомы не объединяются). Учение о химической связи и химической структуры, заложенное трудами А. М. Бутлерова в XIX в., базируется на законах квантовой механики и теории атомного строения вещества. На молекулярном уровне организации материи действуют внутримолекулярные связи: а) ионная связь обусловлена силами электростатического притяжения между противоположно заряженными ионизированными атомами, составляющими молекулу (пример – молекула NaCl); б) ковалентная связь обусловлена перекрыванием электронных облаков атомов, составляющих молекулу (пример – молекула водорода); в) металлическая связь обусловлена потоком относительно свободных электронов, которые удерживают ближайшие атомы (пример: любой металл); г) донорно–акцепторная связь обусловлена полным обобществлением валентных электронов соседних атомов с созданием устойчивых энергетических состояний (пример – ион аммония  $\text{NH}_4^+$ ).

Следующий уровень структурной организации фундаментальной материи – надмолекулярный, его элементами выступают группы молекул (молекулярные цепи, ассоциаты, и т.д.). Типичными представителями групп молекул являются макромолекулы, в том числе биомacroмолекулы, полимеры. Молекулы связываются в группы с помощью межмолекулярных сил. Эти силы имеют электромагнитную природу, но зависят от конфигураций связываемых молекул и довольно быстро убывают с расстоянием. Таким образом, межмолекулярные химические связи обычно заметно слабее внутримолекулярных, и группы молекул (особенно, ассоциаты, агрегаты) сравнительно неустойчивы и быстро распадаются. На этом уровне организации основными типами взаимодействий выступают: а) водородная связь – между атомом водорода и некоторыми другими атомами, входящими в группы молекул; б) силы Ван–дер–Ваальса – между полярными молекулами (диполями) или между ионами и дипольными молекулами; в) гидрофобные взаимодействия – между неполярными группами молекул; пример – неполярные участки белковых молекул в воде.

Концептуальные уровни в познании веществ и химические системы. Наивысшим уровнем организации фундаментальной материи является вещество. Химия – наука о составе и качественном превращении различных веществ. В настоящее время выделяют 4 концептуальных уровня в познании веществ. Первый концептуальный уровень предполагает исследование различных свойств веществ в зависимости от их химического состава, определяемого их

элементами. Второй концептуальный уровень познания свойств связан с исследованием структуры, т. е. способа взаимодействия элементов веществ. Согласно ОТС именно взаимодействия элементов системы определяют специфические, целостные свойства самой системы. Именно поэтому в процессе познания и использования химических явлений необходимо было учитывать их структуру, т. е. характер взаимодействия составных элементов вещества. Третий уровень познания представляет собой исследование внутренних механизмов и условий протекания химических процессов, таких, как температура, давление, скорость протекания реакций и некоторые другие. Все эти факторы оказывают важнейшее влияние на характер процессов и объем получаемых веществ. Четвертый концептуальный уровень связан с более глубоким изучением природы реагентов, участвующих в химических реакциях, а также применением катализаторов, значительно ускоряющих скорость их протекания. На этом уровне наблюдаются простейшие явления самоорганизации, изучаемые синергетикой.

Концепцией, объединяющей эмпирический материал о свойствах различных веществ и их соединений, особенностях протекания разнообразных реакций в единую систему теоретической химии стало открытие Периодической системы химических элементов Дмитрия Ивановича Менделеева (1869 г). В качестве системообразующего фактора, или «неизменного общего в изменяемом и частном», он выбрал атомную массу, или атомный вес. В соответствии с атомным весом были расположены химические элементы в систему и показано, что их свойства находятся в периодической зависимости от атомного веса. Дальнейшее развитие науки позволило уточнить, что свойства химических элементов зависят от их атомного номера, определяемого зарядом ядра. Атомный же вес является средним арифметическим величин масс изотопов, из которых состоит элемент. Изотопами называются разновидности атомов, которые имеют одинаковый заряд ядра, но отличаются по своей массе. В настоящее время химическим элементом называют вещество, все атомы которого обладают одинаковым зарядом ядра, хотя и различаются по своей массе, вследствие чего атомные веса элементов не выражаются целыми числами.

Химические элементы образуют химические соединения. Долгое время в естествознании господствовал закон постоянства химического состава, согласно которому, основным отличием смеси элементов от соединения является неизменный состав последнего. Однако были найдены более убедительные доказательства существования химических соединений переменного состава. Н. С. Курнаков назвал такие соединения бертоллидами (К. Бертолле первый указывал на существование соединений переменного состава). Курнаков к бертоллидам отнес соединения, состав которых зависит от способа их получения (соединения таких двух металлов, как марганец и медь, магний и серебро и др). Со временем было установлено, что природа соединения, т. е. характер связи атомов в его молекуле, зависит от их химических связей, определяемых обменным взаимодействием валентных электронов. В связи с этим изменилось и само классическое понятие молекулы, хотя основное его содержание сохранилось: молекулой по-прежнему называют наименьшую частицу вещества, которая определяет его свойства и может существовать самостоятельно. Однако к моле-

кулам теперь относят также разнообразные другие квантово–механические системы (ионные, атомные монокристаллы, полимеры и другие макромолекулы). Таким образом, в свете современных физических представлений исчезает не только прежнее резкое противопоставление химических соединений постоянного состава как обладающих молекулярным строением и соединений переменного состава, лишенных этого строения, но и отождествление химического соединения со сложным веществом, состоящим из нескольких элементов.

Согласно ОТС именно взаимодействия элементов системы определяют специфические, целостные свойства самой системы. Эволюция понятия химической структуры осуществлялась в направлении, с одной стороны, анализа ее составных частей или элементов, а с другой – установления характера физико–химического взаимодействия между ними. Последнее особенно важно для ясного понимания структуры с точки зрения системного подхода, где под структурой подразумевают упорядоченную связь и взаимодействие между элементами системы, благодаря которой и возникают новые целостные ее свойства. В такой химической системе, как молекула, именно специфический характер взаимодействия составляющих ее атомов определяет свойства молекулы.

При образовании структур различные атомы не просто взаимодействуют, но известным образом преобразуют друг друга, так, что в результате возникает определенная целостность или система. Одним из первых попытку раскрытия структуры молекул и синтеза новых веществ, предпринял известный немецкий химик Ф. Кекуле, который связывал структуру с понятием валентности элемента или числа единиц его сродства. На этой основе возникли структурные формулы, в которых элементы связывались друг с другом по числу единиц их сродства или валентности. Комбинируя атомы различных химических элементов по их валентности, можно прогнозировать получение различных химических соединений в зависимости от исходных реагентов. Таким путем можно было управлять процессом синтеза различных веществ с заданными свойствами, а именно это составляет важнейшую задачу химической науки. Дальнейший шаг эволюции понятия химической структуры связан с теорией химического строения А. М. Бутлерова, который, хотя и признавал, что образование новых молекул из атомов происходит за счет их химического сродства, но обращал особое внимание на степень напряжения или энергии, с которой они связываются друг с другом.

При образовании структур различные атомы не просто взаимодействуют, но известным образом преобразуют друг друга, в результате возникает определенная целостность или система. Способность к взаимодействию определяется не только их атомно–молекулярной структурой, но и условиями протекания химических реакций и кинетическими условиями, которые определяются наличием катализаторов и других добавок к реагентам, а также иных условий.

Фундаментальная материя на уровне вещества разделяется на две ветви: живое и неживое вещество. Направление структурной организации неживой материи названо геологической ветвью.

Уровни организации геологической материи. Нижним уровнем геологической организации являются минералы – природные тела, приблизительно одно-

родные по химическому составу, микроструктуре и агрегатному состоянию. Сюда относятся самородные полезные ископаемые (простые и сложные по химическому составу, как неорганические, так и органические). Более высокий уровень – горные породы – механические (физические) соединения (смеси) минералов, не вступающих между собой в химические реакции, а именно природные газы (воздух, горючие газы и др.), природные жидкости (нефть, минеральные воды), твердые породы (граниты, глины, известняки, мраморы, пемза). По происхождению горные породы делятся на: 1) магматические – извергнутые из земных глубин расплавы твердых пород, подразделяемых на plutonic (глубинные) и вулканические (поверхностные); 2) осадочные – получаемые в результате отложений (морских или континентальных) осадков неорганических (глины, пески) и органических (известняки, доломиты и др.); 3) метаморфические (от греч. превращение) – вторичные породы, результат преобразования первых двух, когда те оказываются в толще земной коры и подвергаются структурным и частично химическим изменениям под действием высоких давлений, температур, поточных растворов и т. д.

Следующий уровень – геоформации, объединяющие разнородные породы. Геоформации – сообщества геологических пород, согласно залегающих, имеющие сходный химический состав, более или менее одновременное происхождение и резко отличающиеся от других, рядом расположенных пластов. Уровень более высокого порядка структурной организации неживой материи называется надформационным. В нем выделяются подуровни геоплатформ и геосинклиналей. Геоплатформы – крупные (несколько тыс. км в поперечнике), относительно устойчивые участки земной поверхности и подземных слоев (материковые и океанические). Геосинклинали – относительно неустойчивые (подвижные) участки земной поверхности и подземных слоев; располагаются между платформами или внутри них и, как правило, покрыты водой (морями, прибрежными участками океанов). Платформы вместе с геосинклиналями формируют следующий уровень структурной организации – земную кору. Земная кора может быть разделена на две области – материковую, включающую шесть материков и океаническую (четыре океана, объединенную понятием мировой океан). Неживая материя Земли формирует геосферу.

Уровни структурной организации и свойства живой материи. Концепция сущности жизни имеет прямое отношение к основному вопросу философии, суть которого в соотношении бытия и сознания, материи и духа. Диалектический материализм решает этот вопрос так: бытие, материя – первичны; сознание, дух – вторичны. Сознание, как высшее отличие живого от неживого, является свойством материи. В таком понимании жизнь есть форма существования сложной материи. Движение – всеобщее свойство материи, ее способ существования. В этом смысле невозможно разделить саму живую материю и ее функциональные проявления. Жизнь – это особенная форма движения сложно устроенной материи, качественно отличная от форм движения неорганической материи. Современное понимание материи позволяет раскрыть сущность живого, охарактеризовав с материалистических позиций основные функции жизни –

использование энергии, движение, транспорт веществ, ферментативный катализ, механизмы сигнализации и нервной деятельности, размножение и другие.

Исторически существовали две противоположные точки зрения на жизнь – материалистическая и идеалистическая. Первая получила название механицизма, вторая – витализма. Механицизм (от греч. орудие, сооружение) объяснял жизнь исходя из обычных механических или физических форм движения и превращения материи. Существовало несколько механистических трактовок сущности жизни (собственно механицизм, машинная теория, физикализм), которые основаны на признании механической формы движения материи единственно объективной. В целом, характерно отрицание качественной специфики более сложных материальных образований, поскольку сложное сводится к более простым элементам, целое – к сумме его частей. Витализм (от лат. жизненный, живой) утверждает, что живое не сводится только к физико–химическим явлениям, в нем действуют еще и особые «жизненные силы». С развитием системного подхода и современного учения о самоорганизации (синергетики) причины специфической живой организации стали искать не во внешних силах, а в самопроизвольно и эмерджентно возникающих новых свойствах достаточно сложных систем. Специфика живого не отрицается, но она выводится как естественное свойство наиболее сложно организованной материи. Некий пороговый уровень сложности органических макромолекул – прежде всего белков и нуклеиновых кислот – и является той гранью, за которой (той «причиной», по которой) возникает качество жизни.

Определение жизни как «особой, очень сложной формы движения материи» (А. И. Опарин) отражает ее качественное своеобразие, несводимость биологических законов к химическим и физическим. Однако оно носит общий характер, не раскрывая конкретного содержания этого своеобразия. Жизнь – это специфическая форма движения материи (кругооборот материи, обмен веществ и энергии) с поддержанием упорядоченного неравновесного состояния (с высокой свободной энергией и низкой энтропией) за счет поглощения и трансформации внешней энергии. В практическом отношении полезны определения, основанные на выделении комплекса свойств, который обязателен для живых форм. Одно из них характеризует жизнь как макромолекулярную открытую систему, которой свойственны иерархическая организация, способность к самовоспроизведению, обмен веществ, тонко регулируемый поток энергии. Жизнь, согласно этому определению, представляет собой ядро упорядоченности, распространяющееся в менее упорядоченной Вселенной.

Материальная сущность жизни проявляется, прежде всего, в непрерывном обмене веществ и энергии, который происходит между живой системой (клеткой, организмом, биоценозом) и окружающей его внешней средой. В этом смысле биологические системы являются открытыми. Живые организмы обладают высокоупорядоченным строением. Все процессы представляют собой совокупность взаимосвязанных реакций, протекание которых строго упорядочено во времени и пространстве. Упорядоченность различных сторон обмена веществ достигается благодаря структурированности объема клетки, например выделения в ней водной и липидной фаз, наличия обязательных внутриклеточ-

ных структур, таких, как митохондрии, лизосомы и др. Любая упорядоченность для своего поддержания требует затраты энергии. Живому свойственно саморазвитие. Развитие представляет собой переход одного качества в другое, направленное формирование новых систем, типов организации.

Саморазвитие – это самопроизвольное изменение системы под влиянием внутренне присущих ей противоречий, факторов и условий, связанное с переходом на более высокий уровень организации. Пример: последовательные стадии развития организма, формирование новых видов. Все изменяется с течением времени, но особенно сложным и упорядоченным образом изменяются живые организмы. Самовоспроизведение как свойство живого. Все живое размножается. Новые живые организмы (бактерии, растения, животные, грибы и т.д.) возникают только в результате размножения других таких же организмов (подобное возникает из подобного). Живые организмы активно взаимодействуют с окружающей средой. Способность реагировать на внешние воздействия – это универсальное свойство всех живых существ. Живые организмы адаптированы к своей среде. Строение и функционирование живых организмов соответствуют образу жизни. Особенности строения, функций и поведения данного организма, соответствующие его образу жизни, называются адаптациями. Информация, необходимая каждому организму для выживания, размножения и развития передается от каждого индивидуума его потомкам. Эта информация содержится в генетическом материале (хромосомах и генах) организма. Генетический материал определяет возможные пределы развития организма, его структур, функций, реакций на окружающую среду. Этот материал передается потомкам данного организма. Поэтому потомки похожи на своих родителей. Но генетическая информация все же несколько изменяется, так что родители и потомки обычно бывают сходны, но не идентичны.

Живые объекты – системы, имеющие структурную и функциональную упорядоченность, то есть определенную организацию и иерархию. Структурой, как было ранее отмечено, принято называть устойчивую системную упорядоченность всей совокупности связей, взаимодействий между элементами. Понятие «уровень» связано с выделением низшего и высшего и отражает наличие отношений и связей, которые возникают в процессе развития. И структурные уровни, таким образом, выступают, как ступени развития. В настоящее время принято рассматривать четыре уровня организации живых систем. Выделение уровней в значительной степени условно, так как в них можно выделить множество подуровней.

Первый уровень – молекулярно–генетический. Макромолекулами принято называть очень крупные, обычно полимерные молекулы. В живых организмах различают четыре типа макромолекул: углеводы, липиды, белки и нуклеиновые кислоты, которые образуют химическую основу клеток. Элементарной единицей молекулярно–генетического уровня является ген – фрагмент молекулы нуклеиновой кислоты, в котором записан определенный в качественном и количественном отношении объем биологической информации. Элементарное явление заключается прежде всего в процессе конвариантной редупликации, или самовоспроизведении, с возможностью некоторых изменений в содержа-

нии закодированной в гене информации. Путем редупликации ДНК происходит копирование заключенной в генах биологической информации, что обеспечивает преемственность и сохранность (консерватизм) свойств организмов в ряду поколений. В силу ограниченной стабильности молекул или ошибок синтеза в ДНК случаются нарушения, которые изменяют генетическую информацию. В последующей редупликации ДНК эти изменения воспроизводятся в молекулах-копиях и наследуются организмами дочернего поколения. Указанные изменения возникают и тиражируются закономерно, что и делает редупликацию ДНК конвариантной, т.е. происходящей иногда с некоторыми изменениями. Такие изменения в генетике получили название генных (или истинных) мутаций. Конвариантность редупликации служит основой мутационной изменчивости. Биологическая информация, заключающаяся в молекулах ДНК, не участвует непосредственно в процессах жизнедеятельности. Она переходит в действующую форму, будучи перенесена в молекулы белков. Матричный синтез информационных макромолекул можно отнести также к элементарному явлению на молекулярно-генетическом уровне организации жизни. Белки являются основными биополимерами, так как выполняют большинство жизненных функций. Важнейшее свойство белковой молекулы, объясняющее механизм ее функционирования – способность обратимо изменять свою структуру в ответ на какое-либо раздражение. Раздражителем чаще всего выступает энергетический разряд от расщепления молекулы АТФ. Такая обратимая денатурация, или конформационная перестройка, и есть совершаемая молекулой работа. В зависимости от структуры белковой молекулы и ее местонахождения совершаемая работа, то есть функция, будет различна. Белки играют важнейшую роль в реализации основных жизненных функций: каталитической, опорно-двигательной, транспортной, защитной, сигнальной, энергетической. Макромолекулы обычно объединяются в макромолекулярные комплексы, и в особые структуры, называемые органоидами клетки.

Второй уровень структурной организации живой материи – онтогенетический. Воплощение биологической информации в конкретные процессы жизнедеятельности требует специальных структур, энергии и разнообразных химических веществ (субстратов). Эти возможности в живой природе обеспечивает клетка, служащая элементарной структурой онтогенетического уровня. Элементарное явление представлено реакциями клеточного метаболизма, составляющими основу потоков энергии, веществ и информации. Благодаря деятельности клетки, поступающие извне вещества превращаются в субстраты и энергию, которые используются (в соответствии с имеющейся генетической информацией) в процессе биосинтеза белков и других соединений, необходимых организму. Таким образом, на клеточном уровне сопрягаются механизмы передачи биологической информации и превращения веществ и энергии. Этому способствует достаточно высокая степень структурной дискретности – внутреннее расчленение клетки на органоиды, изолированные отсеки – особенно выраженная у высших, эукариотических клеток.

В природе существует два типа клеточной организации – прокариотическая и эукариотическая. Происхождение эукариотов отражено в двух гипотезах.

Одна из них, аутогенная, предполагает возникновение путем постепенного усложнения структур. Вторая, симбиотическая гипотеза, предусматривает происхождение эукариотической клетки на основе симбиоза (взаимовыгодного объединения) некогда самостоятельных прокариотических клеток. В последнем случае про- и эукариотических клетки по происхождению должны представлять низший и высший подуровни клеточного уровня организации.

У многоклеточных организмов выделяют подуровни тканей и органов. Тканью называют совокупность клеток, выполняющих одинаковые функции, обладающих общим строением и имеющим общее происхождение. В состав органов входят разные ткани. Многие органы объединены в системы органов (у животных организмов – пищеварительную, кровеносную и др.). Наконец, многоклеточный организм – это законченный и устойчивый уровень биологической организации. Системы на данном уровне организации способны к самостоятельному существованию, размножению и развитию. Закономерные изменения биосистем в индивидуальном развитии составляют элементарное явление данного уровня. Эти изменения обеспечивают рост организма, дифференциацию его частей и одновременно интеграцию развития в единое целое, специализацию клеток, органов и тканей. В ходе онтогенеза в определенных условиях внешней среды происходит воплощение наследственной информации в биологические структуры и процессы, на основе генотипа формируется фенотип организмов данного вида. Следующие уровни выходят за рамки отдельного организма. Они могут быть объединены в надорганизменные уровни.

Следующим уровнем организации является популяционно-видовой. Элементарной единицей популяционно-видового уровня служит популяция – некоторая изолированная совокупность особей одного вида, длительное время населяющая определенный ареал и способная к свободному скрещиванию. Кроме ареала популяция имеет и определенную экологическую нишу. Главное качество популяции как единицы воспроизведения и эволюции биологических видов – доступность ее особей к свободному скрещиванию, то есть свободная комбинаторика родительских генов. Постепенное расхождение генетической структуры популяций рождает новые виды. Объединение особей в популяцию происходит благодаря общности генофонда, используемого в процессе полового размножения для создания генотипов особей следующего поколения. Популяция в силу возможности межпопуляционных скрещиваний представляет собой открытую генетическую систему. Действие на генофонд популяции элементарных эволюционных факторов, таких, как мутационный процесс, колебания численности особей, естественный отбор, приводит к эволюционно значимым изменениям генофонда, которые представляют элементарные явления на данном уровне.

Вид – важнейшая биологическая категория, которая определяется как совокупность особей (организмов), обладающих наследственным сходством по морфологическим, физиологическим, генетическим, эколого-географическим признакам, способных свободно скрещиваться и давать плодовитое потомство. Главный критерий в определении вида – способность особей естественным образом скрещиваться и, более того, оставлять плодовитое потомство. Каждый

вид занимает на Земле определенный ареал – территорию или акваторию (эколого–географический критерий вида).

Элементарной единицей следующего – биогеоценотического – уровня служат биогеоценозы. Элементарное явление на рассматриваемом уровне представлено потоками энергии и круговоротами веществ. Ведущая роль в этих круговоротах и потоках принадлежит живым организмам. На этом уровне организации рассматриваются экологические системы: сообщество, биогеоценоз, биосфера.

Сообщество – совокупность популяций разных видов на определенной территории. Обычно в сообщества выделяют объекты определенной категории: растительное сообщество – фитоценоз, сообщество животных – зооценоз, микроорганизмов – микробоценоз. Совокупность всех совместно обитающих сообществ разных видов, образует биоценоз. Популяции разных видов в сообществе или биоценозе тесно взаимодействуют на основе разделения пищи и ярусов, взаимного использования продуктов обмена, отношений хищник–жертва, паразит–хозяин и т. д. Любое живое сообщество, биоценоз способны существовать в определенных условиях внешней среды. Совокупность этих неживых (абиотических) факторов среды обитания сообществ обозначается как биотоп (дословно – место жизни).

Важнейшее обобщение современной экологии состоит в том, что биотоп и биоценоз находятся в тесном взаимодействии, обмениваются веществом и энергией, поэтому складываются в единую систему – биогеоценоз. Биогеоценозы, различаясь по видовому составу и характеристикам абиотической своей части, объединены на планете в единый комплекс – область распространения жизни, или биосферу.

Основоположителем учения о биосфере Земли является выдающийся российский натуралист и философ В.И.Вернадский. Основная мысль этого учения и созданной Вернадским науки биогеохимии состоит в том, что живой и неживой мир нашей планеты един, организмы и компоненты среды связаны обменом (круговоротом) веществ и энергии. Вершиной творческого наследия Вернадского является его представление о ноосфере – биосфере, обогащенной разумом человека. Разумная деятельность людей активно преобразует состав биосферы и становится все более важным фактором ее необратимой эволюции.

Рассмотренные уровни отражают общую структуру эволюционного процесса, закономерным результатом которого является человек. Элементарные единицы и явления на выделяемых уровнях различны, все они тесно взаимосвязаны, решая свою специфическую задачу в рамках единого эволюционного процесса. С конвариантной редупликацией на молекулярно–генетическом уровне связаны элементарные основы этого процесса в виде явлений наследственности и истинной мутационной изменчивости. Особая роль клеточного уровня состоит в энергетическом, вещественном и информационном обеспечении происходящего на всех других уровнях. На онтогенетическом уровне биологическая информация, находящаяся в генах, преобразуется в комплекс признаков и свойств организма. Возникающий таким образом фенотип становится доступным действию естественного отбора. На популяционно–видовом уровне

определяется эволюционная ценность изменений, относящихся к молекулярно-генетическому, клеточному и онтогенетическому уровням. Специфическая роль биогеоценотического уровня состоит в образовании сообществ организмов разных видов, приспособленных к совместному проживанию в определенной среде обитания. Важной отличительной чертой таких сообществ является их устойчивость во времени.

Земной уровень организации материи включает геосферу, биосферу, и ноосферу, которые тесно взаимодействуют друг с другом. Наша планета относится к начальному (планетному) уровню космической организации материи. Следующим уровнем выступают звездно-планетные системы, из которых более изучена Солнечная система. Далее идут образования большего размера – галактики, которые вместе с внегалактическими системами образуют Мегалактику – доступную для восприятия человека часть Вселенной.

#### *Вопросы для самостоятельного изучения*

1. Развитие представлений о целостности. Организмические теории.
2. Обмен веществ и энергии как фундаментальное свойство жизни. Единство процессов энергетического и пластического метаболизма живых организмов.
3. Белки как структурно-функциональная основа жизни.
4. Структурно-функциональная организация генетического материала. Реализация наследственной информации в индивидуальном развитии.
5. Клетка как единая упорядоченная система. Структурно-функциональная организация эукариотической клетки. Закономерности существования клетки во времени.
6. Эволюция представлений о биосфере. Концепция Вернадского о биосфере. Переход от биосферы к ноосфере.

#### 4.2. Ритмическая организация материи

Неравномерное распределение материи во времени представляет собой колебание. Если колебание периодическое, оно называется ритмом. Таким образом, ритм – это организация материи во времени, которой свойствен периодизм. С позиций общей теории систем ритм – это периодический процесс, в результате которого система через определенное время, называемое периодом ритма, возвращается в исходное состояние. Поэтому в естествознании ритмические процессы также называют циклическими. Фактически эти два термина — ритм и цикл – отражают разные способы описания одного и того же колебательного процесса. Наглядно это демонстрируется с помощью физической модели колебаний так называемого математического, маятника изученной впервые основоположником теории колебаний Г. Галилеем. Графическое представление колебаний является универсальным способом описания ритма, если в качестве ординаты представить любой материальный показатель (приложение, рис. 3). Период колебаний  $T=2\pi \sqrt{l/g}$ , где  $l$  – длина маятника,  $g$  – ускорение свободного падения.

Ритмичность организации свойственна фундаментальным структурам материи: от элементарных частиц до веществ. Самыми глубинными ритмами ма-

терии современное естествознание считает колебания физического вакуума, которые, как и сама гипотеза о физическом вакууме, относятся к области научных гипотез. Периоды ритмов (Т) вакуума имеют порядок «кванта времени»:  $T_{\text{вакуума}} \sim 10^{-44}$  с. Гипотетически эти колебания являются базовыми и формируют в результате интерференции другие, более медленные колебания элементарных частиц материи.  $T_{\text{элементарных частиц}} \sim 10^{-35} - 10^{-25}$  с. Объединяясь в ядра, нуклоны передают свои колебания последним. Эти колебания доступны экспериментальной проверке и могут считаться научно доказанными.  $T_{\text{атомных ядер}} \sim 10^{-22} - 10^{-19}$  с. Объединяясь в атомы, электроны и ядра аккумулируют свои ритмические свойства, которые проявляются эпизодически, при поглощении и излучении атомом энергии фотонов. Частоты колебаний атомов начинаются с диапазона рентгеновского излучения ( $10^{-19}$  с < Т <  $10^{-17}$  с), включают область видимого света ( $T \sim 10^{-15}$  с), инфракрасных лучей ( $10^{-14}$  с < Т <  $10^{-12}$  с). В итоге периоды колебаний, свойственные атомным структурам, лежат в достаточно широком диапазоне:  $T_{\text{атомов}} \sim 10^{-19}$  с –  $10^{-14}$  с.

Атомы, объединяясь в молекулы, также передают последним свои колебательные свойства. При этом в молекулах кроме оптических спектров атомно-электронных переходов возникают спектры, обусловленные новыми, системными (эмерджентными) свойствами молекул: в них атомы или атомные группы могут колебаться относительно друг друга, а также вращаться в пространстве.  $T_{\text{молекул}} \sim 10^{-14} - 10^{-11}$  с. Молекулы, объединяясь в группы и создавая надмолекулярные структуры, передают последним свои колебательные свойства. В свою очередь у надмолекулярных структур возникают новые колебательные свойства.  $T_{\text{групп молекул}} \sim 10^{-11} - 10^{-10}$  с.

На структурном уровне веществ выделяют два вида колебаний: внутренние ритмы и внешние ритмы. К внутренним колебаниям относятся колебания кристаллических решеток в твердых телах, образование и распад кластеров в жидкостях, что в принципе может быть отнесено к ритмам групп молекул, зачастую автоматическим. К внешним колебаниям относятся колебания вещества, вызванные внешними причинами. Это либо вынужденные колебания, исчезающие после прекращения действия причины колебаний, либо собственные колебания, которые продолжаются более или менее длительное время после устранения причины.

Следует обратить внимание на тот факт, что чем больше размеры структур, тем более они инертны и тем больше, при прочих равных условиях, периоды их колебаний. Для теоретической модели «пульсирующей Вселенной» период пульсации составляет порядка  $10^{19}$  с (100 млрд лет).  $T_{\text{галактики}}$  составляет примерно  $10^{16}$  с (200 млн лет). Угол между плоскостью солнечного экватора и эклиптической составляет около  $1,3 \cdot 10^{12}$  с. Период прецессии земной коры примерно  $0,8 \cdot 10^{12}$  с. Существуют различные ритмы, связанные с колебаниями скорости вращения Земли по орбите. Наибольшее значение имеют годичный и суточный ритмы. Годичный ритм имеет, как известно, период 365 сут. 6 ч 9 мин 14 с. Этот ритм обусловлен космической причиной — обращением Земли вокруг Солнца. Он положен в основу всех известных календарей. Астрономам известно, что с течением времени этот период (земной год) увеличивается

(Земля вращается чуть медленней), однако заметно проявиться этот эффект может в течение десятков тысяч лет. Годичный цикл чрезвычайно ярко отражается на геологических процессах, точнее — на процессах в геосфере. Земля не просто вращается по орбите, но в разное время года своими отдельными участками поверхности находится ближе или дальше от Солнца. Годичный цикл оказывает влияние на живые организмы, очевидны сезонные колебания физиологической активности многих животных видов (зимняя спячка медведей, осенние перелеты птиц, сезонные периоды рождения потомства и т.п.). Еще более заметны сезонные изменения в растительном мире. Многие растительные виды являются однолетними, у многолетних растений в холодный период физиологические процессы замедляются. Ритмы физиологической активности растений обязательно учитываются в агротехнике при разведении культурных растений.

Суточный ритм связан с вращением Земли вокруг собственной оси и имеет, как известно, период 23 ч 56 мин 4,091 с. Он проявляется в смене дня и ночи. С освещенностью поверхности планеты солнечным светом связаны фотобиологические и многие другие процессы в живых организмах. В биоритмологии известны и циркадные ритмы, период которых лежит в диапазоне 18–30 ч, в среднем 24 ч. В организме человека более 300 циркадных ритмов, представляющих колебания величин биофизических, биохимических и физиологических показателей. Многие из этих показателей изменяются синхронно.

Колебательная химическая система, названная брюсселятором, изучена отечественными учеными Б. П. Белоусовым и А. М. Жаботинским. При свободном поступлении в такую систему химических субстратов и при наличии в ней катализаторов происходит реакция, продукты которой удаляются, освобождая место для поступления новой порции субстрата. Реакция идет по замкнутому циклу и в результате изменения концентрации реагирующих веществ сопровождается образованием характерных пространственных структур — в виде расходящихся колец на реакционной поверхности. Создается впечатление пульсирующей, «живущей» химической системы.

Периодически повторяющиеся изменения интенсивности и характера биологических процессов и явлений называют биологическими ритмами. Биоритмы присущи всем живым организмам и отмечаются на всех уровнях организации от внутриклеточных процессов до биосферных. Они наследственно закреплены и являются важнейшими факторами естественного отбора и адаптации организмов. Интерес к колебательным биологическим процессам особенно возрос в связи с изучением «биологических часов», в основе которых лежит автоколебательная система внутриклеточных биохимических реакций: колебания концентраций промежуточных продуктов в гликолизе и фотосинтезе, периодические биохимические реакции. Причины возникновения ритмичности живой материи, по мнению одних ученых, лежат во внутренних динамических свойствах системы, то есть обусловлены собственными колебаниями внутренней среды организма («внутренние часы»), а внешнее воздействие только активизирует эти часы. В обоснование своей концепции такие ученые приводят научные факты: в северных широтах во время полярного дня и полярной ночи у людей также действуют циркадные ритмы внутренних показателей, работоспо-

способности и даже сна и бодрствования. Другие ученые полагают, что биоритмы носят вынужденный характер, под влиянием вращения Земли. В обоснование они приводят научные факты о сбое ритмов (десинхронозе), например, сна и бодрствования, если человек попадает в другой часовой пояс. В целом природа ритмических процессов в биологических системах во многом не ясна, а знания об их механизмах часто носят умозрительный характер. На аспект возникновения ритмичности обращает внимание Г.А.Заварзин, аргументируя свою позицию кибернетическими соображениями. По его мнению, без баланса противоположно направленных процессов биогеохимическая система неизбежно пришла бы к стационарному состоянию за счет накопления продуктов органического углерода и кислорода. Отсюда следует принцип циклической организации процессов, прослеживаемый на всех уровнях. Устойчивость системы обеспечивается цикличностью процессов в ней. Частичная незамкнутость циклов ведет к сукцессии в её саморазрушающем сообществе смысле и переходу в новое состояние. Сукцессия здесь понимается как экосистемное развитие под действием внутренних сил по типу обратных связей.

#### *Вопросы для самостоятельного изучения*

1. Механизмы ритмической самоорганизации в живой природе. Моделирование ритмов популяций.
2. Автоволновые химические процессы. Моделирование автоколебательных систем внутриклеточных биохимических реакций.

#### 4.3. Симметрия как согласованность отдельных частей, объединяющая их в единое целое

Понятие симметрии. Типы симметрии. Симметрия – один из важных организующих и формообразующих принципов развития. С представлениями о симметрии в природе человечество знакомо на протяжении всей своей истории. Принципы симметрии использовали в своих научных разработках греческие натурфилософы: Анаксимандр («земля–цилиндр»), Пифагор («система мира»), Платон («тела Платона»). В эпоху средневековья и Возрождения принципы симметрии также использовались в произведениях искусства, в технике (книги, лабораторное оборудование, механизмы и т. д.). Но наиболее продуктивно теория симметрии стала разрабатываться в Новое время (17 в.), с возникновением новых, специализированных наук. И главными направлениями стали кристаллография и ее прикладная часть – минералогия.

Симметрия (от греч. «соразмерность») – это инвариантность (неизменность) структуры объекта относительно каких – либо преобразований (поворотов, отражений, переносов и т.п.). Симметрия характеризует степень упорядоченности материи, наряду с количественными характеристиками ее организации. Элементом симметрии называется геометрический образ (точка, линия, плоскость), относительно которого определяется симметричность характеристик тел. Различают следующие элементы симметрии. Плоскости симметрии – это такие плоскости, которые делят фигуру на две зеркально равные части. Пово-

ротные оси  $n$ -го порядка – оси, при вращении вокруг которых фигура совмещается сама с собой (самосовмещается)  $n$  раз за один полный оборот. Инверсионные оси  $n$ -го порядка – оси, при вращении вокруг которых фигура самосовмещается при повороте с последующим отражением в плоскости, перпендикулярной данной оси. Центр симметрии – особая точка внутри фигуры, характеризующаяся тем, что любая проведенная через эту точку прямая по обе стороны от нее и на равных расстояниях встречает одинаковые точки фигуры. Трансляция – перенос фигуры параллельно самой себе на некоторое расстояние в заданном направлении. Плоскости скользящего отражения – совокупность плоскости симметрии и трансляции, действующих совместно. Винтовые оси, совокупность поворотной оси и параллельной ей трансляции, действующих совместно.

При отсутствии всех элементов симметрии объект является асимметричным. При нарушении, отсутствии или искажении у объекта некоторых элементов симметрии – диссимметричным. Антисимметрией называют свойство объектов совмещаться друг с другом при операциях симметрии с добавлением операции перемены знака. Также выделяют цветную симметрию, как свойство объектов совмещаться при операциях симметрии с добавлением операции изменения цвета; симметрию подобия, как свойство объектов совмещаться при операциях симметрии с добавлением операции пропорционального изменения всех размеров; криволинейную симметрию – обобщение понятия симметрии на случай криволинейности ее элементов: осей, плоскостей (улитка – ось симметрии закручена).

В кристаллофизике известны два фундаментальных симметричных постулата, называемых обычно принципами Кюри и Неймана, которые в обобщенной форме могут быть применены к любым системам, описываемым какой-либо группой симметрии. Согласно принципу Кюри, в результате воздействия в системе сохраняются лишь элементы симметрии, общие с элементами симметрии воздействия. Этот принцип объясняет, почему в открытых системах возможно понижение энтропии и упорядочение структуры.

Симметрия формы природных объектов. На уровне фундаментальной материи проявляется симметрия формы и свойств. Подавляющее большинство простых, а также отдельные части сложных молекул, имеют форму, характеризующуюся той или иной степенью симметрии. В микромире симметрия определяется формой атомных или молекулярных орбиталей. Орбиталью называется геометрическое место точек, в которых может находиться валентный электрон атома, или пространственное распределение электронной плотности вероятности, описываемой одноэлектронной волновой функцией такого электрона. Переход атома в возбужденное состояние сопровождается в соответствии с принципом Кюри понижением его симметрии. Квантово-механическим анализом конфигурации электронных облаков доказано, что атомы с полностью заполненными электронными оболочками (инертные газы) имеют строгую осевую симметрию. При не полном заполнении оболочек возникает диссимметрия. Симметрия формы проявляется и на уровне элементарных частиц. Один из видов симметрии – трансляционная или пространственная повторяемость. Массы, заряды и гипотетические размеры электронов, протонов, нейтронов и других частиц имеют

вполне определенные значения, т. е. налицо пространственная повторяемость масс, зарядов и других характеристик. Для данного уровня организации материи характерна антисимметрия, теоретически все частицы имеют свои античастицы, кроме того электроны с противоположенными спинами также могут считаться антисимметричными. Установлено, что фотон является высоко симметричным объектом. Пространственная симметрия характерна фундаментальным взаимодействиям: в наибольшей степени гравитационному и электромагнитному, что очевидно из картин силовых линий, где присутствуют элементы и операции симметрии и антисимметрии; в меньшей степени сильному и слабому взаимодействиям.

В мегамире симметрия объектов преимущественно сферическая, эллипсоидальная или спиральная. Наша Вселенная в целом сферическая, так как расширяется во все стороны одинаково. Галактики бывают эллиптические, спиральные или неправильной формы. В частности, наша Галактика представляет собой двуручавную плоскую спираль, в центре которой находится утолщенное ядро. Входящие в галактики звезды в основном являются шарообразными сгустками высокотемпературной плазмы. Они вращаются, поэтому их симметрия ниже, чем у неподвижного шара, и характеризуется только одной поворотной осью и перпендикулярной к ней плоскостью симметрии, проходящей через центр шара. Наличие магнитного поля у звезд понижает их симметрию, так как северный и южный магнитные полюса различаются между собой. Галактики, имеющие огромные размеры, в целом являются весьма симметричными объектами, вплоть до высшей формы симметрии – шаровой. Такую же шаровую форму имеют звезды, планеты, кометы и другие космические объекты, хотя среди последних встречаются и тела неправильной формы (астероиды, метеориты, спутники некоторых планет и т. д.). При этом следует отметить, что в «молодом возрасте» космические объекты мало симметричны или вообще асимметричны.

Симметрия формы живой материи. Закономерности симметрии живого изучает наука, называемая биосимметрикой, которая отделилась из общей науки о симметрии в 1961 г. Согласно биосимметрии, живые организмы любого уровня организации либо сами симметричны, либо содержат симметричные элементы (листья, цветы, клетки и органоиды и т. д.). Симметрия живых организмов изменялась в ходе эволюции жизни на Земле. Как правило, чем ниже уровень структурной организации живого организма, тем он более симметричен. Вирусы, многие одноклеточные организмы имеют симметрию, близкую к симметрии шара. Форму правильных многогранников, группы симметрии которых являются подгруппами группы симметрии шара, имеют радиолярии.

Примитивные формы многоклеточных беспозвоночных либо ведут сидячий (придонный) образ жизни, либо активно плавают во всех горизонтальных направлениях. В первом случае присутствует лишь одна (вертикальная) поворотная ось порядка и бесчисленное множество проходящих вдоль нее плоскостей симметрии. Во втором случае имеет место радиально–лучевая симметрия. Она встречается у медуз, морских звезд и морских ежей. Осевая симметрия 5–го порядка, характерная для объектов живой природы, не присуща объектам

неживой природы. Часть многоклеточных, способных к ползанию или плаванию в одном направлении (черви, рыбы и далее земноводные, птицы, млекопитающие), обладают билатеральной (двусторонней) симметрией. У некоторых животных, например, моллюсков и растений возникла винтовая симметрия. Следует полагать, что в процессе эволюции живого с усложнением строения и функций организмов степень симметрии понижалась в связи с расширением степени свободы передвижения организмов.

Билатеральная симметрия имеет особое значение в природе. Этот тип симметрии присутствует не только у высших растений и животных, но и у организмов более низкого уровня, а также на уровне веществ (молекул, атомов) и даже распространяется в глубь материи – на уровень элементарных частиц. В науке о природе такому виду симметрии придается особое значение, так как он, по современным представлениям, сыграл важную роль в филогенетической эволюции живых систем. Билатеральная симметрия имеет самый низкий уровень среди всех типов симметрии: в ней всего один элемент симметрии (плоскость) и единственная операция симметрии (отражение). В зеркальной симметрии принято различать правую и левую половины объекта. Очевидно, что считать «правым», а что «левым», зависит от точки зрения (в прямом смысле слова). При изучении «правизну» и «левизну» объектов природы обнаружили парные объекты, в совокупности составляющие зеркально-симметричную группу. Причем оказалось, что в паре каждый объект бывает настолько диссимметричным, что практически утрачивает собственную симметрию и оказывается асимметричным. Такие пары объектов были названы энантиоморфными объектами. Одну из них называют L-формой (от лат. левый), другую D-формой (от лат. правый). Возникнув в кристаллографии, эти термины распространились на все естественные науки: существуют «правые» и «левые» звезды (по картинам магнитных силовых линий), кристаллы, листья, руки, раковины, молекулы.

Свойства (физические, химические, биологические) правых и левых энантиоморфов часто не совпадают. Это несовпадение зачастую оказывается настолько значимым, что одни формы оказываются более распространены в природе, чем другие. Изучением энантиоморфизма на примере L- и D-молекул винной кислоты занимался Л. Пастер. Он установил, что их растворы обладают оптической активностью – свойством вращения плоскости поляризации света по мере прохождения через раствор. При этом раствор D-формы вращает плоскость поляризации света по часовой стрелке (т.е. является правовращающим), а L-формы – против часовой стрелки (левовращающий). Среда, где присутствует одна форма молекул, называется хиральной средой. Если в растворе присутствуют обе формы молекул в равных концентрациях – рацемизированной. Рацемат оптически неактивным. Микробиологические исследования показали, что живые микроорганизмы поглощают только D-молекулы. В результате этого рацемат винной кислоты, в котором побывали микроорганизмы, из оптически неактивного становился левовращающим. Пастер предположил, если живые организмы способны различать правые и левые молекулы, значит, они по своему составу должны быть диссимметричны. Это он назвал химической диссимметрией протоплазмы.

Неравномерная распространенность в живом веществе на Земле правых и левых форм важнейших биомолекул (например, на 1 молекулу L–глюкозы приходится – 1015 молекул D–глюкозы), называется хиральностью живой природы. Причины возникновения этого явления пока не установлены. Существует две основные гипотезы, объясняющие это явление. Согласно одной из них, предложенной Пастером, окружающая живые организмы среда в целом является диссимметричной и, воздействуя на живое, формирует диссимметрию живых организмов. Диссимметризирующие факторы: одностороннее вращение Земли, частичная поляризация солнечного света, диссимметрия магнитосфер Земли и Солнца и т. д. Вторая гипотеза считает хиральности жизни результатом случайных влияний на эволюцию органических молекул в точке бифуркации. В результате под действием случайных факторов дальнейшая эволюция пошла по одной из бифуркационных ветвей, причем для одних молекул это оказалась D–ветвь, для других – L–ветвь. На этапе появления живых организмов, последние оказались хиральными. Другой вариант этой гипотезы состоит в том, что точка бифуркации пришлась на этап уже сформировавшейся жизни, и в борьбе за существование среди хиральных равно распространенных диссимметричных живых организмов выжили те, которые характерны для нынешней эпохи.

Симметрия свойств природных объектов. Симметрия характерна не только форме, но и свойствам природных объектов. Объектами исследования симметрии свойств природных объектов служат преимущественно кристаллы. Проще всего описывать симметрию физических свойств кристаллов с помощью индикатрис, предложенных выдающимся английским физиком–оптиком Д. Брюстером (1784–1868). Если из центра кристалла откладывать в одинаковом масштабе во всевозможных направлениях значения какой–либо физической характеристики вещества кристалла (прочности, скорости звука, показателя преломления света, электро– и теплопроводности и т. д.), а затем концы полученных отрезков соединить условной замкнутой поверхностью, это и будет соответствующая индикатриса. Физические свойства кристаллов имеют симметрию, однозначно связанную (но не совпадающую) с симметрией внешней формы кристаллов. Причем симметрия физических свойств либо совпадает с симметрией формы кристаллов либо выше нее. В одном и том же кристалле разные физические свойства могут иметь разную степень симметрии. Например, плотность кристаллов изотропна, скорость света (и коэффициент преломления) обычно анизотропна (различна по трем направлениям в пространстве). Выраженную анизотропию имеют физические свойства у биологических объектов. Например, прочность мышц в продольном направлении меньше, чем в поперечном.

Возвращаясь к уровням структурной организации материи, очевидно, что космические объекты, а также элементы фундаментальной материи имеют самую низкую упорядоченность (самую высокую симметрию) в сравнении с живыми организмами, особенно высокоразвитыми.

Симметрия пространства и времени. Законы сохранения. С современных научных позиций свойства пространства и времени являются материальными, как и свойства самой материи. Поэтому вполне уместно вести речь о симметрии физических свойств пространства и времени. Анализируя пространство–время

на симметричность, обращает на себя внимание, прежде всего, изотропность (независимость от направления) свойств пространства–времени. Согласно принципу относительности Галилея – Эйнштейна, любые процессы (физические, химические, биологические) во всех инерциальных системах отсчета протекают одинаково. Пространство–время имеет высшую, сферическую форму симметрии своих свойств. На этом утверждении основываются законы сохранения, действительные на всех уровнях существования материи, а именно закон сохранения энергии, импульса, закон сохранения момента импульса. Ж. Лагранж первым вывел законы сохранения механической энергии, количества движения (импульса) и момента количества движения (кинетического момента). Э. Нетер доказала, что если законы динамики для движения механической системы подвергать пространственно–временным преобразованиям (параллельному переносу, повороту системы координат, переносу во времени), то можно вывести конкретные законы сохранения. Законы сохранения являются следствием симметрии, т.е. инвариантности, неизменности структуры материальных объектов относительно преобразований, или изменений физических условий существования. Законы сохранения импульса и энергии связаны с однородностью времени и пространства. Закон сохранения момента импульса – с симметрией пространства относительно вращений. Законы сохранения зарядов связаны с симметрией относительно специальных преобразований волновых функций, описывающих частицы. Однако законы сохранения действуют лишь в изолированных системах тел, и только тогда, когда выполняются условия, для которых они получены. Эти условия связаны с макроскопическими свойствами пространства и времени: трехмерностью, однородностью и изотропностью пространства, однородностью времени. В мегамире вследствие искривления пространства вблизи звезд пространство теряет однородность и изотропность. Действительно, свойства пространства вблизи какой–либо звезды и вдали от нее будут различны. Эти свойства будут зависеть и от направления: по направлению к центру звезды свойства будут одни, а в перпендикулярном направлении – другие. Кроме того, вблизи массивных тел время замедляет ход. Следовательно, в мегамире, в непосредственной близости от звезд, тем более, черных дыр, законы сохранения импульса, момента импульса и энергии не выполняются.

Эти же законы будут нарушаться и в микромире, вблизи элементарных частиц, на расстояниях, меньших их собственных размеров. Дело в том, что кривизну пространства и однородность времени изменяют не только гравитационные, но и другие физические поля: электромагнитные, сильные и слабые. Для слабых взаимодействий, как было показано выше, кроме того, нарушается четность. Трехмерность пространства, одномерность времени и непрерывность того и другого в микромире сохраняется до масштабов, соизмеримых с фундаментальной длиной  $10^{-35}$  м.

#### 4.4. Информация и организация

Информация как количественная характеристика организации системы.  
Кодирование. Под информацией (от лат. разъяснение, изложение) понимают

любые сведения, передаваемые с помощью каких – либо сигналов или знаков от одного объекта к другому объекту. Понятие информации содержит множество аспектов: семантический, аксиологический, коммуникативный, гносеологический, теоретико–содержательный, физический и т.д. По Н. Винер информация– это обозначение содержания (сигналов), полученного из внешнего мира в процессе нашего приспособления к нему и приспособливания к нему наших чувств. Информация носит объективный характер, не является субъективным феноменом, связанным со свойствами психики. Являясь сигналом к действию, она не обязательно должна проходить через сознание. Часть информации, на основе которой происходит регулирование деятельности внутренних органов, а также разнообразие приспособительного поведения живых организмов вплоть до самых примитивных форм, передается на бессознательном уровне. Любая информация является отражением событий окружающей среды, но не всякое отражение представляет собой информацию. Информация, как форма деятельности, характерна самоорганизующимся системам, способным к целесообразному управлению. Эффект информационных процессов во многом определяется внутренним состоянием системы. Физическим носителем сигналов могут быть всевозможные виды энергии и вещества. Знаковая сущность сигнала позволяет ему, с одной стороны, отражать событие, о котором он несет информацию, а с другой стороны, приобрести относительную независимость от информационного источника. Информационное значение сигнала не зависит от его энергии. Сигналы могут иметь самую разную физическую природу, но чтобы быть носителями информации, они должны удовлетворять требованиям изоморфизма. Под изоморфизмом понимается взаимное соответствие физически разнородных явлений, позволяющее сохранять содержание передаваемого сообщения, несмотря на чередование его носителей.

Символы языка кодирования отличаются друг от друга параметрами общего физического носителя, которые достигаются его модуляцией. Так как наиболее распространенным носителем сигналов в технике являются посылки электрического тока, то его модуляция осуществляется путем изменения таких параметров, как сила, длительность, частота и порядок следования, фазные отношения, форма посылки и т. д. Число символов, из которых составляется сообщение, определяет значность кода. Если все сообщения имеют одинаковое число букв, то такой код называется равномерным (телеграфный пятизначный код Бодо, генетический код), а если разное число знаков, то неравномерным (код Морзе). Для равномерного кода можно вычислить количество разных сообщений, которое он может отобразить как  $N=m^n$ , где  $m$  — число символов кода,  $n$  – значность кода. Например, при передаче текста телеграфным пятизначным кодом Бодо при двухзнаковом коде (импульс тока и его отсутствие)  $N=2^5=32$ , что достаточно для построения любого текста. Равномерный код имеет преимущество в различении сообщений как групп сигналов, кратных значности кода, в то время как в случае неравномерного кода необходимы дополнительные сигналы, разделяющие сообщения, выраженные разным числом знаков.

Одной из общих характеристик является экономичность кода, определяемая в основном временем передачи данного объема сообщения. Код тем более экономичен, чем меньше сигналов он использует для передачи сообщения, т. е. чем меньше его значность. Наиболее экономичный двоичный код, состоящий из двух знаков. Однако при оценке экономичности необходимо учитывать устойчивость кода к шуму, создающему помехи в процессе передачи информации. Для повышения устойчивости к помехам пользуются специальными кодами, которые могут их корректировать. Корректирующие коды способны обнаруживать с заданной точностью и исправлять ошибки, возникающие при передаче сообщений. В основе всех корректирующих кодов лежит избыточность используемых сигналов или посылаемых сообщений. Например, в генетическом коде используются трехзначные кодоны ( $n=3$ ) на основе 4-символьного алфавита ( $n=4$ ), образованного следующими нуклеотидами: аденин, гуанин, урацил, цитозин. Каждый кодон кодирует одну аминокислоту, входящую в состав белка. Число выборов в этом случае составляет  $N^n = 4^3 = 64$ . Явная избыточность генетического кода обеспечивает его высокую помехоустойчивость к мутациям. Участок ДНК, содержащий в виде последовательности нуклеотидов, информацию об одном белке-гене может быть представлен разным набором кодонов, образуя аллели. Наличие в популяциях нескольких аллелей каждого гена приводит к полиморфизму и комбинативной изменчивости при половом размножении, т. е. служит исходным материалом для эволюции. Согласно закону Моргана-Эфрусси, расчлененность наследственного основания на гены, соединенные в хромосомы, а генов на нуклеотидные триплеты, молекулярно-дискретная организация и качественная определенность белков организма как конечных носителей информации, обусловленность нервной деятельности отдельными рефлексамии-все это выражает дискретность (прерывность) биологической информации. Внутреннее единство, целостность биологической информации любого организма, несводимость этой информации к простой сумме ее элементарных единиц выражают свойство ее непрерывности. В экспрессии (реализации) биологической информации ее дискретность и непрерывность проявляются одновременно, обуславливая единый процесс информационной детерминации (определения) развития и функционирования организма. Отдельные стороны этого процесса составляют генная, геномная и надгеномная (эпигенетическая) детерминации. Любой признак организма при учете его полной причинно-следственной обусловленности определяется взаимодействием всех этих детерминаций, в чем и проявляется единство дискретности и непрерывности биологической информации.

Сообщение, закодированное какими-либо символами, содержит в себе неопределенность, пропорциональную числу возможных сочетаний из этого набора символов по их позициям, то есть может быть охарактеризована некоторым статистическим весом сообщения. Связь информации с неопределенностью системы может быть выражена формулой Хартли:  $I = \log_2 N$ , где  $I$  – информационная емкость системы (максимально возможное значение),  $N$  – неопределенность, обратно пропорциональна вероятности состояния системы. При основании логарифма равному 2, информация будет исчисляться в битах

(от англ. – двоичная единица). Вероятность представляет собой меру возможности наступления случайного события. Из данного выражения следует, что чем меньше вероятность конкретного состояния системы, тем больше информации принесет событие, реализующее это состояние. Для случаев, когда состояния системы неравновероятны, оценку организованности системы проводят через среднее значение информации всех возможных состояний по формуле К. Шеннона:

$$H = -k \sum_{i=1}^n p_i \log p_i$$

, где  $H$  – информационная энтропия,  $p_i$  – вероятность  $i$  – го состояния из  $n$  возможных,  $k$  – постоянная, определяющая единицу измерения. Таким образом, можно сделать вывод, что появление неоднородности в равномерном пространственном распределении материи повышает ее организацию, а значит создает структуру. Поэтому для равновероятных состояний системы величина информационной энтропии всегда максимальна, а снижение ее величины за счет введения ограничений на равновероятность состояний упорядочивает систему.

Отметим, что формулы позволяют определить лишь количество передаваемой информации, но не ее ценность. Два сообщения, содержащие одинаковое число бит информации, могут иметь совершенно разную значимость. Для количественной оценки повышения уровня организации ( $R$ ) при перестройке состояний от равновероятности к неравновероятности используют выражение У.Эшби:  $R = 1 - H / H_{\max}$ , где  $H$  – информационная энтропия для неравновероятных состояний;  $H_{\max}$  – информационная энтропия для равновероятных состояний. Информационная энтропия, по аналогии с термодинамической, выражает вероятность получения сигнала из некоторого их множества. Согласно Эшби, по уровню организации можно выделить системы низкоорганизованные вероятностные или стохастические ( $R < 0,1$ ), среднеорганизованные или вероятностно–детерминированные ( $0,1 \leq R \leq 0,3$ ), высокоорганизованные – детерминированные ( $0,3 \leq R \leq 1$ ). Данные формулы позволяют определять степень упорядоченности системы, исследовать изменение этой упорядоченности во времени, сравнивать степень упорядоченности различных систем.

Связь энтропии, информации и симметрии. Известно, что энтропия является мерой беспорядка в системе. Информация, наоборот, является мерой упорядоченности системы. Понятие симметрии предполагает определенную организацию, несет информацию о соотношении частей тела и их взаимном расположении. Однако неверно предполагать, что чем более симметричен объект, тем больше он упорядочен. Симметрия, как и энтропия, является мерой беспорядка в системе, мерой ее близости к равновесному, максимально хаотичному состоянию. Самую высокую симметрию имеет шар. У него бесконечное количество осей симметрии, проходящих через центр симметрии, и бесконечное количество проходящих через эти оси плоскостей симметрии. Но именно такую форму принимает в отсутствие сил тяжести вода или другая жидкость. Силы поверхностного натяжения, уравнивая друг друга, стягивают жидкость в шар, чтобы окружить ее поверхностью минимальной для данного объема площади.

Следовательно, чем выше симметрия системы, тем меньше в ней порядка. При упорядочении системы ее симметрия всегда понижается. Известно, что в ходе эволюции живых организмов их симметрия, как правило, понижается. В случае же регрессивного развития происходит редукция приобретенных новых элементов структуры, и форма организма вновь упрощается, его симметрия снова возрастает. Такое регрессивное развитие, ведущее к дегенерации, всегда имеет место, когда вид находится в изоляции или на него перестают действовать возмущающие факторы. Многие считают симметрию синонимом красоты. Американский математик Д. Биркгоф в начале XX в. разработал «теорию эстетической ценности», согласно которой произведение искусства интересно и приятно только в том случае, когда оно не слишком предсказуемо, но и не таит в себе слишком много сюрпризов.

Можно ли считать, что с повышением уровня организации степень упорядоченности системы также возрастает? При повышении уровня организации увеличивается количество элементов (значение  $N$  возрастает), увеличивается число слагаемых в сумме, а соответственно возрастает значение информационной энтропии. Так как доля слагаемых, характеризующихся большей упорядоченностью (малым значением  $p_i$ ), невелика по сравнению с объемом неживой материи, то отношение  $N/N_{\max}$  будет возрастать с повышением уровня организации системы. Таким образом, организованность космических систем уменьшается по мере увеличения масштаба систем, и значительно ниже, чем степень организации земной материи.

Информационная причинность и характер целевого причинения в процессах самоорганизации и самоуправления. Все события и явления, происходящие в мире, взаимосвязаны между собой. Связь всех явлений и материальных объектов в природе получила название всеобщей универсальной связи, которая раскрывается на основе двух принципов диалектического материализма: 1. принципа материального единства мира; 2. принципа всеобщего развития мира. Одним из моментов взаимосвязи событий в бесконечной цепи развития материи является причинность и следствие, то есть детерминированность всех процессов и явлений. Обнаружение причины – это важнейшая цель научного познания. Процесс производства одними событиями, выступающими в роли причины, других событий (изменения структуры и свойств объектов физических, химических, биологических и т.д.) – следствия, называется причинением. Каждая причина при определенных условиях производит соответствующее только ей следствие. Первым выделение различных видов причинности сделал Аристотель. Он выделил формальные, выражающие материальную сущность вещей, материальные, служащие основой для действия других причин, а также движущие и конечные причинности.

Б.С.Украинцев предлагает выделять статистическую причинность макросистем классической физики, статистическую причинность микрообъектов квантовой физики, информационную, самопричинение самоуправляемых систем, психическую причинность, социальную причинность. Таким образом, каждый уровень структурной организации, отображающий уровень развития системы,

характеризуется причинно–следственными связями, которые зависят от связей более низких уровней, но не сводятся к ним.

Системно–регуляторные факторы, определяющие развитие и жизнедеятельность организма, факторы, контролирующие процессы обмена веществ и энергии, можно рассматривать как совокупность управляющих сигналов, несущих информацию о данной живой системе и окружающей среде. Информационное воздействие одних элементов (или систем) на другие приводит к событиям, которые проявляются в виде изменения поведения системы. Информационная причина имеет структурное производительное начало, которое непосредственным образом влияет на структуру адресата. Этот процесс безразличен к содержательному аспекту информационного воздействия, то есть различная по содержанию информация может производить одинаковое следствие. Под действием структурного начала происходит опосредованное физическое изменение адресата, приводятся в действие различные механизмы, определяющие дальнейшее поведение системы во времени и пространстве. Например, состояния магнитной пленки после записи научного доклада и сказки как непосредственное изменение структуры, не зависят от содержания информации. Но прослушивание этих записей в детском саду приведет к различному физическому изменению адресата. Т.о. информационная причина носит управляющий характер. При этом главным производящим началом является не физическое воздействие сигнала, а его структура. Наиболее ценной является информация, содержание которой адекватно внешним условиям и процессам функционирования системы. Такая информация должна способствовать адаптации системы при изменении внешних и внутренних условий. Критерием качества информации считают величину и скорость накопления негэнтропии в системе.

Цель выражает объективную необходимость и реальную возможность функционирования самоуправляемой системы, ее элементов. Выделяют два этапа развертывания цели. На первом – этапе целеполагания – цель выступает внутренней информационной причиной. На втором – этапе целеосуществления – информационная причина переходит в свое следствие, то есть в фактическое поведение системы. При этом целевую причину называют исходной, а следствие этой причины – реализованной целью.

Выделяют внутренние и внешние цели. Внутренние цели являются выражением законов функционирования данной системы, внешние цели – цели других самоуправляемых систем. Эти цели могут совпадать, когда внешняя система является целым, в которое входит данная система, как часть. Например, цель сообщества животных организмов выражает потребности (внутренние цели) каждой особи. Внешние и внутренние цели не совпадают, когда внешняя цель реализуется за счет подавления рассматриваемой системы, то есть проявляет себя, как неблагоприятное воздействие со стороны окружающей среды. Например, плотоядные животные удовлетворяющие свои пищевые потребности за счет жертв.

Переход от целеполагания к целеосуществлению может быть планомерным и непланомерным, что во многом зависит от уровня организации системы. Непланомерный переход характеризуется жесткой причинно–следственной свя-

зью, поведение системы четко определено во времени и пространстве (летающие на огонь и погибающие бабочки, бьющиеся о стекло мухи). Большое значение для функционирования живых систем имеет планомерность перехода, отражающая тенденцию сохранения целостности системы, выживания и развития. Это возможно в том случае, если причинно–следственная связь гибкая, существует возможность выбора оптимального перехода в конкретных условиях. Для осуществления такого перехода необходимы следующие условия: наличие обратных связей, позволяющих постоянно сравнивать исходную и реализованную цель; определенные пределы изменения внешних условий; своевременная модернизация исходной цели для выражения потребностей системы при изменении условий внешней среды; выбор средств для реализации всех целей системы по принципу сохранения функциональной целостности системы.

Отражение как всеобщее свойство материи и фактор эволюции. Первичность отражаемого объекта и вторичность его отражения — основополагающий принцип материалистической диалектики. Отражению внешнего во внутреннем как философскому принципу всеобщности материального и живого мира уделено достаточно много внимания, философская теория отражения является одним из основных компонентов современной системы познания живого. Отражение – всеобщее свойство материи – проявляется в объектах живой материи в специфических формах – эволюционных изменениях внешних морфологических признаков, внутренних системно–структурных признаков, а также в формах рефлексии, соответствующих системной совокупности этих изменённых признаков. Отражения в неживых материальных образованиях, как правило, необратимы, они являются пассивными следствиями физико–химических закономерностей, то есть отражаются и фиксируются в изменениях формы или других свойств этих материальных образований. В объектах живой материи, обладающих саморегулирующими свойствами, отражение является активным процессом, ответной реакцией с активизацией цепей обратных связей для восстановления, стабилизации и повышения системной устойчивости. Формы отражения живыми организмами внешней среды определяются уровнями сложности их системной и структурной организации, генетически унаследованными биоинформационной программой и приобретаемым жизненным опытом (у высокоорганизованных организмов).

Формы проявления активной реакции живых организмов на внешние условия и воздействия определяются следующими основными внутренними факторами: системной сложностью внутренней структуры, наличием органов избирательно–чувствительных к внешним воздействиям, уровнем сложности и специализации этих органов, уровнем сложности и пороговой чувствительности систем сравнения величины влияния внешних воздействий с предельно–допустимыми для организма изменениями внутреннего режима, степенью свободы перемещений в окружающей среде, наличием внешних органов для перемещения в ней, наследуемым и приобретённым в течение жизни опытом существования во внешней среде. Принцип отражений подобен алгоритму работы простейшей системы автоматического регулирования – отклику на рассогласо-

вание параметров в автоматической системе регулирования («причина–следствие»).

В меняющихся условиях среды живая система сохраняет относительное внутреннее постоянство своего состава и свойств – гомеостаз (от греч. *homoios* – подобный, одинаковый, *stasis* – состояние). Принципы функционирования саморегулирующихся систем, лежащие в основе поддержания гомеостаза, изучаются кибернетикой – наукой об управлении. Информационный сигнал – прямой или обратный – изменяет состояние системы, принимающей сигнал. В случае обратной положительной связи первый элемент сигнализирует второму о некоторых изменениях своего состояния, а в ответ получает команду на закрепление этого нового состояния и даже его дальнейшее изменение. Цикл за циклом происходит накопление изменений, что характеризуется как самоорганизация, развитие, эволюция, и ни о какой стабильности системы говорить не приходится (приложение, рис. 4). Это может быть рост организма, изменение видового состава, изменение концентрации мутаций в генофонде популяции. Таким образом, обратные положительные связи не только не поддерживают, но, напротив, разрушают гомеостаз. Обратная отрицательная связь вызывает изменения в регулируемой системе с противоположным знаком относительно тех изменений, которые породили прямую связь. Первоначальные сдвиги параметров системы устраняются, и она приходит в исходное состояние. Циклическое сочетание прямых положительных и обратных отрицательных связей может быть, теоретически, бесконечно долгим, так как система колеблется около некоторого равновесного состояния.

Эволюционное развитие специализированных чувствительных органов, органов движения и пищеварения шло одновременно с развитием, усложнением системы аналитической оценки целого комплекса жизненно важных параметров: внутреннего состояния тела, условий внешней окружающей среды, расположения тела и его частей в пространстве. При повышении уровней системной сложности и функциональных возможностей система аналитической оценки приобрела у высокоорганизованных видов живого (рыб, птиц, животных) вид нервной системы с общим аналитическим центром – мозгом. Взаимодействие и взаимосвязь мозга с частями и органами такого живого организма осуществляется с помощью импульсных потоков информации. Ощущения органов чувств животного, обладающего нервной системой, преобразованные в последовательность специализированных биоинформационных сигналов, поступают в его мозг и сопоставляются с биоинформационной базой данных памяти мозга. Мозг анализирует в процессе мозговой деятельности биоинформационное состояние живого организма, состояние внешней среды, находит в памяти необходимый алгоритм действий и передаёт его в форме последовательности скоординированных сигналов тем органам управления частями своего тела, которые должны участвовать в реализации действия. Мыслительная деятельность – это особый вид мозговой деятельности, качественно новый вид биоотражения, который осуществляется самим мозгом в форме перебора вариантов возможных «идеально представляемых» взаимодействий внешней среды и внутренних органов с оценкой их возможных результатов.

Примерами простых саморегулирующихся систем, использующих обратную отрицательную связь, являются ферментативные цепи, ингибируемые конечным продуктом, поддержание внутриклеточного осмотического гомеостаза, благодаря ионным насосам, встроенным в мембрану клетки. Во всех рассмотренных случаях действует один и тот же принцип – саморегуляция системы на основе обратной отрицательной связи. Регулируемые параметры не бывают абсолютно постоянными, они поддерживаются в допустимых границах. У многоклеточных организмов происходит усложнение и совершенствование механизмов гомеостаза. В ходе эволюции формируются специализированные органы кровообращения, дыхания, пищеварения, выделения и др., участвующие в поддержании гомеостаза. Основную роль в поддержании гомеостаза организма играют нервная и гормональная системы регуляции. Механизм обратной отрицательной связи вовлечен в поддержание постоянства числа клеток в обновляющихся тканях, таких как кровь, кишечный или кожный эпителий. К числу регуляторных систем, обеспечивающих внутреннее постоянство организма, кроме нервной и эндокринной, следует отнести иммунную систему, которая отслеживает и поддерживает генетическую чистоту внутренней среды и тканей организма, устраняя проникшие вирусы, микробы или собственные мутантные клетки.

Как и в случае с внутриклеточной регуляцией, гомеостаз организма не бывает абсолютным. Любые параметры: температура тела, артериальное давление, пищевое поведение, частота сердечных сокращений, число клеток в ткани и многие другие – находятся в колебательном режиме. Это вытекает из самой природы механизма регуляции – прямая и обратная связи замкнуты в цикл, на оборот которого требуется определенное время. За это время система успевает измениться в ту или иную сторону, что и выражается в колебании ее параметров. Но средний уровень параметра должен соответствовать норме, а коридор его колебаний не должен выходить за физиологические пределы. Если это все же происходит, говорят о патологических (болезненных) отклонениях в состоянии организма. Нормальные колебания функциональных характеристик организма происходят постоянно и называются биоритмами. Скорость синтеза белков в клетке колеблется в окологосовом (1,5 – 2 часа) ритме, большинство организменных ритмов имеют окологосовую периодичность, есть месячные, годовичные и даже многолетние ритмы. Внутренний механизм, управляющий ритмами, принято называть биологическими часами, что подчеркивает связь биоритмов с астрономическим временем. Колебательное состояние системы является наиболее устойчивым. Именно поэтому колебательное состояние внутренней среды организма выступает как важный фактор поддержания гомеостаза.

Все условия среды, включая живые и неживые объекты, от которых зависит жизнь отдельного организма или популяции, обозначаются понятием экологические факторы. Экологические факторы делят на абиотические факторы (неживой природы) и биотические (влияние одних живых организмов на другие). Кроме того, в особую группу выделяют антропогенные факторы, порожденные производственной деятельностью человека. В зависимости от характера отношений различают несколько типов биотических факторов: конкуренцию,

хищничество, паразитизм, симбиоз. Любой экологический фактор имеет меру интенсивности. Тепловой фактор выражают температурой среды и измеряют в градусах Цельсия или Кельвина. Освещенность измеряют в люксах или количестве световых часов в сутках, световых дней в году и т. д. Для каждого организма, популяции существуют пределы выносливости того или иного экологического фактора в пределах которых организмы сохраняют жизнеспособность. Более узкую зону, в которой условия среды наиболее благоприятны, составляет оптимум экологического фактора.

Находясь под действием самых разнообразных экологических факторов, хорошо сбалансированный по составу биоценоз постоянно осуществляет саморегуляцию и поддерживает внутреннее постоянство – гомеостаз. Состояние гомеостаза выражается в том, что численность различных популяций в сообществе поддерживается на определенном уровне, хотя и в колебательном режиме; биоценоз сохраняет устойчивость и самовоспроизводится даже при колебаниях климатических условий.

Элементарная саморегуляция осуществляется на уровне отдельных популяций конкретных видов животных, растений, грибов, бактерий. Численность популяции зависит от противодействия двух начал: репродуктивного потенциала популяции и сопротивления среды, между которыми устанавливаются прямая и обратная связи. В биоценозе, состоящем из нескольких взаимодействующих сообществ, которые включают разные популяции конкретных видов, существуют многочисленные трофические и энергетические связи. Таким образом, все организмы связаны переносом вещества и энергии, через них и через внешнюю среду совершается глобальный круговорот материи на Земле. Основным донором энергии для поддержания этого круговорота выступает Солнце – его световая энергия обеспечивает фотосинтез глюкозы у растений. Пути передачи вещества и энергии через пищевые отношения организмов обозначаются как цепи питания, или пищевые цепи. Эти цепи имеют одностороннюю направленность: от автотрофной биомассы продуцентов – в основном зеленых растений – к гетеротрофным консументам и далее к редуцентам. Значительная часть вещества возвращается в круговорот, но энергия, полученная от солнца, для живых организмов безвозвратно теряется. Она либо аккумулируется в новых минералах почвы и донных осадков (каменные угли, мел и другие ископаемые), либо накапливается в виде тепла в оболочках Земли (разогрев атмосферы), либо рассеивается. Характерная пропорция разных обитателей биоценоза устанавливается в результате процессов саморегуляции.

Поддержанию высокой устойчивости биоценоза способствует ряд условий: высокий, но сбалансированный репродуктивный потенциал отдельных популяций; адаптации, как процесс приспособления соответствующего биообъекта к внешней по отношению к нему среде; разнообразие сообществ и разветвленные пищевые сети. Устойчивость экосистемы относительна, не беспредельна. Она нарушается при сильных изменениях внешней среды и резких изменениях состава сообществ. При этом происходит смена экосистем, их переход в новое качество, что означает новый цикл развития в направлении повышения устойчивости. Этот процесс смены экосистемы и ее развития к новому состоянию

устойчивости происходит поэтапно и очень медленно и обозначается понятием сукцессия (от лат. преемственность, наследование). Сукцессия представляет самоорганизацию, развитие, так как при перестройке системы преобладают обратные положительные, вместо обратных отрицательных связей, и изменяются ее количественные и качественные характеристики.

Таким образом, несмотря на процессы саморегуляции в экологических системах, природа закономерно и необратимо изменяется. Это естественный биогеохимический процесс, идущий независимо от воли и деятельности человека. Когда он протекает без резких отклонений, говорят об устойчивом развитии экосистем и в целом биосферы Земли. В этом определении отражено единство противоположностей: устойчивость, гомеостаз, с одной стороны, и развитие, необратимое изменение – с другой. Нарушение устойчивого развития означает наступление экологического кризиса, чреватого таким изменением биосферы, которое станет несовместимо с жизнью человечества. Основной причиной необратимых изменений биосферы в XX столетии стала хозяйственная деятельность человека.

#### *Вопросы для самостоятельного изучения*

1. Самоорганизация и ее структурные основания. Универсальные механизмы самоорганизации: структурная и функциональная общность, роль случайности.
2. Механизмы и свойства биологической саморегуляции.
3. Организм как система целесообразного регулирования
4. Взаимодействие информационного и энергетического аспектов в процессе самоорганизации материи.

### **5. Эволюционные представления в естественно-научной картине мира**

#### **5.1. Самоорганизация сложных природных систем как основа эволюции**

Термин «самоорганизация» был введен в научный обиход в начале 60–х годов, в разгар интереса к кибернетике, как отражающая способность сложной динамической системы противостоять энтропийным факторам среды. Процесс самоорганизации, таким образом, характеризуется возрастанием упорядоченности системы и непосредственно связан с процессами самоуправления и энергоинформационным взаимодействием со средой. Самоорганизация характерна сложным и очень сложным вероятностным системам. Структурными основаниями самоорганизации являются множественность элементов и разветвленность связей между ними, ведущих к возникновению целостности. А функциональным основанием – развитие гибкого взаимодействия между элементами по типу обратных связей, направленных на оптимизацию системы. Способностью к самоорганизации обладают системы живой и неживой природы, а также искусственные системы. В значительной степени иерархическую структуру живого можно рассматривать как следствие бифуркационных явлений в процессе самоорганизации.

Энтропия как мера близости системы к хаотическому состоянию. Все естественные процессы протекают в сторону установления равновесия. Равновес-

ные состояния характеризуются максимальным статистическим весом – числом возможных способов осуществления какого – либо состояния системы. Существование системы в равновесном состоянии наиболее вероятно. Количественной характеристикой организации системы, равновесности ее состояния служит энтропия. Она может быть выражена формулой Больцмана:

$S = k \ln W$ , где  $S$  – энтропия,  $k$  – постоянная Больцмана  $= 1,38 \cdot 10^{-34}$  Дж/К;  $\ln$  – натуральный логарифм;  $W$  – статистический вес. Одним из фундаментальных принципов природы, отраженный во втором законе термодинамики, является принцип возрастания энтропии. Действительно в изолированной системе энтропия не изменяется при обратимых процессах и возрастает при необратимых процессах. Обратимыми процессами называются такие процессы, при которых систему можно вернуть в исходное состояние через те же самые промежуточные состояния. Реальные процессы, как правило, необратимы, так как сопровождаются диссипацией энергии (от лат. Dissipatio – рассеяние). В изолированной системе, при наличии диссипативных процессов, происходит хаотическое перераспределение частиц по всем возможным состояниям, т. е. система становится менее упорядоченной, поэтому ее статистический вес и энтропия возрастают, стремясь к максимально возможному значению, которое достигается в равновесном состоянии системы. Очевидно также, что при температуре, равной абсолютному нулю, когда всякое движение в системе прекращается, и, стало быть, она характеризуется единственным доступным ей состоянием ( $W = 1$ ), энтропия системы обращается в нуль. Выражение называется законом Нернста или третьим началом термодинамики.

В замкнутых системах существуют механизмы самопроизвольного упорядочивания. Например, физический процесс кристаллизации, химические реакции соединения атомов в молекулы, а молекул – в группы, объяснимые принципом минимизации потенциальной энергии физической системы. При этом образующиеся структуры остаются в устойчивом равновесном состоянии по отношению друг к другу. Описанные механизмы самоорганизации относятся только к объектам и процессам фундаментальной материи, неживой природы.

Живые организмы представляют собой открытые системы, так как они обмениваются с окружающей средой энергией, веществом и информацией. При этом они способны не только сохранять стационарное состояние, когда прирост энтропии в системе равен нулю, но и снижать значение энтропии – повышать уровень организации. Следовательно, с позиций термодинамики, жизнь – это наименее вероятное состояние материи и механизмы ее самоорганизации следует искать в рамках условий протекания неравновесных систем.

Механизмы самоорганизации в слабонеравновесных системах. Неравновесная термодинамика изучает слабонеравновесные и сильнонеравновесные состояния систем. Механизмы образования и поддержания структуры этих состояний различны. В основе теории слабонеравновесных состояний лежит принцип Ле Шателье – Брауна: в открытой системе, выведенной внешним воздействием из равновесного состояния и находящейся вблизи него, возникают внутренние процессы перестройки, стремящиеся вернуть систему в исходное

состояние, а при невозможности этого — переводящие ее в новое ближайшее равновесное состояние. Например, если попытаться вывести лежащий камень из состояния покоя, то силы сухого трения будут возрастать, заставляя камень оставаться в неподвижности. Если же внешнюю силу увеличивать, камень сдвинется, но при мгновенном ослаблении силы остановится вблизи исходного места. Данный принцип был дополнен Пригожиным, установившим, что в неравновесных открытых системах при выводе их из устойчивого равновесия в близкое состояние возникают механизмы, препятствующие дезорганизации и сводящие ее к минимуму. С помощью теории слабонеравновесных состояний удастся объяснить многие процессы самоорганизации природных систем: геологические процессы породообразования, биологические процессы (транспорт питательных веществ, мембранную проницаемость клеток и т. д.), некоторые астрономические и химические явления.

Существуют два феномена, известных с начала XX в. и долгое время не находивших научного объяснения. Они называются гидродинамическими парадоксами. Первый — ячейки Бенара (открыты французским физиком Г. Бенаром в 1900 г.). При заполнении низкого широкого сосуда тонким слоем термоустойчивого масла (например, силиконового) и равномерном нагревании вначале в масле возникнут неупорядоченные конвекционные течения, а затем при некоторой критической температуре — симметричные шестиугольные ячейки, похожие на пчелиные соты размером в несколько мм. Ячеистая структура жидкости сохраняется только в определенном диапазоне температур. При этом, исследование ячеистой структуры по глубине слоя жидкости показало, что движение частиц жидкости в каждой ячейке имеет замкнутую траекторию: жидкость поднимается вдоль одного края шестигранной призмы и опускается у другого, в соседних ячейках движение жидкости имеет противоположное направление. Ячейки Бенара обнаружены и на поверхности солнечного диска, их количество там оценивается около  $2 \cdot 10^6$ , средний поперечник примерно 700 км, скорость движения плазмы в них достигает 2–3 км/с. Известны и другие примеры ячеистой конфигурации, в том числе в крупномасштабной структуре Вселенной.

Второй гидродинамический парадокс — вихри Тейлора (открыты английским физиком Д. Тейлором в 1923 г.). Если узкий зазор между двумя цилиндрами, наружный из которых прозрачный, заполнить жидкостью и привести внутренний цилиндр во вращение, то за счет сил сцепления жидкости с цилиндрами она будет увлекаться во вращение, причем возникнет градиент скорости потока жидкости по толщине зазора. Постепенно увеличивая скорость вращения цилиндра, при достижении ее критического значения можно будет четко наблюдать расслоение жидкости на кольцевые симметричные потоки. Стратификация (расслоение) жидкости сохраняется в довольно широком диапазоне. Детальный анализ показывает, что частицы жидкости в соседних слоях движутся во взаимно противоположных направлениях. Подобные явления можно наблюдать и в атмосфере Земли.

Кроме того, теория слабонеравновесных состояний не может решить и проблему образования из молекулярного хаоса высокоорганизованной живой материи.

Механизмы самоорганизации в сильнонеравновесных системах. Теория сильнонеравновесных систем разрабатывалась научной школой И. Р. Пригожина с середины XX в. В 1977 г. И.Р.Пригожин сформулировал основные свойства систем в сильнонеравновесном состоянии: возникновение только в открытых системах; существование только в неравновесных условиях, причем при сильном удалении от положения равновесия; возникновение скачкообразно, путем резкого перехода системы от неупорядоченности к упорядоченности; существование в определенном диапазоне величин внешних воздействий, которые и выводят систему из первоначально равновесного положения. Необходимым условием существования этих структур является поступление в систему большого энергетического потока, превышающего определенное значение; именно поэтому такие структуры называются диссипативными (от лат. «диссипате» — рассеивать, терять). Физические процессы в таких структурах являются нелинейными, математическое описание диссипативных систем связано с решением нелинейных дифференциальных уравнений.

Огромное значение работы Пригожина имели для объяснения процессов самоорганизации в живой материи. Пригожин ввел понятие потока энтропии, как скорости изменения величины энтропии в единице объема системы в единицу времени, аналогичное понятию потока жидкости. На рисунке 5 приложения отображены схемы энтропийных потоков в системе. Уровень беспорядка в системе отражен уровнем «жидкости». Накопление энтропии в системе ( $dS_0$ ) равно:  $dS_0 = dS_{пр} + dS_{вх} - dS_{вых}$ , где  $dS_{пр}$  — поток производства энтропии,  $dS_{вх}$  и  $dS_{вых}$  — входящий и выходящие потоки энтропии. Величина равная  $dS_{вх} - dS_{вых}$  названа энтропией обмена ( $dS_{обм}$ ). Накопление энтропии в системе равно сумме энтропии, произведенной системой и обменной энтропии. При этом производство энтропии в системе внутри системы всегда положительно, то есть подчиняется второму закону термодинамики. Величина  $dS_{обм}$  может иметь положительное и отрицательное значение.

Открытая система находится в стационарном состоянии, когда  $dS_{пр} = -dS_{обм}$ . Тогда накопление энтропии в системе  $dS_0 = 0$ . Такое состояние Берталанфи назвал остоянием текущего равновесия. Когда  $dS_{обм} < 0$ , а  $dS_{пр} > |dS_{обм}|$  или  $dS_{пр} \geq 0$ , то энтропия в системе будет накапливаться,  $dS_0 > 0$ . Если  $dS_{обм} < 0$ , а  $dS_{пр} < |dS_{обм}|$ , то  $dS_0 < 0$ . Таким образом открытая система может не только поддерживать уровень порядка (организации), но и повышать его ограничивая поток энтропии из внешней среды, уменьшая производство энтропии внутри системы или увеличивая поток энтропии из системы в окружающую среду.

Понятие самоорганизации вышло за рамки естествознания и приобрело общенаучный характер благодаря появлению синергетики, основателем которой считают немецкого ученого Г.Хакена. Согласно синергетическому подходу, выделяют ряд условий, необходимых для процессов самоорганизации.

1. Самоорганизующаяся система должна быть открытой – доступной для обмена веществом, энергией и информацией с внешней средой.

2. Система должна быть неравновесной, то есть находиться достаточно далеко от точки термодинамического равновесия (точка дезорганизации с макси-

мальной энтропией), так как вблизи этой точки наступает необратимое скатывание к равновесному состоянию.

3. Образование нового порядка через флуктуации. В системе всегда возникают флуктуации – случайные отклонения от среднего положения. По законам саморегуляции они устраняются, но при достаточной неравновесности системы за счет свободной энергии отклонения усиливаются, наступает момент бифуркации – переломная точка в развитии системы, за которой возможно устойчивое отклонение от прежнего состояния. Прежний порядок исчезает, возникает и закрепляется новый порядок элементов в системе.

4. Самоорганизация ведет к новому порядку согласно принципу обратной положительной связи, по которому отклонения в системе не устраняются, а напротив, закрепляются и усиливаются.

5. Самоорганизация ведет к нарушению симметрии – структура и свойства системы до и после точки бифуркации не симметричны, то есть различаются в следствие необратимости процессов развития.

6. Самоорганизация возможна при некотором критическом количестве элементов в системе, достаточном для возникновения их кооперативного поведения. Путь к новому качеству возможен через изменение количества.

Наука о самоорганизации составляет в настоящее время основу для понимания эволюционных процессов в природе. Основная идея в том, что в эволюции любых систем периоды упорядочивания строго чередуются с периодами хаотичности. Общенаучное значение имеет теория бифуркаций (от греч. раздвоение) сформулированная Л.Эйлером, и теория катастроф. Теории широко применяются не только в естествознании, но и в общественных науках.

#### *Вопросы для самостоятельного изучения*

1. Принцип устойчивого неравновесия как всеобщий закон существования биологических систем.
2. Теория катастроф.

### 5.2. Процессы самоорганизации в неживой материи

Синергетическое видение эволюции Вселенной. Еще в первой четверти прошлого столетия ученые представляли себе Вселенную как нечто неизменное, стационарное, не меняющее своих основных свойств. Однако в 1922 г. советский математик А.А.Фридман, решая уравнения теории относительности А. Эйнштейна, пришел к выводу, что материя в нашей области Вселенной должна расширяться, сжиматься или пульсировать. Астрономы, в свою очередь, обнаружили в спектрах излучения галактик смещение спектральных линий. Причем, смещение тем сильнее, чем дальше находится от нас галактика. Это смещение основано на «эффекте Доплера», суть которого состоит в том, что при удалении от нас какого-либо источника излучения воспринимаемая нами частота колебаний излучения должна уменьшаться, а длина волны соответственно увеличиваться. Когда же источник излучения приближается, наблюдается обратное явление. При этом открылась совершенно необычная картина движения

гигантских космических объектов во Вселенной. Получалось, что галактики разбегаются от нас во всех направлениях, и, чем дальше находится та или иная галактика, тем с большей скоростью она движется. Происходит общее расширение Метагалактики, которое совершается таким образом, что скорость взаимного удаления двух звездных систем тем выше, чем больше расстояние между ними. Последняя закономерность получила название закона Э.Хаббла (1929 г.):  $v = H L$ , где  $v$  – скорость удаления Галактик,  $H$  (постоянная Хаббла),  $L$  – расстояние до галактики. Закон Хаббла позволил рассчитать максимально возможные значения возраста Вселенной и ее размера, они составляют 20 млрд лет и  $2 \cdot 10^{26}$  м. В настоящее время применяется  $H = 53 \pm 5$  км/с·Мпс.

Представления о неизменной стационарной Вселенной уступили место новым представлениям о Вселенной, меняющейся с течением времени. Так возникла теория расширяющейся Вселенной. На основе этой теории была построена гипотеза сингулярного происхождения Вселенной из одной точки пространства путем большого взрыва. Эта гипотеза основывается на идее, лежащей в основании современной концепции системного подхода и синергетической самоорганизации, а именно идее нарушения симметрий в процессе образования все новых и более сложных материальных структур и систем. Согласно теории Большого взрыва, изначально вся материя была сосредоточена в плотном компактном сгустке горячей плазмы, состоящей из смеси элементарных частиц вещества и излучения, при этом фундаментальные отношения были объединены. Затем произошел взрыв. Предполагается, что такой взрыв произошел примерно 20 миллиардов лет назад и сопровождался сначала быстрым, а потом более умеренным расширением и соответственно постепенным охлаждением Вселенной. По мере расширения и охлаждения во Вселенной происходили процессы разрушения существовавших раньше симметрий и возникновения на этой основе новых структур. Любая эволюция сопровождается разрушением принципа положительной обратной связи, согласно которому неравновесность и неустойчивость, возникающие в открытой системе, вследствие взаимодействия со средой, со временем не ликвидируются, а наоборот, усиливаются. Это приводит, в конечном счете, к разрушению прежних симметрий и возникновению новой структуры. Предполагают, что одним из первых результатов расширения и, соответственно, охлаждения Вселенной было нарушение симметрии между веществом и антивеществом, а именно такими разноименно заряженными материальными частицами, как электрон, несущий отрицательный заряд, и позитрон с противоположным положительным зарядом. Их взаимодействие при столкновении приводит к образованию двух фотонов. Дальнейшее формирование Вселенной представляется следующим образом. Когда температура Вселенной после взрыва упала до 6 миллиардов градусов по Кельвину, первые 8 с после взрыва там существовала в основном смесь электронов и позитронов. Между частицами происходили непрерывные столкновения, в результате чего возникали пары фотонов, а из столкновения последних – электрон и позитрон. На этой стадии происходило непрерывное превращение вещества в излучение и, наоборот, излучения в вещество. Вследствие этого между веществом и излучением сохранялась симметрия. Нарушение этой симметрии произошло при

дальнейшем расширении Вселенной и соответственно понижения ее температуры. На этой стадии возникли более тяжелые ядерные частицы – протоны и нейтроны. Самым главным результатом этой стадии эволюции Вселенной было образование крайне незначительного перевеса вещества над излучением, которое оценивается примерно как излишек одного протона или нейтрона на миллиард фотонов. Как раз из этого излишка в процессе дальнейшей эволюции возникло то огромное богатство и разнообразие материальных образований. Эти процессы, продолжавшиеся не менее 10 миллиардов лет, привели к образованию молекул и тем самым явились предпосылкой для начала макроэволюции Вселенной, в результате которой возникли окружающие нас макротела, разнообразные их системы вплоть до галактических. На этапе макроэволюции Вселенной существенное значение принадлежит различным физическим взаимодействиям. В настоящее время, как отмечалось выше, различают четыре типа физических взаимодействий. Непосредственно мы можем воспринимать два их типа: гравитационные взаимодействия, т.е. силы тяготения, которые действуют на все макротела и на достаточно больших расстояниях. Именно они, как хорошо известно, определяют движения планет, звезд, галактик и других космических систем; электромагнитные силы, которые играют решающую роль при образовании молекул, химических соединений, кристаллов и всех систем, которые занимают промежуточное положение между микромиром и мегамиром, состоящим из космических объектов и систем. Другие два – ядерные и слабые – непосредственно не воспринимаются человеком, но играют существенную роль при образовании разнообразных объектов микромира.

На первоначальном этапе, когда Вселенная была достаточно горячей, ядерные силы находились в симметрии с гравитационными, а силы электромагнитного взаимодействия – со слабыми взаимодействиями. Только вследствие нарушения симметрии между сильными ядерными и гравитационными силами стало возможным образование небесных тел, галактик и других космических систем. В свою очередь, нарушение симметрии между электромагнитными силами и слабыми взаимодействиями привело к образованию огромного множества тел, структур и систем, которые составляют окружающий нас видимый мир. Таким образом, благодаря нарушению симметрии между разными типами физических взаимодействий стало возможно не только возникновение микро- и макрообъектов, но также последующая взаимосвязанная эволюция. Освобождение гравитационных сил, произошедшее вследствие разрушения их симметрии с ядерными силами примерно через 700 тысяч лет после взрыва, привело к образованию звезд, галактик, их скоплений и других космических систем. В свою очередь, гравитационные и ударные волны способствовали возникновению и развитию ядерных реакций внутри звезд и ядер галактик и их скоплений. Отсюда становится ясным, что возникновение и эволюция физических, химических, геологических и других систем неорганической природы прочно укладывается в рамки космической и земной эволюции.

В 1946–1947 гг. академик В.А. Амбарцумян обнаружил особые звездные скопления, получившие название звездных ассоциаций, и отличающиеся значительной неустойчивостью. Такие скопления постепенно распадаются, а звез-

ды, входящие в их состав, довольно быстро перемешиваются с окружающими звездами Галактики. Подсчеты показывают, что для полного распада звездных ассоциаций достаточно 2 – 3 миллионов лет. Следовательно, наблюдаемые нами сегодня звездные ассоциации состоят из молодых звезд. В.А. Амбарцумян выдвинул гипотезу о том, что звезды в ассоциациях возникают в результате распада на части какого-то центрального сверхплотного тела – протозвезды. Наблюдать протозвезду мы не можем, так как, будучи мощным аккумулятором энергии, она свою энергию не излучает. Гипотеза академика Амбарцумяна о путях возникновения звезд и звездных систем не единственная. Большой популярностью среди астрономов пользуется представление о том, что звезды образуются в результате сгущения, или конденсации, облаков космического газа и пыли. Изучение многочисленных скоплений галактик показало, что они, подобно звездным ассоциациям, находятся в состоянии быстрого расширения и распада. Именно ядра галактик играют чрезвычайно важную роль в развитии звездных систем и их составных частей. Не исключена возможность, что они являются своеобразными центрами формирования космических тел и здесь происходит переход материи из одной формы в другую.

Каждая звезда проходит определенный эволюционный путь, состоящий из нескольких этапов. Первый этап эволюции звезды – сжатие газопылевого облака, которое начинается в результате какого-либо внешнего импульса. В результате сжатия происходит увеличение плотности материи протозвезды, при этом образуется избыток тепловой энергии, который превращается в электромагнитное излучение, беспрепятственно выходящее в открытый космос. Когда плотность газа возрастает до такой степени, что кванты электромагнитного излучения начинают «застевать» в веществе протозвезды, они передают свою энергию молекулам и пылинкам. В результате температура внутри протозвезды начинает стремительно повышаться. Протозвезда медленно сжимается и разогревается. Когда температура в ее недрах достигает значения около 6 млн К, начинаются термоядерные реакции превращения водорода в гелий. Однако даже после начала термоядерных реакций сжатие еще некоторое время продолжается. Оно прекращается только тогда, когда энергия термоядерных реакций уравнивает силу давления с силой гравитации. При этом, мощность «термоядерного реактора» внутри звезды становится равной мощности излучения звезды. После прекращения сжатия начинается этап горения водорода в недрах звезды, самый длительный в эволюции звезды. Причем, чем меньше масса звезды, тем дольше он длится. Для таких звезд, как наше Солнце, этот этап продолжается, по-видимому, около 10 млрд. лет. Стадия главной последовательности заканчивается после того, как выгорает весь водород в центральном «термоядерном котле» и образуется гелиевое ядро. В этот период нарушается равновесие между силой давления и силой гравитации, звезда сжимается, а температура в центре растет. После этого этапа жизнь маломассивных звезд (типа нашего Солнца) близится к финалу, а звездам с большой массой предстоит пройти еще много этапов эволюции.

В истории естествознания существовало несколько теорий самоорганизации Солнечной системы из космической материи. Наиболее крупными являют-

ся теория турбулентности Р.Декарта, приливная теория Бюффона–Джинса, теория туманности Канта – Лапласа. Согласно современным представлениям, планеты Солнечной системы образовались из холодного газопылевого облака, окружавшего Солнце миллиарды лет назад. Наиболее последовательно такая точка зрения проведена в работах советского ученого академика О.Ю. Шмидта. В основе теории О.Ю. Шмидта лежит мысль об образовании планет путем объединения твердых тел и пылевых частиц (теория аккумуляции), согласно которой исходное газопылевое облако медленно вращалось, причем сжатие его препятствовало давлению газа, стремившемуся к расширению пространства. При нарушении равновесия за счет внешнего воздействия устойчивость была нарушена и облако начало сжиматься, при этом движение частиц ускорялось к центру, возникло ядро– протосолнце – холодный вращающийся шар. Возникшее около Солнца газопылевое облако вначале состояло на 98% из водорода и гелия. Остальные элементы конденсировались в пылевые частицы. Однако беспорядочное движение газа в облаке сменилось обращением облака вокруг Солнца. Пылевые частицы сконцентрировались в центральной плоскости, образовав слой повышенной плотности. Когда плотность слоя достигла некоторого «критического» значения, его собственное тяготение стало «соперничать» с тяготением Солнца. Слой пыли оказался неустойчивым и распался на отдельные пылевые сгустки – планетиземали. Наиболее крупные из них приобрели почти круговые орбиты и в своем росте начали обгонять другие тела, став протопланетами. Как более массивные тела, новообразования присоединили к себе оставшееся вещество газопылевого облака, сформировалось девять больших планет, движение которых по орбитам остается устойчивым на протяжении миллиардов лет. В далеких от Солнца частях облака температура была низкой, и все вещества, кроме водорода и гелия, образовали твердые частицы, среди них преобладали метан, аммиак и вода, определившие состав Урана и Нептуна. В составе самых массивных планет (Юпитера и Сатурна) кроме того, оказалось значительное количество газов. Протопланетное облако содержало газ (водород и гелий) и пыль из более тяжелых элементов. Сжимающееся облако увеличивало скорость вращения, а это создавало благоприятные условия для преимущественного сжатия вдоль оси вращения и накопления пылинок в средней области облака. Направление движения планет вокруг Солнца и различные наклоны осей планет к плоскости эклиптики объясняются следствием роста протопланетных тел. Тела и частицы, падая на формирующуюся планету, передавали ей момент количества движения. Следовательно, направление движения планеты вокруг Солнца есть результирующий момент количества движения множества падений. Преобладающее в Солнечной системе прямое движение планет отражает характер общего вращения тел и частиц вокруг Солнца ещё до возникновения планет. Конечно, не только механические процессы сопровождали стадии образования планет. Сложные переплетения различных физических процессов (тепловые, магнитогидродинамические и др.) участвовали в образовании и эволюции планетной системы.

Так, например, крупные массы тел, падая на относительно холодную Землю и глубоко врезаясь в неё, разогревали нашу планету до температуры 1500 К

в области мантии. Такой разогрев оказался сильнее, чем это могло произойти за счёт энергии других механических (гравитационное сжатие, приливные воздействия Луны) и немеханических (распад радиоактивных элементов) процессов. Наша Земля формировалась, испытывала мощные удары, разогревалась, частично плавилась, изменяла свою структуру, формировала ядро и оболочки. В настоящее время Земля имеет расплавленное железо–никелевое ядро. Вещества, содержащие более лёгкие элементы (кремний, магний, кальций и др.), постепенно поднимались вверх, образуя мантию и кору Земли. Самые лёгкие элементы вошли в состав океана и первичной атмосферы Земли. Состав атмосферы постепенно изменялся: улетучились самые лёгкие водород и гелий, в результате фотосинтеза появился кислород.

Формирование Земли как результат взаимодействий живой и неживой материи. Современная наука о Земле рассматривает нашу планету как систему взаимодействующих друг с другом процессов, охватывающих органическую и неорганическую природу. Несмотря на все изменения, наблюдаемые в самых разных масштабах пространства и времени, земные процессы в целом остаются постоянными, а состояние Земли в целом – устойчивым. Крупные составные части Земли, такие как атмосфера, океаны, кора, мантия и ядро, рассматриваются как сложная взаимодействующая система с циклической передачей вещества и энергии от одной части к другой. С этой точки зрения весь геологический этап истории Земли представляется не беспорядочным нагромождением фактов и событий, а отражением крупномасштабных циклов. Согласно современным представлениям о происхождении Солнечной системы, Земля оформилась до своих теперешних размеров около 4,5 млрд лет тому назад в результате двух процессов: конденсации первичного протосолнечного газопылевого облака; аккумуляции и слияния планетезималей. Ранний геологический этап истории Земли проходил в условиях непрерывной аккреции и быстрого роста температуры. Разогрев Земли был вызван одновременным воздействием трех факторов: распадом радиоактивных элементов, столкновениями с падающим материалом, контракцией (сжатием) тела молодой планеты. Рост температуры привел к плавлению и дифференциации вещества Земли с расслоением ее на ядро, мантию и кору.

Общий геологический цикл, который проходят горные породы, впервые был установлен Геттоном в конце XVIII в. Согласно Геттону, горные породы подвергаются выветриванию, что приводит к образованию осадка, который при погружении на глубину испытывает метаморфизм и (или) плавление. Позже они деформируются и перемещаются вверх вместе с растущими горными цепями, для того, чтобы снова подвергнуться выветриванию и совершить новый цикл. В геологическом цикле участвует вся земная кора, и также вещество более глубоких слоев – мантии до глубин в сотни километров. Несмотря на многочисленные споры относительно механизма, приводящего в действие цикл Геттона, его суть остается незыблемой. Современная теория тектоники плит фактически является дальнейшей разработкой этих идей. Другим примером глобального цикла является гидрологический цикл – круговорот воды в природе. В гидрологическом цикле перенос вещества также осуществляется между

разными частями и разными оболочками земного шара. Из одного огромного резервуара – атмосферы – вода выпадает на сушу и в море. Часть атмосферных осадков временно задерживается в виде грунтовых вод и в озерах. Остальная масса различными путями сбрасывается в другой гигантский резервуар – Мировой океан. Испаряясь с поверхности суши и моря, вода попадает обратно в атмосферу и тем завершает один оборот своего цикла. Глобальный среднегодовой баланс воды весьма постоянен: всегда примерно одно и то же количество воды содержится в атмосфере, Мировом океане, полярных ледниковых покровах и на континентах. Однако в геологической истории Земли были периоды, когда баланс в глобальной системе несколько смещался. Одно из таких изменений связано с ледниковыми периодами, когда значительная часть воды из океана переходила в ледниковые покровы. Это приводило к нарушению равновесия, в результате чего происходило резкое изменение климата, понижение уровня моря и осушение больших площадей континентального шельфа. Еще один пример крупномасштабного переноса химических элементов от одной части Земли к другой – круговорот углекислого газа (двуокиси углерода) в атмосфере, океане и земной коре. Из атмосферы двуокись углерода поглощается растениями в процессе фотосинтеза, в результате создаются земные запасы углерода органического происхождения. Углерод удерживается в отмершем веществе растений и животных. Вновь образуемое богатое углеродом вещество входит в состав земной коры. В это же время в другом месте идет процесс размывания известняков и органического вещества. В результате окисления образуется углекислый газ, который снова возвращается в атмосферу, замыкая этот цикл.

#### Химические процессы, самоорганизация и эволюция химических систем.

Вопрос о возникновении органической жизни остается до сих пор одним из самых интересных и сложных вопросов современного естествознания. Ответить на этот вопрос означает объяснить, каким образом природа из минимума химических элементов и соединений создала сложнейшие макромолекулы, а затем высокоорганизованный комплекс биосистем. В рамках эволюционной химии выделяется два подхода к проблеме самоорганизации: субстратный и функциональный. Функциональный подход сосредотачивает внимание на исследовании самих процессов самоорганизации материальных систем, на выявлении законов, которым подчиняются эти процессы. Здесь эволюционные процессы часто рассматриваются с позиций кибернетики. Крайней точкой зрения в этом подходе является утверждение о полном безразличии к материалу эволюционирующих систем. Субстратный подход состоит в исследовании вещественной основы биологических систем, т.е. элементов–органов и определенной структуры входящих в живой организм химических соединений. Результатом субстратного подхода к проблеме биогенеза является получение информации об отборе химических элементов и структур для создания эволюционирующих систем. В настоящее время известно более 100 химических элементов, однако основу живых систем составляют только 6 элементов, получивших название органогенов: С, Н, О, N, P, S, общая весовая доля которых составляет 97,4 %. За ними следуют еще 12 элементов, которые принимают участие в построении многих физио-

логически важных компонентов биосистем: Na, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Si, Al, Cl, Cu, Zn, Co. Их весовая доля в организмах «1,6 %.

В настоящее время известно около 8 млн. химических соединений. Из них подавляющее большинство (около 96 %) – это органические соединения, основной строительный материал которых все те же 6 + 12 элементов. Причем, остальное множество элементов входит в состав около 300 тыс. неорганических соединений. Принцип отбора действует и далее. Так, из миллионов органических соединений в построении живого участвуют лишь несколько сотен. Далее: из 100 известных аминокислот в состав белков входят только 20. Определяющая роль в отборе химических соединений – своеобразной подготовки к образованию сложнейших биологических систем – принадлежит катализаторам, т.е. веществам, активирующим молекулы реагентов и повышающим скорость химических реакций. В 60-х годах 20-го века было установлено экспериментально, что в ходе химической эволюции отбирались те химические структуры, которые способствовали резкому повышению активности и избирательной способности катализаторов. А.П. Руденко в 1964 г. сформулировал теорию саморазвития открытых каталитических систем, которую по праву можно считать общей теорией хемо- и биогенеза. Сущность этой теории состоит в том, что химическая эволюция представляет собой саморазвитие каталитических систем, и, следовательно, эволюционирующим веществом являются катализаторы. А.П. Руденко сформулировал и основной закон химической эволюции: с наибольшей скоростью и вероятностью образуются те пути эволюционных изменений катализатора, на которых происходит максимальное увеличение его абсолютной активности. Саморазвитие, самоорганизация систем может происходить только за счет постоянного притока энергии, источником которой является основная, т.е. базисная реакция. Из этого следует, что максимальные эволюционные преимущества получают каталитические системы, развивающиеся на базе экзотермических реакций. На ранних стадиях химической эволюции мира катализ отсутствовал. Первые проявления катализа начинаются при понижении температуры до 5000° K и ниже и образовании первичных твердых тел. Полагают также, что когда период химической подготовки, т.е. период интенсивных и разнообразных химических превращений сменился периодом биологической эволюции, химическая эволюция как бы застыла.

#### *Вопросы для самостоятельного изучения*

1. Возможные сценарии будущего Вселенной.
2. Внутризвездные процессы и эволюция звезд.
3. Теории происхождения Солнечной системы: теория турбулентности Р.Декарта, приливная теория Бюффона–Джинса, теория туманности Канта – Лапласа, теория аккумуляция.
4. История геологического развития Земли.

### 5.3. Происхождение и эволюция живой материи

Теории возникновения жизни на Земле. Наиболее известными к настоящему времени теориями возникновения жизни на Земле являются следующие. Креационизм – согласно этой теории жизнь была создана сверхъестественным существом – Богом в определенное время. Процесс божественного сотворения мира мыслится как имевший место лишь единожды и поэтому недоступный для наблюдения. Концепция креационизма автоматически выносится за рамки научного, поскольку наука занимается лишь теми явлениями, которые могут быть подтверждены или отвергнуты в ходе исследований (принцип фальсифицируемости научных теорий). Согласно теории панспермии, жизнь была занесена на Землю извне, поэтому ее, в сущности, нельзя считать теорией возникновения жизни как таковой. Она не предлагает механизма возникновения жизни, а просто переносит проблему происхождения жизни в какое-то другое место Вселенной.

Согласно теории самопроизвольного зарождения, жизнь возникала и возникает неоднократно из неживого вещества. Эта теория была распространена в Древнем Китае, Вавилоне, Египте. Аристотель, развивая более ранние высказывания Эмпедокла об эволюции живого, придерживался теории самопроизвольного зарождения жизни. Он считал, что живое может возникать не только путем спаривания животных, но и разложением почвы. Эта теория была опровергнута экспериментально в 1688 г. итальянским биологом и врачом Ф. Реди. Принцип «живое возникает только из живого» получил в науке название Принципа Реди. Так складывалась концепция биогенеза, согласно которой жизнь может возникнуть только из предшествующей жизни. В середине 19-го века Л. Пастер окончательно опроверг теорию самопроизвольного зарождения и доказал справедливость теории биогенеза.

Теория биохимической эволюции отражает современные естественнонаучные взгляды, предполагает, что живая материя возникла в специфических условиях древней Земли в результате процессов, подчиняющихся физическим и химическим законам. Собственно биологической эволюции предшествовала предбиотическая эволюция, связанная с переходом от неорганической материи к органической, а затем к элементарным формам жизни. Это было возможным в определенных условиях, которые имели место на Земле в то время, а именно, высокая температура, порядка 4000<sup>0</sup>С, атмосфера, состоящая из водяных паров, СО<sub>2</sub>, СН<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, присутствие сернистых соединений (вулканическая активность), высокая электрическая активность атмосферы, ультрафиолетовое излучение Солнца, которое беспрепятственно достигало нижних слоев атмосферы и поверхности Земли, поскольку озоновый слой еще не сформировался.

Следует подчеркнуть одно из важнейших отличий теории биохимической эволюции от теории самопроизвольного (спонтанного) зарождения, а именно: согласно этой теории жизнь возникла в условиях, непригодных для жизнедеятельности современной биологической материи.

В 1923 г. появилась знаменитая гипотеза Опарина, сводившаяся к следующему: первые сложные углеводороды могли возникать в океане из более про-

стых соединений, постепенно накапливаться и приводить к возникновению «первичного бульона». Опарин предполагал, что решающая роль в превращении неживого в живое принадлежит белкам. Белки способны образовывать гидрофильные комплексы: молекулы воды образуют вокруг них оболочку. Эти комплексы могут обособляться от водной фазы и образовывать так называемые коацерваты с липидной оболочкой. Фактически коацервация растворов обусловлена возникновением в них физико-химической неустойчивости. Коацерваты могли поглощать из окружающего раствора различные вещества, имитируя питание и рост. Эти вещества преобразовывались в результате химических реакций, а продукты выделялись во внешнюю среду. Таким образом, происходил примитивный обмен веществ. При встряхивании коацерваты делились, а потом снова росли путем самосборки. Эту же мысль с позиций теории самоорганизации позднее развивал немецкий ученый М. Эйген. Для дальнейшей эволюции материи необходим третий этап – возникновение механизма генетического кодирования и воспроизведения жизни. Классическая версия предполагает возникновение и включение в коацерваты нуклеиновых кислот и белков-ферментов. Причем некоторые ученые считают, что первой возникла РНК (сейчас доказано, что она способна к ауторепликации без ферментов), а уже потом появилась способность к синтезу белков с матрицы РНК и еще позже – с ДНК. Под действием излучений в нуклеиновых кислотах накапливались ошибки репликации, то есть мутации, которые вели к появлению молекулярного разнообразия. С появлением в среде липидов возникли мембраны, появилась возможность более надежной изоляции коацерватных капель. Это надмолекулярное образование уже можно было бы назвать простейшей клеткой.

Однако все рассуждения о предполагаемых событиях третьего этапа не объясняют самого главного – как возник генетический код, триплетное соответствие первичных структур нуклеиновых кислот, с одной стороны, и белков – с другой. А ведь именно это соответствие представляет суть центральной догмы молекулярной биологии. Попытки объяснить происхождение кодированного соответствия ДНК (РНК) – белок содержатся в твердоматричной модели происхождения жизни, согласно которой, органические вещества образовались не в растворе, а на твердых фазах минералов. Минеральная поверхность может служить катализатором, то есть резко ускорять реакции синтеза, и одновременно образцом (матрицей) для той химической структуры, которая на ней синтезируется. Принципиально важным и революционным в этой модели является то, что в неорганическом минерале уже была заложена структурно-химическая основа ДНК и параллельно – спираль в спираль – основа полипептидных (белковых) цепей. ДНК и белок возникли одновременно и в одной связке, поэтому и их генетическое соответствие родилось в кристалле по принципу стереоспецифической комплементарности (пространственной взаимной дополнителности). Отсюда легко выводится и РНК как посредник между ДНК и белком. Объясняется и возникновение генетического кода – через естественные множественные нарушения микроструктуры кристалла, которые закреплялись как неоднородности нуклеотидного состава ДНК. Модель предусматривает и образо-

вание липидных мембран, а также целых протоклеток про- и эукариотического типа.

Концепция самоорганизации способствует лучшему пониманию процессов происхождения и эволюции жизни, исходя из теории химической эволюции Руденко, и гипотезы М. Эйгена. На этапе предбиологической эволюции протекало большое количество реакций, часть которых обрывались по мере расходования реагентов. Преимущество имели циклические реакции, обладающие автокаталитическими свойствами. С течением времени продукты реакции усложнялись, реакции замедлялись. Случайные молекулярные комбинации, способствующие ускорению реакций, получали преимущества в существовании, возникли ферменты. Более быстрым и надежным способом получения необходимых продуктов оказался принципиально новый способ матричного копирования. Именно с взаимодействием нуклеотидов (нуклеотиды – элементы нуклеиновых кислот – цитозин, гуанин, тимин, аденин), являющихся материальными носителями информации, и протеинов (полипептидов), служащих катализаторами химических реакций, связано возникновение живых клеток. В процессе взаимодействия нуклеотиды под влиянием протеинов воспроизводят самих себя и передают информацию следующему за ними протеину, так что возникает замкнутая автокаталитическая цепь, которую М. Эйген назвал гиперциклом. Наличие каталитических функций в сочетании с различными механизмами обратной связи, придающее системе способность к автокаталитическому росту, является одной из решающих предпосылок самоорганизации. В ходе дальнейшей эволюции из них возникают первые живые клетки, сначала безъядерные (прокариоты), а затем с ядрами – эукариоты. Таким образом, существует связь между теорией эволюции катализаторов и представлениями о замкнутой автокаталитической цепи. В ходе эволюции принцип автокатализа дополняется принципом самовоспроизведения целого циклически организованного процесса в гиперциклах, предложенного М.Эйгеном. Воспроизведение компонентов гиперциклов, так же как и их объединение в новые гиперциклы, сопровождается усилением метаболизма, связанного с синтезированием высокоэнергетических молекул и выведением как «отбросов» бедных энергией молекул. (Следует отметить особенности вирусов: они лишены способности к метаболизму и, внедряясь в клетки, начинают пользоваться их метаболической системой). Итак, по Эйгену происходит конкуренция гиперциклов, или циклов химических реакций, которые приводят к образованию белковых молекул. Циклы, которые работают быстрее и эффективнее, чем остальные, «побеждают» в конкурентной борьбе. Основными концептуальными положениями теории Эйгена следует признать следующие:

а) перенесение на биохимическую эволюцию основных положений теории биологической эволюции Ч. Дарвина, в первую очередь — борьбы видов за существование и их естественного отбора;

б) анализ эволюционных процессов биохимических реакций с позиций теории самоорганизации неравновесных систем вдали от равновесия при мощных энергетических воздействиях;

в) обоснование необходимости ритмизации (циклизации) биохимических процессов для обеспечения их устойчивости во времени и противодействия дезорганизующим факторам .

Таким образом, можно заключить – жизнь возникла на Земле вполне естественным путем как процесс самоорганизации, на основе преобразования неорганических субстратов в органические макромолекулярные комплексы и, далее, в протоклетки. Концепция самоорганизации позволяет установить связь между живым и неживым в ходе эволюции, так что возникновение жизни представляется отнюдь не чисто случайной и крайне маловероятной комбинацией условий и предпосылок для ее появления. Кроме того, жизнь сама готовит условия для своей дальнейшей эволюции.

Эволюция живой материи на основе самоорганизации. В существующих теориях эволюции основное внимание обращается на воздействие окружающей среды на систему. Не подлежит сомнению, что внешние условия, среда обитания оказывают огромное влияние на эволюцию, но это влияние зависит также от самой системы, ее состояния и внутренней предрасположенности. С точки зрения парадигмы самоорганизации становится ясным, что условием развития не только живых, но и динамических систем вообще является взаимодействие системы и окружающей ее среды. Только в результате такого взаимодействия происходит обмен веществом, энергией и информацией между системой и ее окружением. Благодаря этому возникает и поддерживается неравновесность, а это в конечном итоге приводит к спонтанному возникновению новых структур. Таким образом, самоорганизация выступает как источник эволюции систем, так как она служит началом процесса возникновения качественно новых и более сложных структур в развитии системы.

В последние десятилетия предпринималось немало попыток описания эволюции в терминах современных научных теорий. Наиболее интересным из них представляется кибернетический подход, развитый английским биологом–кибернетиком Р. Эшби, который связывает эволюцию с достижением устойчивого состояния, при котором система постепенно адаптируется к своему окружению, пока не достигнет равновесия. В отличие от парадигмы самоорганизации здесь не обращается внимания на то, что в ходе эволюции происходит усиление, интенсификация взаимодействия системы с окружающей средой. Вместо этого постулируется, что когда система достигает стабилизации, то ее взаимодействие со средой завершается равновесием. Но равновесие не исключает взаимодействия и, к тому же, является относительным. Во–вторых, для изучения эволюции нередко обращаются к математической теории катастроф, разработанной французским математиком Рене Томом. Однако она, пожалуй, в еще большей степени не подходит для представления эволюционных процессов, так как рассматривает развитие от заданного равновесного состояния системы к другому как «катастрофу». Такой подход представляется вполне убедительным, когда речь идет о переходе от устойчивого состояния системы (например, корабля, самолета, сооружения) к неустойчивому и в конце концов к катастрофе. Но эволюционные процессы имеют совершенно противополож-

ный характер – они приводят к возникновению более устойчивых динамических систем.

Чтобы понять, почему самоорганизация составляет основу эволюции живых систем, необходимо напомнить, что в диссипативных структурах спонтанный порядок и новая устойчивая динамическая структура возникают благодаря усилению флуктуаций, а последние зависят от интенсивности взаимодействия системы с окружением. Непрерывное их взаимодействие на всем протяжении динамики системы определяет эволюцию последней. Это означает, что эволюция системы соответствующим образом влияет на развитие среды, точнее говоря, тех внешних, окружающих систем, с которыми она взаимодействует. Вот почему здесь можно с известными оговорками говорить не просто об эволюции, а о коэволюции. Обычно при анализе эволюционных процессов постепенные изменения, которые при этом происходят, характеризуют как случайные, а совокупный их результат как необходимый. Хотя такое представление и подчеркивает существование связи между ними, но не раскрывает механизма взаимодействия между двумя взаимодополнительными сторонами единого процесса эволюции. Парадигма же самоорганизации позволяет это сделать. Действительно, на микроуровне при самоорганизации происходит процесс расширения или усиления флуктуаций вследствие увеличения неравновесности системы под воздействием среды. Этот процесс остается незаметным на макроуровне, пока изменения не достигнут некоторой критической точки, после которой спонтанно возникает новый порядок или структура.

Поскольку флуктуации представляют собой случайные отклонения системы, можно сказать, что случайные факторы самоорганизации, а следовательно и эволюции, выступают на микроуровне системы. Но результат их взаимодействия также не является однозначно детерминированным. Именно здесь сложившиеся традиционные представления существенно отличаются от современных. В самом деле, в критической точке открываются по крайней мере два возможных пути эволюции системы, что математики выражают термином «бифуркация», означающим раздвоение или разветвление. Какой путь при этом «выберет» система, в значительной степени зависит от случайных факторов, так что ее поведение нельзя предсказать с достоверной определенностью. Но когда такой путь выбран, то дальнейшее движение системы подчиняется уже детерминистским законам. Таким образом, динамику развития системы или ее эволюцию вообще следует рассматривать как единство двух взаимно дополняющих сторон единого процесса развития, а именно случайности и необходимости. Процесс расширения флуктуаций как случайных факторов эволюции не следует рассматривать в форме их простого накопления, как это нередко представлялось в отечественной литературе. На самом деле случайные процессы взаимодействуют друг с другом, причем результат такого взаимодействия не может быть предсказан заранее. Только когда возникает новая структура или динамический режим, эволюция системы на макроуровне приобретает детерминистский характер.

Структурно-функциональная обусловленность развития живого. Все объекты живой материи обладают определенными функциями. Во взаимодействии

структуры и функции живого заключено единство и противоречие, то есть внутренняя движущая сила развития жизни. Функционирование проявляется в двух формах: продукционной (рост и развитие, размножение и т.д.) и взаимодействующей (внешние и внутренние взаимодействия, обеспечивающие продукционное функционирование и устойчивость). Эти формы функционирования охватывают все уровни организации живой материи, и, по В.И.Вернадскому, являются «давлением жизни», создающим вторичную внутреннюю движущую силу развития. Давление жизни сопровождается изменчивостью биосистем, фиксируется и направляется отбором, и приводит к совершенствованию организации особей, популяций, сообществ, экосистем, видообразованию, новым этапам макроэволюции, филогенеза.

Развитие живой материи реализуется через интеграцию и дифференциацию, в их закономерном сочетании и взаимодействии. В сущностном плане цикличность определяется процессами накопления и снятия внутренних и внешних противоречий. Эти два противоположных процесса определяют две генеральные взаимодействующие стратегии эволюции: формирования системной многоуровневой организации и формирования разнообразия биосистем. В стратегии разнообразия дифференциации и интеграции схематично представляются следующим образом. Процессы размножения и распространения особей и популяций, их изменчивость, изоляции, отбор относят к дифференциации: количественной (вегетативное и бесполое размножение, расселение без половой изоляции, распространение в сходных условиях и т. п.) и качественной (половое размножение, возникновение мутантов, расселение с изоляцией, экологическая изоляция, отбор). Процессы накопления изменчивости, различные комбинации, отбор представляют количественную интеграцию, которая при видообразовании, образовании новых типов сообществ и экосистем переходит в качественную.

В стратегии системной организации исходной созидательной силой является количественная интеграция – образование на основе подбора первичных объединений на разных уровнях организации. Одновременно с количественной интеграцией происходит количественная дифференциация – увеличение числа и размеров компонентов биосистем. Возникнув, интегративные системы самоорганизуются на основе процессов корреляции, централизации, управления, то есть количественная интеграция переходит в качественную. Она развивает целостность биосистем. На организменном уровне процессы интеграции, по И. И. Шмальгаузену, выражаются в усложнении реакционной и корреляционной систем, всего механизма онтогенеза. Формирование целостности сочетается с функциональной дифференциацией, структурно–функциональной специализацией и автономизацией, то есть качественной дифференциацией биосистем. Последняя происходит в рамках общесистемной регуляции, часто связана со сбросом лишнего биологического груза (высокой плоидности генотипа, той или иной стабилизации фенотипической организации и т. п.) и создает упорядоченность биосистем, являющуюся также важнейшим признаком живого. Таким образом, качественная интеграция и дифференциация представляют преимущественно совершенствующие движущие силы прогресса.

Цикличность развития биосистем. Развитие, самоорганизация являются свойствами материи. В философском понимании развитие – это движение, изменение в пространстве и времени. Движение как способ существования материи не возникает и не исчезает, существует вечно – без начала и конца. В то же время движение – векторный, направленный, необратимый процесс, а значит, на отдельных отрезках конечен. Таким образом, развитие как движение бесконечно и вместе с тем существует всякий раз как отдельный конечный процесс. Эти кажущиеся противоречия разрешаются при диалектическом взгляде на процесс развития. Развитие любой системы: физической, биологической, социальной – подчиняется общим законам диалектики и синэргетики. Развитие совершается по спирали и бифуркационно. Один виток спирали представляет собой некоторый конечный процесс, в схеме исторического развития – онтогенез отдельной особи. Бифуркационная спираль представляет филогенез – совокупность онтогенезов с постепенными изменениями, ведущая к их необратимой эволюции. Таким образом, любые филогенетические преобразования происходят посредством перестройки онтогенезов особей; при этом приспособительную ценность могут иметь изменения любой стадии индивидуального развития. Можно сказать, что филогенез представляет собой преемственный ряд онтогенезов последовательных поколений. Это важнейшее концептуальное положение биологии наглядно проявляется в так называемом биогенетическом законе, согласно которому в онтогенезе высшего организма частично сохраняются (повторяются) основные черты предковых низших организмов, то есть отражается его филогенез.

Ведущими единицами биоэкологического прогресса являются организмы, как уникальные источники количественной и качественной интеграции и дифференциации. На этом уровне структурной организации материи живое достигло максимального развития и единства качественной интеграции и дифференциации. На надорганизменных уровнях преобладает количественная интеграция. Поэтому, чем выше на этих уровнях развита качественная интеграция, тем они достигают наибольшего совершенства. Важнейшим комплексным уровнем, порождающим интеграционно–дифференциальные циклы, является системно–видовой (включая молекулярно–генетический). Здесь формируются, фиксируются, накапливаются и совершенствуются различные категории цикличности живого, важнейшими из которых являются следующие: а) биологическая цикличность – эволюционно выработанные интегральные закономерности адапционно–энергетического развития организменных систем. Включает физиологическую, онтогенетическую, надонтогенетическую и популяционную цикличность; б) трансформационная цикличность – отклонения от биологической нормы цикличности видовых биосистем под влиянием экологических или генетических факторов; в) эволюционно–видовая цикличность – интегральные закономерности эволюции видовой формы жизни. Все живое в своем развитии подчиняется необходимости смены одного этапа цикла другим, определяет оптимальное разнообразие, масштабность и иерархичность циклов, управляет в целом движением и развитием живого. Там, где нормальный ход цикличности нарушается, создается эволюционная заторможенность, возникают эволюцион-

ные тупики или происходит полная элиминация чрезмерно стабилизированного.

Таким образом, развитие живого происходит в форме цикличности, обеспечивающей потенциальную бесконечность и совершенствование жизни, возрастание ее разнообразия и системно–уровневой организации. В процессе эволюции созидательные и совершенствующие движущие силы интегрируются во все более разнообразные и совершенные биоциклы, что отражает движение прогресса. Биологические циклы статистически упорядочены, соподчинены более высоким уровням структурной организации и общефизическим условиям. Внешне надорганизменные циклы выражаются в волнообразные, ритмические адапционно–энергетические процессы развития популяций, сообществ и экосистем в данных условиях. Наибольшим спектром разноуровневой цикличности обладают экосистемы.

Историческое совершенствование онтогенетической цикличности, как и всего прогресса, осуществляется в форме двух противоположных и взаимодействующих стратегий. Первая заключается в возрастании масштабности онтогенеза (увеличение продолжительности жизни и размеров особей, усложнение их организации и систем цикличности). Вторая предполагает ускорение цикличности онтогенеза (сокращение полного цикла, выпадение отдельных этапов онтогенеза, интенсификация процессов функционирования, роста и развития, упрощение организации, уменьшение размеров тела). Первая стратегия преобладает в таксонах, развивающихся по пути морфофизиологического прогресса, и выражается такими явлениями, как полимеризация, пролонгация, усиление ветвления и т. п., а в генетической сфере – в развитии полиплоидии или гигантских хромосом. Вторая – в таксонах, развивающихся по пути энергетической или экономной идиоадаптации и дегенерации, выражается в явлениях неотении, реактивности развития отдельных органов и их частей и относительно быстром их отмирании, уменьшении материалоемкости структур, развитии физиологической устойчивости, возрастании энергии полового, бесполого и (или) вегетативного размножения.

Законы циклического развития относятся к фундаментальным биологическим. Они призваны содействовать глубокому познанию экологических и эволюционных закономерностей. Развитие биоцикличности представляет важнейшую стратегию борьбы за существование. Часто побеждают в ней не самые мощные и защищенные, а более циклически совершенные формы: животные, обладающие наибольшей скоростью рефлекторных и поведенческих реакций, растения – наибольшей скоростью роста и обновления органов, вирусы – наибольшей способностью менять программу клеточных циклов прокариот и эвкариот, вызывая у последних тяжелые заболевания, все организмы – наибольшей скоростью деления клеток и размножения и т. д.

Подводя итог сказанному, необходимо отметить, что биоциклы, возникая в форме простых адаптации к динамике факторов среды и в борьбе за жизнь, переходят из внешних во внутренние, выполняющие не только адаптационную, но в целом адапционно–энергетическую функцию развития живого. Интегрируя внешние и внутренние циклы, совершенствуя их борьбой за существо-

вание и благоприятными взаимодействиями, процессами отбора и подбора, биоциклы приняли на себя ведущую управленческую функцию развития живого. Способность биоциклов снимать лишнюю информацию и вместе с тем сохранять и накапливать ценное, придает им еще обновляюще–развивающую функцию.

Законы циклического развития показывают, как биологические явления входят в общие законы развития: разделение единого на две противоположности и их противоречивые взаимодействия, создающие новое тождество, переход количественных изменений в качественные и обратно, а также отражают время как форму бытия материи, характеризующуюся ритмичностью процессов и выражающую порядок последовательности существования вещей и длительность их существования.

Общие представления о биологическом прогрессе. Оптимальность не следует путать с прогрессивностью. Прогресс в самом общем виде определяют как тип (или направление) развития сложных систем, для которого характерен переход от низших, менее совершенных форм, к более высоким и совершенным. На языке современных системных представлений повышение уровня организации системы предполагает такую дифференциацию и интеграцию элементов и связей системы, которая повышает степень ее целостности, ее приспособленность к среде, функциональную эффективность, структурную, функциональную, генетическую «пластичность» и обеспечивает высокий потенциал последующего развития. Иными словами, если в процессе развития возрастает число элементов и подсистем, усложняются объединяющие их структуры, увеличивается число связей и взаимодействий, а также возрастает набор функций, то есть действий и процедур, выполняемых этими элементами и подсистемами, обеспечивая тем самым большую устойчивость, сохранность, приспособленность, жизнеспособность и возможность дальнейшего развития, то такой процесс называют прогрессом. Диалектика ориентирует на понимание единства прогресса и регресса как диалектических противоположностей. Установлено, что в эволюции живых организмов сочетаются прогрессивные и регрессивные тенденции. Усложнение организма в целом не исключает противоположно направленного процесса упрощения, деградации определенных его органов, функций. Наиболее известна и чаще всего принимается во внимание такая их взаимосвязь, как чередование. Существует концепция, согласно которой развитие любого объекта включает в себя две последовательных фазы: восхождение, затем нисхождение и гибель, смерть, то есть распад системы и переход ее в иное качество. Вариантом такого понимания является признание не линейного, а циклического соотношения восходящего и нисходящего развития, то есть прогресса и регресса. Причем, в циклы подъема и упадка, как правило, включаются какие–либо промежуточные стадии, фазы, но это не меняет общего ритма прогресса и регресса.

Понятие прогресса как особого типа развития живой природы и человеческой истории имеет интегральный характер и, как правило, применимо к тенденциям изменения сложных целостных систем, все элементы и подсистемы, свойства и отношения которых взаимосвязаны и влияют друг на друга. Поэтому

здесь судить о тенденциях изменения по отдельным изолированным показателям практически невозможно. Нарастание, усложнение одних функций и структур часто сопровождается упрощением, даже свертыванием других.

А. Н. Северцов выделил понятия биологического и морфологического прогресса. Биологический прогресс – процветание вида, он связывал с динамикой численности. Морфофизиологический прогресс заключается в совершенствовании организации. Оценивая прогресс по исходу конкурентной борьбы, очевидно, что само это понятие имеет смысл лишь в отношении более или менее близких, конкурирующих между собой форм. Например, прогресс в развитии насекомых несравним с прогрессом рыб. Таким образом, прогресс приравнивается к специализации. Специализация в основном необратима, с нею связано большинство предсказуемых изменений (нетрудно предвидеть, скажем, развитие цепких конечностей у древесного животного или перепонки между пальцами – у водного). Однако многие считают специализацию эволюционным тупиком и почти все ученые полагают, что она имеет предел. Поэтому, чтобы решить вопрос о прогрессе, кажется целесообразным отделить собственно специализацию от приобретения свойств общего назначения, не сковывающих дальнейшее развитие. К таким свойствам обычно относят функциональное и структурное усложнение, дифференциацию, интеграцию – соподчинение частей, согласование их действий, рационализацию – сокращение числа одинаковых частей, повышение активности, пластичности, независимость от среды, постоянство внутренней среды, энергетическую эффективность, заботу о потомстве, способность к обучению и т. д. Любое морфологическое или физиологическое усовершенствование в какой-то мере ограничивает дальнейшее развитие, подталкивая его в одном направлении и блокируя другие. С точки зрения термодинамической организации прогресс в живой природе, как развивающейся системе, заключается в сокращении производства энтропии.

Естественный отбор и идеи оптимальности в биологии. Базовыми принципами оптимальности в физике являются принципы оптимального времени (Ферма), наименьшего действия (Мопертьюи) и наименьшей траектории движения (Гамильтон). Принцип оптимального времени, известный как принцип геометрической оптики, заключается в следующем: луч света, распространяющийся в оптической среде, выбирает такой путь, время движения по которому минимально. Т.е. в качестве цены выступает время. Принцип наименьшего действия предполагает, что система выбирает такую траекторию, при движении по которой расходуется минимальное количество энергии. Ценой является энергия. Принцип наименьшей траектории движения рассматривает траектории, возникающие при передвижении по системе координат.

В биологии идеи оптимальности впервые были применены для объяснения симметрии сферических вирусов. Живые системы являются целенаправленными. Целеосуществление, как правило, может производиться различными путями. Каждый путь имеет определенную цену. Оптимальным является решение, которому соответствует минимальная цена. Для эффективного сравнения возможных путей должны соблюдаться следующие условия: определен класс кон-

курирующих решений и способ выражения цены (в определенных в данных условиях для данной системы единицах).

Биосистемы обнаруживают тенденцию решать задачи путем, который заключается в выборе из множества возможных, определенных структур, наиболее соответствующих поставленной цели в определенных условиях. В настоящее время научно подтверждена идея о возникновении оптимальной структуры как результата естественного отбора, влияние которого сказывается практически на каждой черте строения, функции и деятельности биологических индивидуумов. Организмы, обладающие биологической структурой, оптимальной в отношении естественного отбора, оптимальны также и в том смысле, что они минимизируют некоторую оценочную функцию, определяемую исходя из основных характеристик окружающей среды. Это чрезвычайно естественное предположение называют принципом оптимальной конструкции.

Для количественного выражения связи между естественным отбором и принципом оптимальной конструкции в биологии, Розен определил различные цены, позволяющие выразить законы образования биологических форм и функций организмов. Во-первых, формирование и функционирование любой структуры требует определенных энергетических затрат, которые выражаются в определенных метаболических «валютах», и являются метаболической (внутренней) ценой. Поскольку любой организм располагает лишь ограниченным запасом энергии, можно считать, что при прочих равных условиях оптимальной структурой является та, которая обеспечивает наименьший расход метаболической энергии, в то же время достаточный для нужд организма. Кроме внутренней цены, определяемой неизбежными расходами энергии на образование и поддержание некоторого органа, Розен вводит понятие внешней цены, связанное с давлением отбора. Внешняя цена находит свое отражение в относительной плодовитости организмов, обладающих данной структурой, по сравнению с другими организмами, отличающимися от рассматриваемых только строением этого органа. Полная цена структуры ( $A$ ) равна сумме внешней ( $O$ ) и внутренней ( $I$ ) цены.  $A=O+I$ , где  $A, O, I$  – являются оценочными функциями (или функционалами), так как каждая приписывает всякому элементу множества возможных форм строения организмов определенное число, соответствующее некоторому определенному органу или процессу жизнедеятельности.

Если на всем множестве допустимых решений значение  $O$  мало и относительно постоянно, то полная цена конкурирующих структур в основном зависит лишь от внутренней метаболической цены. Например, если организм живет в таких условиях, где нет необходимости в зрении, то для него самым лучшим будет такой глаз, внутренняя цена которого минимальна или равна нулю, что в действительности и наблюдается у слепых рыб, обитающих в пещерах, куда не проникает дневной свет. Если же  $O$  является главным слагаемым в полной цене, тогда в общем случае оптимальным решением (или решениями) будет такое, которое сведет его значение к минимуму, при этом  $I$  не имеет значения. Во всех случаях, когда давление отбора велико, все организмы, которым благоприятствуют определенные среды, постепенно приобретают одни и те же особенности независимо от существующих между ними других различий. В экологии

это положение известно как принцип конвергенции или закон конвергентной эволюции. Например, подобие форм у различных хищных морских позвоночных (акулы, морской щуки, дельфина); поразительное сходство между австралийскими сумчатыми формами и соответствующими формами высших млекопитающих, обитающих в аналогичных условиях окружающей среды в других частях света. Если обе величины  $O$  и  $I$  малы и приблизительно равны на всем множестве допустимых структур в данных условиях среды, то давление отбора будет слабым и не найдется оснований предпочтительного выбора одной структуры из всех остальных. Это приведет к большому разнообразию форм и структур организмов, обитающих в данных условиях – полиморфизму.

Таким образом, у конкурирующих организмов давление отбора является основным фактором, определяющим их структуру. Это влияние может быть описано математически как оптимизация структуры. Вариационные ряды состоят из форм, живущих в конкурентных условиях. Однако в онтогенезе давление отбора играет незначительную роль, соответственно нет оснований полагать, что онтогенез подчиняется принципам оптимальности. Любое изменение, возникающее в онтогенезе, сохраняется на всем его протяжении. Если по окончании онтогенеза изменения приведут к возникновению селективно невыгодных признаков – происходит элиминация форм. Если изменения ведут к возникновению форм, имеющих селективные преимущества, то такие формы будут сохраняться отбором. То есть модификации в онтогенезе, не снижающие плодовитость взрослой особи, сохраняются неограниченно долго. Это означает, что возникшие в процессе филогенеза структуры взрослых организмов, которые в какой-то момент времени оказались оптимальными, сохраняют те онтогенетические стадии, от которых они возникли.

Биологические системы являются развивающимися, соответственно, происходит изменение структуры во времени. Любые параметры биологического объекта, заданные на множестве объектов одного класса, представляют собой функционалы, совокупность которых составляет определяющую систему функционалов. Форма может быть описана функционалами, графически представлена на плоскости как точка. Функционалы связаны между собой законом аллометрического роста:  $y = \alpha x^\beta$ , где  $x, y$  – функционалы,  $\alpha$  и  $\beta$  – постоянные. Изменение формы связано с изменением функционалов, ее описывающих. Соответственно точка будет перемещаться вдоль некоторой кривой, которая соответствует уравнению Эйлера. Уравнение Эйлера отражает поиск функции, минимизирующей функционал. Если отобразить графическую зависимость между непрерывно и взаимно изменяющимися функционалами, отложив в системе координат их логарифмические значения, то мы получим прямую линию. Принцип оптимальности предполагает, что траектории, лежащие в пространстве состояний биосистем, описывающие изменения соответствующих функционалов, при определенных условиях отвечают непрерывной трансформации самих объектов. На этих выводах основывается теория трансформаций Д. Томпсона, предполагающая изучение биологических форм при недостаточной информации. Согласно этой теории: а) если известны точки, характеризующие начальную и конечную формы, то можно определить промежуточные

формы; б) по заданному отрезку кривой можно единственным способом предсказать развитие формы в будущем, или восстановить картину развития формы в прошлом.

Синтетическая теория эволюции. Синтетическая теория эволюции (СТЭ) сложилась к середине XX века на основе классической теории эволюции Дарвина, генетики и экологии. Дарвинизм остался фундаментом новой теории. Генетика XX века дала понимание природы наследственности и механизмов изменчивости. Законы Менделя о независимом наследовании отдельных признаков и их сохранении в скрытом (рецессивном) состоянии позволили объяснить природу наследственности. Российский генетик С.С.Четвериков в 20-х годах прошлого столетия разработал очень важное положение о генофонде вида, популяции, под которым понимается совокупность всех генов, участвующих в свободном скрещивании. Наконец, современная экология дала для синтетической теории эволюции понимание того, что элементарные процессы изменчивости, скрещивания и наследования происходят не у отдельных особей, как считал Дарвин, а в рамках целой популяции организмов.

Основные положения СТЭ.

1. Единицей существования, воспроизводства, изменчивости и эволюции вида является популяция. Главное условие эволюционных изменений в популяции – способность ее членов к свободному скрещиванию.

2. Предпосылкой эволюции является наследственная изменчивость отдельных особей в популяции. Изменчивость бывает двух видов. Мутационная изменчивость особей возникает в результате спонтанных или индуцированных мутаций генов в половых клетках их родителей и несет в рецессивном состоянии потенциальные новые признаки. Комбинативная изменчивость является результатом случайных комбинаций отцовских и материнских генов в половом процессе. Наследственная изменчивость отдельных особей ведет к возрастанию гетерозиготности генофонда популяции. В результате скрещивания гетерозиготных особей появляются гомозиготы с новым признаком, которые подлежат отбору на пригодность в данных условиях. Чем выше гетерозиготность, тем чаще возникают гомозиготы и больше предложений для отбора. Таким образом, высокая гетерозиготность – скрытый резерв эволюции.

3. Концентрация мутаций и, соответственно, гетерозигот повышается при усилении действия мутагенных факторов. Естественными мутагенами являются: ионизирующая радиация космоса, Солнца и земных недр, химические пищевые вещества (особенно свободные активные радикалы), повышенная температура, вирусы и др. Мутации возникают также спонтанно – как обычные ошибки в ходе репликации ДНК при подготовке к делению клетки, поэтому их минимальный уровень обеспечен в любое время исторического развития.

4. Концентрация мутаций и гетерозигот в популяции организмов может меняться в результате колебаний численности особей. Такие колебания – популяционные волны – регулярно совершаются по экологическим причинам: при саморегуляции в пищевых цепях; при колебаниях численности популяций в лунных (месячных), сезонных (годовых), солнечных (11-летних) и других циклах; в результате природных или техногенных катаклизмов – пожаров, за-

сух, наводнений, и т. п. В малых популяциях вероятность встречи одноименных гетерозигот и их выхода в гомозиготу резко возрастает. Такое смещение частоты гетерозигот в пользу определенных генотипов называется дрейфом генов.

5. Случайные изменения генофонда популяции закрепляются благодаря изоляциям. Изоляция – это возникновение разнообразных препятствий к свободному скрещиванию особей внутри популяции, а также между близкими популяциями, которые еще сохраняли генетический обмен на краях своих ареалов. При возникновении изоляции размножение идет в пределах изолятов – обособленных групп, так что между ними прекращается обмен генами. Возникшие ранее изменения генотипа закрепляются в потомстве и усиливаются, что ведет к расхождению признаков особей (дивергенции) в пределах бывшей однородной популяции.

Все уже рассмотренные факторы эволюции носят случайный, не направленный характер – они повышают или понижают концентрацию разных мутаций в популяции. Сами они не создают направленный процесс эволюции. Единственный направляющий фактор эволюции – естественный отбор.

6. Борьба за существование и естественный отбор – процесс, направленный на избирательное выживание и возможность оставления потомства с полезными в данных условиях признаками. Главная причина борьбы за существование – ограниченность пищевых ресурсов для молодежи, при том, что организмы стремятся к беспредельному размножению. Материалом для отбора является генетическая неоднородность популяций. Эффективность отбора тем выше, чем больше гетерозиготность в популяции и чем активнее идут процессы изоляции.

7. Эволюция носит приспособительный характер. Закрепляемые признаки адаптивны (имеют приспособительное значение) в данных условиях, в данное время. Адаптации относительны, так как в других условиях и в другое время они теряют смысл. Некоторые признаки могут быть нейтральными, не имеющими приспособительного значения. Их гены находятся в хромосомах вблизи с генами полезных признаков и наследуются сцепленно с ними.

8. Расхождение признаков в популяциях – дивергенция – постепенно ведет к образованию новых биологических видов. Этот процесс называется микроэволюцией. Главное в видообразовании – прекращение скрещивания между отдельными изолятами внутри популяции или между популяциями исходного вида. Видообразование, или микроэволюция, идет и в настоящее время – в так называемых сложных видах, где велика внутривидовая изменчивость и выделяются несколько подвидов или рас.

9. Наиболее радикальные мутации или их сочетания, затрагивающие ранний онтогенез и дающие значительные отклонения в организации особей, ведут к макроэволюции – возникновению таксонов выше видового ранга. Так возникали роды, семейства, отряды, классы. Из наиболее крупных макроэволюционных новообразований (их называют ароморфозами) можно вспомнить возникновение проводящих сосудов или цветка у растений, развитие легких у наземных животных, формирование теплокровности у млекопитающих и птиц.

В целом микро– и макроэволюционные преобразования ведут к биологическому прогрессу. Биологическая эволюция – это сочетание прогресса одних групп с регрессом других.

10. Эволюция организмов полностью зависит от геологической эволюции Земли. Изменения геологических условий среды происходили периодически и в целом необратимо. Часто они проявлялись в форме крупномасштабных катаклизмов. По этой причине в истории жизни отмечается изменчивость темпов эволюции, смена форм естественного отбора. В периоды быстрых изменений среды темп эволюции возрастает, идет так называемый движущий отбор – на закрепление новых признаков. В периоды относительного спокойствия среды темп эволюции снижается, а отбор приобретает стабилизирующий характер – на консервацию имеющихся признаков и отсеечение всяких новообразований.

*Вопросы для самостоятельного изучения*

1. Информационный и энергетический обмен в процессах самоорганизации биосистем.
2. Идеи эволюционной биологии на молекулярно– генетическом уровне организации живой материи.
3. Возможность управляющего воздействия на открытую самоорганизующуюся систему.
4. Биотражение как действующий фактор эволюции живого.
5. Биологические механизмы гомеостаза и принцип оптимальности.
6. Этапы развития жизни на Земле и современное биоразнообразие.
7. Происхождение человека. Отличительные особенности эволюции человека. Проблема разума в рамках естествознания.
8. Биосоциальность как универсальный феномен в мире живого.
9. Экологические проблемы биосферы, как результат взаимодействия человека и природы.

#### 5.4. Концепция глобального эволюционизма.

На основе обобщения прежних знаний об эволюции природы, новых данных о процессах самоорганизации, а также в связи с интегративными процессами в самой науке, в конце XX в. была сформулирована концепция глобального эволюционизма. Она претендует на построение универсальной модели эволюции, связывающей воедино космогенез, геогенез, биогенез и антропосоциогенез. Эта концепция позволяет преодолеть границы узко дисциплинарных подходов, дает ключ к пониманию процессов эволюции и, самое главное, позволяет объяснить происхождение жизни как закономерный результат длительного процесса космической, геологической и химической эволюции.

Единство эволюционных процессов в природе – живой и неживой – и обществе выражается в понятии коэволюции. Коэволюция природы и общества — это область исследования, где естествознание смыкается с обществознанием и философией в частности. По мнению Р.С. Карпинской, прояснение процесса коэволюции возможно лишь в теоретическом пространстве, объединяющем «две культуры» — естественно-научную и гуманитарную.

Идея глобального эволюционизма представляет собой простую и гармоничную онтологическую схему, в которой реальные процессы развития в мире представляются несколько упрощенным образом. Весь мир подчиняется единым законам, единой смысловой линии движения от низшего к высшему, от менее совершенного к более совершенному, от простоорганизованного к сложноорганизованному. Кроме того, человек в этом мире имеет все преимущества, поскольку выступает вершиной универсального развития мира. В парадигме глобального эволюционизма уживаются идеи И. Пригожина и П.Тейяра де Шардена, дарвинизм и СТЭ, современные теология и мистика и т.п.

В концепции глобального эволюционизма важное место занимает антропный принцип, согласно которому возникновение разума стало возможным в силу определенной структуры нашей Вселенной, заданной в первые мгновения после Большого Взрыва. В 1973 г. Б. Картер сформулировал слабый и сильный антропные принципы. Согласно слабому антропному принципу «то, что мы предполагаем наблюдать, должно удовлетворять условиям, необходимым для присутствия человека в качестве наблюдателя». Это означает, что человек воспринимает мир из определенной, выделенной во временном смысле «области» Вселенной, в которой сложились условия, необходимые и достаточные для существования наблюдающего разума. Формулировка сильного антропного принципа: «Вселенная должна быть такой, чтобы в ней на некотором этапе эволюции допускалось существование наблюдателей». Иначе говоря, с самого начала существования нашей Вселенной все необходимые физические и космологические параметры были точно организованы так, чтобы в мире появился наблюдающий разум. Таким образом, Вселенной изначально присуща познаваемость.

С одной стороны, антропный принцип подчеркивает целостность нашей Вселенной, единство различных видов эволюции на всех уровнях существования материи, которое в итоге приводит к появлению наблюдающего и познающего мир человека. Для преодоления телеологических и антропоцентристских интерпретаций антропного принципа современными учеными и философами вводится допущение существования множества миров, основанных на тех же физических законах, что и наша Вселенная, но с другими численными значениями физических констант, так называемая концепция «ансамбля вселенных». В каждой Вселенной этого множества реализуется определенный набор физических параметров. Существование наблюдающего разума возможно только в тех вселенных, где существует набор физических констант со строго определенными значениями, так называемая тонкая подстройка Вселенной. Весь необходимый для существования разума набор условий реализовался в нашей Вселенной. Значения этих констант были установлены экспериментально. Как показывают математические расчеты, даже незначительное изменение этих физических параметров приводит к изменению структуры Вселенной. В ней становится невозможным существование атомных ядер, самих атомов, звезд или галактик и, следовательно, жизни. Концепция «ансамбля вселенных» подводит к выводу о том, что не мир таков, потому что в нем существует человек, а человек существует во Вселенной потому, что в ней реализовались определенные

условия. Как считает Г.М. Идлис, мы наблюдаем заведомо не произвольную область Вселенной, а только ту, структура которой сделала ее пригодной для возникновения и развития жизни. В других частях мира могут реализоваться иные физические условия, отличающиеся от условий в нашей Метагалактике, что делает их непригодными для жизни, т.е. мы являемся наблюдателями только определенных физических процессов, процессы же иного типа протекают без наблюдателей.

В отношении к антропному принципу и его формулировках нет единства. Скорее существует целый набор формулировок, интерпретаций и установок, вырастающих из разных философско–мировоззренческих позиций. Некоторые исследователи считают, что концепция глобального эволюционизма, существенной частью которой является антропный принцип, имеет смысл только в аксиологическом, ценностном плане, но никак не в естественно-научном. В частности, Л.В. Фесенкова полагает, что «идея глобального эволюционизма – регулятивная идея, дающая представления о мире как о целостности, позволяющая мыслить общие законы бытия в их единстве и одновременно дающая возможность соотнести «универсум» с человеком, сделать его «соразмерным» человеку». В настоящее время глобальный эволюционизм существует в виде огромного количества вариантов и версий, которые характеризуются различной степенью концептуальной проработанности – от малообоснованных утверждений, наполняющих обыденное сознание, до развернутых концепций, подробно рассматривающих весь ход универсальной эволюции мира. Таким образом, при всей увлеченности идеями глобального эволюционизма не следует забывать, что эта концепция оставляет множество нерешенных вопросов и требует серьезного осмысления.

## Приложение

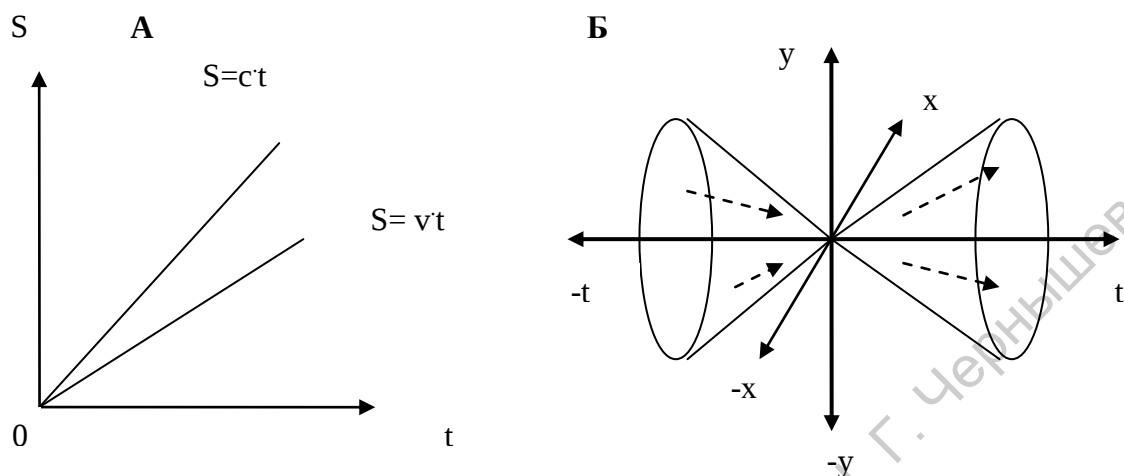


Рис. 1. Световой конус. А – график пути при равномерном движении:  $S$  – путь;  $c$  – скорость света;  $v$  – скорость тела;  $t$  – время. Б – световой конус, полученный при вращении прямой  $S=ct$  вокруг оси  $t$ : угол раствора конуса охватывает все возможные траектории движения тел в реальном мире.

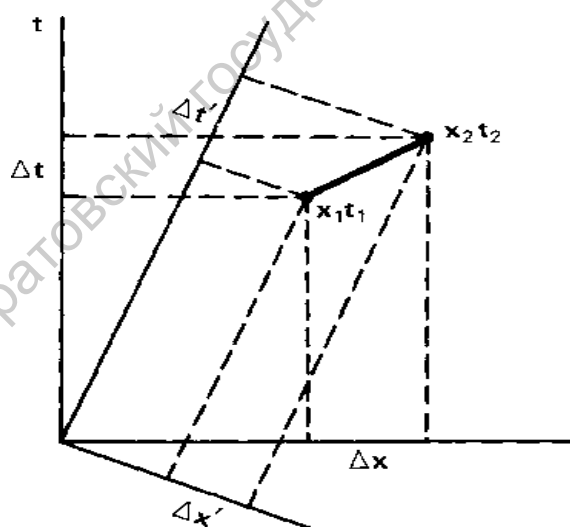


Рис.2. Пространственно-временные свойства материи. На данном рисунке отображены одна из трех пространственных координат  $x$  и временная координата  $t$ . Одна система отсчета представлена координатными осями  $X$  и  $t$ , а вторая —  $x^1$  и  $t^1$ . Их движение друг относительно друга выражено как поворот на некоторый угол в пространственно-временном континууме. Из рисунка видно, что при переходе от одной системы отсчета к другой отдельно  $\Delta t$  и  $\Delta x$  меняются, но пространственно-временной интервал при этом сохраняется.

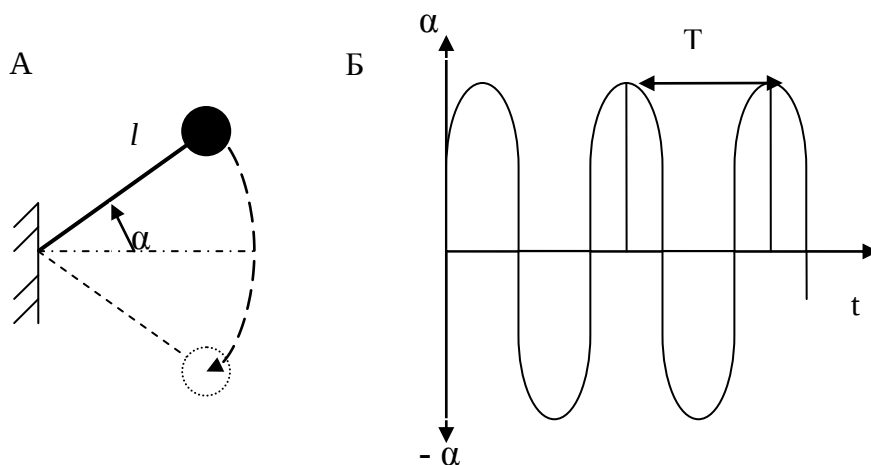


Рис.3. Математический маятник:  $T$ -период колебания;  $l$ - длина маятника;  $t$  время;  $\alpha$ - угол отклонения. А- два крайних положения маятника, Б – зависимость угла отклонения маятника от времени.

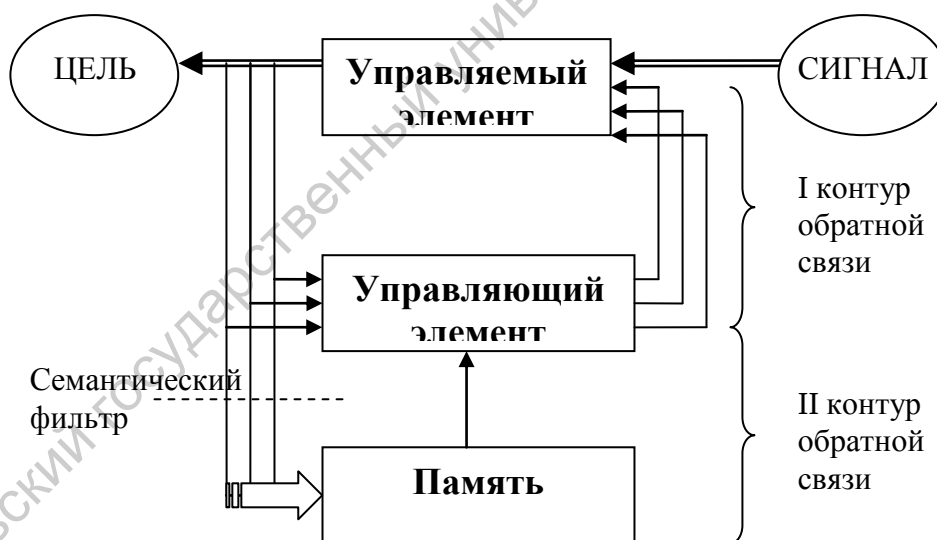


Рис. 4. Схема механизма управления самоорганизующихся систем.

I контур обратной связи – контур саморегуляции, II контур обратной связи – контур повышения уровня организации.

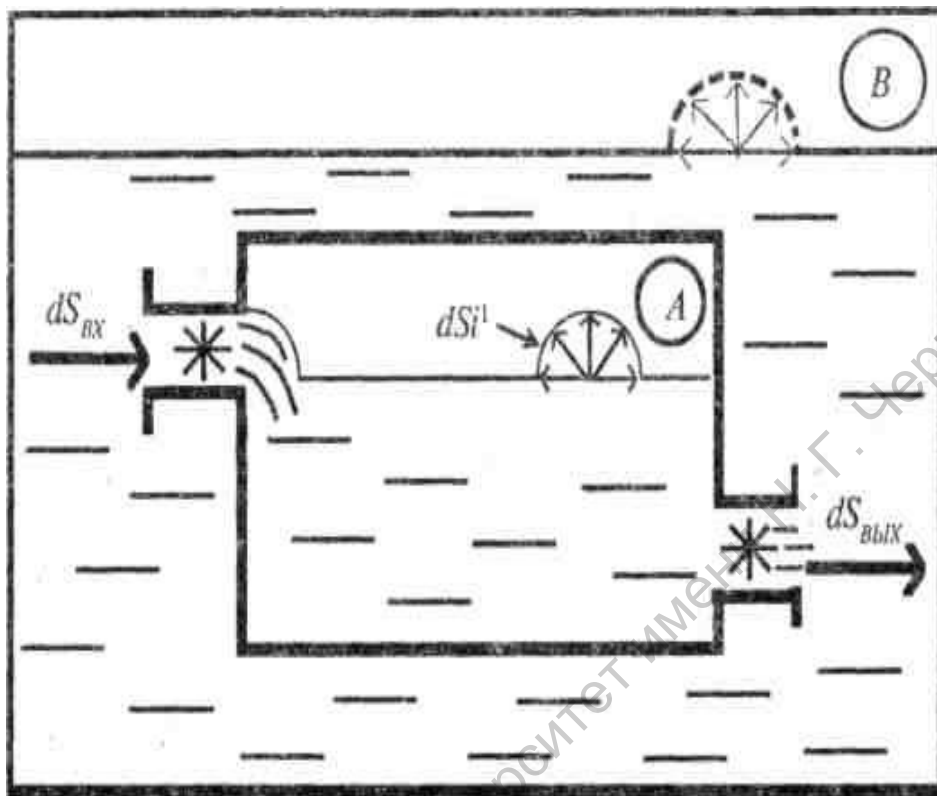


Рис.5. Энтропийные потоки в открытой системе (по Пригожину):

$dS_{вх}$ ,  $dS_{вых}$  - входящий и выходящий потоки энтропии;

$dSi$  — поток производства энтропии;

A – открытая система; B – окружающая среда.

## ТЕМЫ СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

Продолжительность каждого занятия составляет 2 академических часа. В первой половине занятия проводится контроль знаний студентов теоретического материала. Для этого используются контрольные вопросы по теме. Вторая часть занятий посвящена заслушиванию докладов и их обсуждению. Общая оценка успеваемости студента складывается из его знаний теоретического курса и умения использовать их.

**Тема. Естественно-научная культура как воплощение системы представлений о мире, отражающей целостность и многообразие окружающего мира.**

Вопросы:

1. Цивилизационная значимость естественно-научного познания.
2. Основные характеристики и закономерности окружающего мира: единство и многообразие природных объектов и явлений; индивидуальность и тождественность явлений; взаимосвязанность всего в природе; развитие во времени и в сложности; сочетание внутренней организованности и хаотичности окружающего мира.
3. Уровни научного знания.
4. Критерии научности.
5. Понятие научного метода.
6. Методы естественно-научного познания.
7. Континуальная концепция в физике. Понятия физического поля, электромагнитной волны.
8. Развитие теории тепловых процессов. Законы термодинамики.
9. Развитие теории электромагнетизма. Формирование электромагнитной картины мира.

Темы докладов для семинарского занятия:

1. Возможности и ограничения методов естественно-научного познания.
2. Модель как основа естественно-научной теории. Типы научных моделей и способы научного моделирования.
3. Миропонимание и научные достижения натурфилософии античности (атомистика, геоцентрическая космология, развитие математики и механики).
4. Общая характеристика естествознания в эпоху средневековья.
5. Естествознание эпохи Возрождения (гелиоцентрическая система мира, учение о множественности миров, достижения в области физики, математики, методологии, биологии и медицины).
6. Фундаментальные концепции механистической картины мира: корпускулярная концепция и ньютоновская механика. Лапласовский детерминизм.
7. Суть классической стратегии естественно-научного мышления.
8. Достижения естествознания 19 века в области химии (теория химического строения вещества, периодический закон Менделеева как подтверждение единства природы) и биологии (клеточная теория, эволюционное учение, наследование признаков).

**Тема. Становление естественно-научного знания.**

Вопросы

1. Миропонимание и научные достижения натурфилософии античности (атомистика, геоцентрическая космология, развитие математики и механики).
2. Общая характеристика естествознания в эпоху средневековья.
3. Естествознание эпохи Возрождения.
4. Новое время как эпоха классического естествознания.
5. Естествознание в 19 веке.
6. Естествознание 20 века.
7. Ведущие научные направления современного естествознания и актуальные проблемы. Проблема интеграции естественных наук.

Темы докладов для семинарского занятия:

1. Фундаментальные концепции механистической картины мира. Корпускулярная концепция и ньютоновская механика. Законы классической механики.
2. Континуальная концепция в физике.
3. Формирование электромагнитной картины мира.
4. Основные положения квантово-полевого картины мира. Концепция корпускулярно-волнового дуализма микрообъектов. Достижения в области квантовой физики как возможность изучения субатомного мира.
5. Наиболее значимые достижения 20 века в области биологических наук.

**Тема. Основные категории современного естествознания: материя, пространство, время, движение.**

Вопросы:

1. Формирование представлений о материи и движении.
2. Типы движения материи.
3. Понятия пространства и времени. Формирование представлений.
4. Физические свойства пространства и времени.
5. Представления о геометрических свойствах пространства в евклидовой и неевклидовой геометрии.
6. Проблема размерности пространства-времени и его бесконечность.

Темы докладов для семинарского занятия:

1. Кривизна пространства в геометриях Лобачевского и Римана.
2. Особенности биологического пространства-времени.
3. Обмен веществ и энергии как фундаментальное свойство жизни. Единство процессов энергетического и пластического метаболизма живых организмов.

**Тема. Структурная организация материи.**

Вопросы:

1. Основные положения концепции структурных уровней организации материи.
2. Фундаментальная материя, структурные уровни и закономерности организации.
3. Основные подходы к пониманию сущности живой материи (физикализм, механицизм, витализм).
4. Структурные уровни организации живой материи.
5. Развитие представлений о целостности. Организмические теории.
6. Концепции интегральных уровней организации живой материи.
7. Понятия, характеризующие целостность: симметрия, полярность, интеграция и дифференциация.

Темы докладов для семинарского занятия:

1. Материальная сущность и уровни организации живой материи.
2. Структурные уровни геологической организации материи.
3. Структурная организация нашей планеты.
4. Космические уровни структурной организации
5. Симметрия формы и свойств природных объектов.
6. Симметрия пространства и времени.
7. Роль билатеральной симметрии в живой природе.

**Тема. Ритмическая организация материи.**

Вопросы:

1. Механизмы ритмической самоорганизации в живой природе.
2. Колебание – как стабильное неоднородное распределение материи во времени.
3. Ритмы – периодические колебания материи.

Темы докладов для семинарского занятия:

1. Автоволновые химические процессы. Моделирование автоколебательных систем внутриклеточных биохимических реакций.
2. Ритмы фундаментальной материи.
3. Биологические ритмы.
4. Ритмичность организации космических систем.
5. Моделирование ритмов популяций.

**Тема. Эволюционные представления в естественно-научной картине мира.**

Вопросы:

1. Самоорганизация и ее структурные основания. Универсальные механизмы самоорганизации: структурная и функциональная общность, роль случайности.
2. Самоорганизация сложных природных систем как основа эволюции.
3. Механизмы структурной самоорганизации неравновесных систем. Бифуркации. Роль внешних и внутренних факторов.
4. Механизмы самоорганизации в неживой природе.
5. Идеи эволюционной биологии на молекулярно-генетическом уровне организации живой материи.
6. Возможность управляющего воздействия на открытую самоорганизующуюся систему.
7. Биоотражение как действующий фактор эволюции живого.
8. Основные теории происхождения живой материи: теория стационарного состояния, панспермии, абиогенеза, биогенеза.
9. Этапы возникновения жизни на Земле, согласно теории Опарина-Холдейна.
10. Химическая эволюция. Предбиологическая эволюция. Биологическая эволюция.

Темы докладов для семинарского занятия:

1. Взаимодействие информационного и энергетического аспектов в процессе самоорганизации материи.
2. Возможные сценарии будущего Вселенной.
3. Внутризвездные процессы и эволюция звезд.
4. Теории происхождения Солнечной системы: теория турбулентности Р.Декарта, приливная теория Бюффона-Джинса, теория туманности Канта – Лапласа, теория аккумуляция.
5. История геологического развития Земли.
6. Биологические механизмы гомеостаза и принцип оптимальности.
7. Этапы развития жизни на Земле и современное биоразнообразие.
8. Проблема разума в рамках естествознания. Биосоциальность как универсальный феномен в мире живого.
9. Синтетическая теория эволюции. Философские проблемы эволюционной теории.

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Работу следует начать с постановки главного вопроса и выбора основной литературы. Затем в ходе изучения литературы составляется план. После этого можно приступать к написанию самой работы. Контрольная работа должна быть представлена в печатной форме, иметь титульный лист (с указанием названия дисциплины, конкретной темы, Ф.И.О. студента, факультета, специальности, курса, формы обучения), план (оглавление), основную часть, заключение, список используемой литературы (не менее 5). В основной части необходимо представить анализ материала и собственное отношение студента к рассматриваемой проблеме. При выполнении работы можно использовать литературу, рекомендованную в качестве дополнительной в конце каждого раздела настоящей работы. Нецелесообразным представляется использовать в качестве базовой литературы учебники, а также справочную литературу.

Работа должна быть предоставлена на проверку в папке-скоросшивателе, выполнена на листах формата А4 (поля слева 30 мм, справа и сверху 15 мм, снизу 20 мм). Шрифт Times New Roman, интервал полуторный, размер шрифта 12. Нумерация страниц в нижнем правом углу. Каждое задание начинают с новой страницы. В тексте допускаются сокращения, предусмотренные только стандартами. Цифровой материал обобщается, сводится в таблицы или рисунки и включается в текст работы. Приведенные в работе таблицы и рисунки должны иметь порядковую нумерацию и название, отражающее их содержание. После иллюстраций дается краткое их обсуждение. Тематический заголовок таблицы помещают посередине таблицы, начиная с прописной буквы, без точки на конце.

Для наглядности и лучшего обобщения материала, работу следует иллюстрировать диаграммами, графиками, рисунками. Допускается выполнение схем, диаграмм от руки. При цитировании источника в тексте, в скобках ставят цифру, которая показывает порядковый номер источника в списке литературы. Текст цитаты обязательно заключается в кавычки.

Работу необходимо тщательно выверить, обращая особое внимание на цифры, цитаты, фамилии и инициалы.

При возникновении трудностей при выполнении контрольной работы можно обратиться к преподавателю за консультацией.

Допускается изменение темы контрольной работы по инициативе студентов и по согласованию с преподавателем.

Контрольная работа считается зачтенной, если она выполнена в соответствии с требованиями по оформлению работы, полностью раскрывает теоретические вопросы, без грубых ошибок в содержании. Работа не засчитывается, если теоретические вопросы раскрыты не полно, в случае наличия грубых ошибок в содержании, большого количества ошибок в оформлении, а также при использовании материалов с различных сайтов, без обработки и собственного анализа информации.

Работа может быть исправлена студентом и подана на проверку повторно. Исправленная работа не рассматривается повторно, если отсутствует первоначальный вариант работы с указанными на ней замечаниями преподавателя.

### ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО КУРСУ

#### «ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНАЯ КАРТИНА МИРА»

1. Цивилизационная значимость естественно-научного познания.
2. Основные характеристики и закономерности окружающего мира: единство и многообразие природных объектов и явлений; индивидуальность и тождественность явлений; взаимосвязанность всего в природе; развитие во времени и в сложности; сочетание внутренней организованности и хаотичности окружающего мира.
3. Уровни научного знания.

4. Критерии научности.
5. Понятие научного метода. Методы естественно-научного познания.
6. Континуальная концепция в физике. Понятия физического поля, электромагнитной волны.
7. Развитие теории тепловых процессов. Законы термодинамики.
8. Развитие теории электромагнетизма. Формирование электромагнитной картины мира.
9. Возможности и ограничения методов естественно-научного познания.
10. Модель как основа естественно-научной теории. Типы научных моделей и способы научного моделирования.
11. Миропонимание и научные достижения натурфилософии античности (атомистика, геоцентрическая космология, развитие математики и механики).
12. Общая характеристика естествознания в эпоху средневековья.
13. Естествознание эпохи Возрождения (гелиоцентрическая система мира, учение о множественности миров, достижения в области физики, математики, методологии, биологии и медицины).
14. Фундаментальные концепции механистической картины мира: корпускулярная концепция и ньютоновская механика. Лапласовский детерминизм.
15. Суть классической стратегии естественно-научного мышления.
16. Достижения естествознания 19 века в области химии (теория химического строения вещества, периодический закон Менделеева как подтверждение единства природы) и биологии (клеточная теория, эволюционное учение, наследование признаков).
17. Эксперимент как средство оценки качества теоретического знания. (Экспериментальная достоверность, прямые и косвенные измерения, смысл измерения и выбор эталона, погрешности реальных измерений, средние значения и отклонения от них, проблема интерпретации эксперимента).
18. Общая теория систем Берталанфи.
19. Представления о геометрических свойствах пространства в евклидовой и неевклидовой геометрии. Кривизна пространства в геометриях Лобачевского и Римана.
20. Время как функция биологической системы.
21. Особенности биологического пространства-времени.
22. Обмен веществ и энергии как фундаментальное свойство жизни. Единство процессов энергетического и пластического метаболизма живых организмов.
23. Структурно-функциональная организация генетического материала. Реализация наследственной информации в индивидуальном развитии.
24. Клетка как единая упорядоченная система (структурно-функциональная организация эукариотической клетки, закономерности существования во времени).
25. Жизнь как информационный процесс. Теория информации К. Шеннона и биологические смыслы.
26. Генезис механизма управления, его системоорганизующая роль и философский статус.
27. Механизмы и свойства биологической саморегуляции. Организм как система целесообразного регулирования
28. Возможность управляющего воздействия на открытую самоорганизующуюся систему.
29. Выбор поведения в самоуправляемой системе.
30. Взаимодействие информационного и энергетического аспектов в процессе самоорганизации материи.
31. Деструкция и организация, как проявление диалектики развития.
32. Нелинейность процессов самоорганизации. Концепция спирали развития.
33. Идеи эволюционной биологии на молекулярно-генетическом уровне организации живой материи.
34. Механизмы ритмической самоорганизации в живой природе. Моделирование ритмов популяций.
35. Биоотражение как действующий фактор эволюции живого.

36. Биологические механизмы гомеостаза и принцип оптимальности.
37. Автоволновые химические процессы. Моделирование автоколебательных систем внутриклеточных биохимических реакций.
38. Эволюция представлений о биосфере. Концепция Вернадского о биосфере. Переход от биосферы к ноосфере.
39. Принцип устойчивого неравновесия как всеобщий закон существования биологических систем.
40. Возможные сценарии будущего Вселенной.
41. Философские проблемы современной теории эволюции.
42. Синтез естественных наук и искусства.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ ИТОГОВОЙ ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ

1. Фундаментальное единство материального мира и всеобщий характер законов природы (диалектика природы).
2. Двуединство проблемы построения научной картины мира: человек познает природу, будучи ее неотъемлемой частью; природа в образе человека познает самое себя.
3. Структура научного знания, как целостной системы. Уровни научного знания. Критерии научности.
4. Методы естественно-научного познания. Возможности и ограничения методов естественно-научного познания.
5. Эмпирические и теоретические методы познания.
6. Модель как основа естественно-научной теории. Типы научных моделей и способы научного моделирования.
7. Естественно-научная культура как воплощение системы представлений о мире, отражающей целостность и многообразие окружающего мира.
8. Понятие научной революции. Научные революции в истории естествознания. Закономерности научных революций.
9. Миропонимание и научные достижения натурфилософии античности (атомистика, геоцентрическая космология, развитие математики и механики).
10. Общая характеристика естествознания в эпоху средневековья.
11. Естествознание эпохи Возрождения (гелиоцентрическая система мира, учение о множественности миров, достижения в области физики, математики, методологии, биологии и медицины).
12. Новое время как эпоха классического естествознания. Фундаментальные концепции механистической картины мира. Суть классической стратегии естественно-научного мышления.
13. Естествознание 19 века. Континуальная концепция в физике. Развитие теории тепловых процессов. Развитие теории электромагнетизма. Формирование электромагнитной картины мира.
14. Естествознание 19 века. Достижения в области химии и биологии.
15. Естествознание 20 века. Основные положения квантово-полевого картины мира.
16. Ведущие научные направления современного естествознания и актуальные проблемы. Проблема интеграции естественных наук.
17. Понятие и формы материи. Понятие движения. Формы движения.
18. Энергия, как мера различных форм движения. Движение с позиций общей теории систем.
19. Понятия пространства и времени. Пространство и время в классической механике и в современном естествознании. Понятие пространственно-временного континуума.
20. Понятие организации материи, как упорядоченности материальных объектов и процессов. Основные формы организации материи.

21. Системно-структурный подход в познании природы. Основные понятия общей теории систем.
22. Фундаментальная материя, структурные уровни и закономерности организации.
23. Живая природа: основные подходы к пониманию сущности живой материи (физикализм, механицизм, витализм).
24. Материальная сущность и уровни организации живой материи.
25. Структурные уровни геологической организации материи. Структурная организация нашей планеты. Космические уровни структурной организации.
26. Ритмическая организация фундаментальной материи.
27. Биологические ритмы.
28. Ритмичность организации космических систем.
29. Развитие представлений о целостности. Концепции интегральных уровней организации живой материи. Понятия, характеризующие целостность: симметрия, полярность, интеграция и дифференциация.
30. Симметрия как согласованность отдельных частей, объединяющая их в единое целое. Симметрия формы и свойств природных объектов. Симметрия пространства и времени.
31. Симметрия формы и свойств биологических объектов.
32. Понятие информации. Теория информации Шеннона К. и биологические смыслы.
33. Информационная связь и информационная причинность. Характер целевого причинения в процессах самоорганизации и самоуправления.
34. Отражение как всеобщее свойство материи и фактор эволюции.
35. Самоорганизация сложных природных систем как основа эволюции. Взаимопереход порядка и хаоса в природе.
36. Механизмы структурной самоорганизации неравновесных систем. Роль внешних и внутренних факторов в самоорганизации неравновесных систем.
37. Самоорганизация на космологическом уровне организации материи: формирование Вселенной, эволюция звезд. Теории происхождения Солнечной системы (турбулентная теория, приливная теория, теория туманности и теория аккумуляции).
38. История геологического развития Земли.
39. Самоорганизация в химических системах (реакция Белоусова). Самопроизвольный синтез химических соединений в природе.
40. Самоорганизация живой материи. Универсальные механизмы самоорганизации: структурная и функциональная общность, роль случайности.
41. Идеи эволюционной биологии на молекулярно-генетическом уровне организации живой материи. Возникновение кода.
42. Онтогенез и принцип оптимальности. Полная цена и оценочная функция.
43. Закон аллометрического роста в онтогенезе: развивающиеся системы.
44. Идеи оптимальности и естественный отбор.
45. Теория трансформации Д. Томпсона.
46. Биологические механизмы гомеостаза и принцип оптимальности.
47. Возможность управляющего воздействия на открытую самоорганизующуюся систему.
48. Биоотражение как действующий фактор эволюции живого.
49. Основные теории происхождения живой материи.
50. Этапы возникновения жизни на Земле, согласно теории Опарина-Холдейна. Химическая эволюция. Предбиологическая эволюция. Биологическая эволюция.
51. Основные факторы и движущие силы биологической эволюции.
52. Синтетическая теория эволюции. Философские проблемы эволюционной теории.
53. Нравственные проблемы научной деятельности: биоэтика.

## Список литературы

### Основная литература

1. Бабушкин А.Н. Современные концепции естествознания. Лекции. СПб: Лань, 2002. – 221 с.
2. Карпенков С.Х. Концепции современного естествознания: Учебник для студентов Вузов. – М.: Высш.школа, 2001. – 333 с.
3. Горелов А.А. Концепции современного естествознания: учеб. пособие. - М.: ВЛАДОС, 2003.
4. Канке В.А. Концепции современного естествознания: учеб. для студентов вузов, обучающихся по гуманитар. и социал.-экон. направлениям и специальностям по дисциплине ЕН.3 - "Концепции современного естествознания". - М.: Логос, 2007.
5. Карпенков С.Х. Концепции современного естествознания : учеб. для вузов .- М.: Высш. шк., 2003.
6. Садохин А.П. Концепции современного естествознания: учебник-М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2006.

### Дополнительная литература

1. Абдеев Р.Ф. Философия информационной цивилизации. М., 1994.
2. Албертс Б., Брей Д., Льюис Дж., и др. Молекулярная биология клетки: В 3-х томах. М.: Мир, 1993. Т. 2.
3. Анисимов В.П. Концепции современного естествознания. Биология. Владивосток, 2000.
4. Ахундов М.Д. Пространство и время в физическом познании. М., 1982.
5. Вейль Г. Симметрия. М., 1968.
6. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. М., 1989.
7. Волкова В.Н. Теория систем: учебное пособие / В.Н.Волкова, А.А.Денисов. – М.: "Высшая школа", 2006 – 511с., ил.
8. Волошина Н.А. Иерархичность генетических программ и эволюция // Философия науки. 2005. №3.
9. Волькенштейн М.В. Энтропия и информация. М., 1986.
10. Гиляров А.Н. Популяционная экология. М., 1990.
11. Грушевицкая Т.Г., Садохин А.П. Концепции современного естествознания. М., ЮНИТИ, 2005.
12. Дубровский В. Концепции пространства и времени: физические и философские аспекты. М., 1991.
13. Ичас М. О природе живого: механизмы и смысл. М., 1994.
14. Карпинская Р.С., Тищенко П.Д. Диалектическое единство естественных и общественных наук. М., 1981.
15. Коган А.Б., Наумов Н.П., Режабек Б.Г., Чораян О.Г. Биологическая кибернетика. М., 1977.
16. Кун Т. Структура научных революций. М., 1977.
17. Ленинджер А. Основы биохимии. В 3 т. Том 1. М., 1985.
18. Липовко П.О. Концепции современного естествознания. Учебник для вузов. – Ростов н/Д.: изд-во «Феникс», 2004. – 512 с.
19. Лисеев И.К. Наука о жизни и ее взаимодействие с культурой. В сб. «Наука. Общество. Человек»: к 75-летию И.Т.Фролова. 2004.
20. Ляпунов А.А. Стебаев И.В. О биогеоценотическом уровне управления в рамках биосферы//Проблемы кибернетики. Вып. 11. 1964.
21. Медников Б.М. Аксиомы биологии. М.: Знание, 1982.
22. Михайловский Г.Е. Элементы биологической термодинамики.

23. Моисеев Н.Н. Человек и ноосфера. М., 1990.
24. Напалков А.В., Целикова Н.В. Информационные процессы в живых организмах. М., 1974.
25. Новоженев В.А. Концепции современного естествознания. Барнаул, 2001.
26. Новосельцев В.Н. Теория управления и биосистемы. М., 1978.
27. Поппер К. Логика научного открытия. М., 1994.
28. Пригожин И. От существующего к возникающему: время и сложность в физических науках. М., 1985.
29. Пригожин И.Р., Стенгерс И. Порядок из хаоса: новый диалог человека и природы. М., 1986.
30. Рузавин Г.И. Концепции современного естествознания: Учебник для вузов. М., 2000.
31. Развитие концепции структурных уровней в биологии. М., 1972.
32. Ратнер В.А. Генетический код как система // Соросовский Образовательный Журнал. 2000. Т. 6. № 3.
33. Розгачева И.К. Самоорганизующиеся системы во Вселенной. М., 1989.
34. Розен Р. Принцип оптимальности в биологии. М., 1969.
35. Рьюиз М. Философия биологии. М., 1977.
36. Садовский В.Н. Людвиг фон Бергаланфи и развитие системных исследований в XX веке. В кн.: Системный подход в современной науке. – М.: "Прогресс-Традиция", 2004. – 560с., сс.7-36.
37. Самыгин С.И., Голубинцев В.О. Концепции современного естествознания, 2001.
38. Седов Е.А. Эволюция и информация. М., 1972.
39. Сетров М.И. Организация биосистем. Л., 1971.
40. Сороко Э.М. Структурная гармония систем. Минск, 1984.
41. Стрельник О.Н. Концепции современного естествознания. Краткий курс лекций. М., 2003.
42. Тавинцев В.Д. Возникновение и сущность жизни. Вестник международного института А.Богданова. 2004. №3.
43. Тигунов М.П. Принцип дополнительности в биологии // Вопросы философии. 2006. №1.
44. Тэйлор Э., Уилер Дж. Физика пространства-времени. М., 1971.
45. Уёмов А.И. Л. фон Бергаланфи и параметрическая общая теория систем. В кн.: Системный подход в современной науке. – М.: "Прогресс-Традиция", 2004. – 560с., сс.37-52.
46. Украинцев Б.С. Самоуправляемые системы и причинность. М., 1972.
47. Урманцев Ю.А. Симметрия природы и природа симметрии. М., 1974.
48. Урманцев Ю.А., Трусов Ю.П. О специфике пространственных форм и отношений в живой природе // Вопросы философии. 1958. №6.
49. Фролов И.Т., Араб-Оглы Э.А., Арефьева Г.С. и др. Введение в философию: Учебник для вузов. В 2 ч. Ч. 2. М., 1989.
50. Хакен Г. Синергетика. М., 1985.
51. Хокинг С. Краткая история времени: От Большого Взрыва до черных дыр. М., 1990.
52. Шафрановский И.И. Симметрия в природе. Л., 1985.
53. Шмальгаузен И.И. Организм как целое в индивидуальном и историческом развитии. М., 1982.
54. Шмутцер Э. Теория относительности: Современное представление. М., 1981.
55. Шредингер Э. Разум и материя. М., 2000.
56. Эйген М. Самоорганизация материи и эволюция биологических макромолекул. М., 1973.
57. Эткинс П. Порядок и беспорядок в природе. М.: Мир, 1987.

## Словарь терминов

Абиогенез - теории возникновения живых существ из веществ неорганической природы.

Автогенез - учение, стремящееся объяснить эволюцию организмов действием только внутренних факторов.

Агностицизм - учение, отрицающее возможность объективного познания мира, достижения объективной истины.

Адаптация - процесс приспособления строения и функций организмов (особей, популяций, видов) и их органов к условиям среды.

Аддитивность - свойство величин, состоящее в том, что значение величины, соответствующее целому объекту (системе) равно сумме значений величин, соответствующих его частям при любом разбиении объекта на части.

Аксиома - исходное положение, принимаемое без логических доказательств.

Адроны - общее название семейства элементарных частиц, обладающих сильным взаимодействием. Семейство адронов включает в себя барионы и мезоны (мезонные резонансы и соответствующие античастицы).

Анизотропия - зависимость физических свойств вещества (механических, тепловых, электрических, магнитных, оптических) от направления.

Аннигиляция - превращение частицы и античастицы при столкновении в другие частицы.

Антропоцентризм - воззрение, согласно которому человек есть центр и высшая цель мироздания.

Ароморфоз (арогенез) - морфофизиологический прогресс, одно из главных направлений биологического прогресса живых существ, при котором в ходе эволюции усложняется их организация; качественный скачок в развитии живых существ, повышающий как уровень организации, так и приспособленность вида к новым условиям, что способствует расширению его ареала. После изменений по типу ароморфоза наступает период образования частных приспособительных изменений - идиоадаптаций.

Биогеоценоз – сложная природная система, представляющая собой совокупность биотических, и абиотических элементов, связанных между собой обменом вещества и энергии.

Барионы - общее название адронов с полуцелым спином. К барионам относятся нуклоны, гипероны, барионные резонансы. Барионы состоят из 3 кварков, связь между которыми осуществляется глюонным полем.

Биогенез – 1) процесс возникновения, зарождения живого; 2) теории, отрицающие появление жизни на Земле в результате возникновения живых существ из неживой материи (в противоположность абиогенезу).

Биогенетический закон - закономерность живой природы, состоящая в том, что индивидуальное развитие особи ( онтогенез ) является коротким и быстрым повторением важнейших этапов эволюции вида ( филогенез )

Биосфера - оболочка Земли, состав, структура и энергетика которой обусловлены прошлой или современной деятельностью живых организмов. Биосфера охватывает часть атмосферы, гидросферу и верхнюю часть литосферы, которые связаны сложными биохимическими циклами миграции вещества и энергии. В пределах биосферы везде встречается либо живое вещество либо следы его биохимической активности.

Биоценоз - совокупность растений, животных, микроорганизмов, населяющих часть суши или водоема и характеризующихся определенными отношениями как между собой, так и абиотическими факторами.

Бифуркация - критическая пороговая точка, в которой происходит качественное изменение поведения объекта. Точка ветвления траектории движения (изменения) неравновесной системы в момент ее структурной перестройки. В точках бифуркации система находится одновременно как бы в двух состояниях и предсказать ее детерминированное поведение невозможно

Брюсселятор - модель, разработанная И.Р. Пригожиным с коллегами, названная в честь

Г. Брюсселя и объясняющая механизм периодических химических реакций Белоусова - Жаботинского (химической неустойчивости).

Верификация - проверка, эмпирическое подтверждение теоретических положений науки путем сопоставления их с наблюдаемыми объектами, экспериментами, чувственными данными. Верифицируемость - эмпирическое подтверждение теоретических данных науки путем сопоставления их с чувственными данными, экспериментами

Вероятность - числовая характеристика возможности появления какого-либо случайного события при тех или иных условиях

Взаимодействие - развертывающийся во времени и пространстве процесс воздействия одних объектов на другие путем обмена материи и движением, определяет существование и структурную организацию любой материальной системы

Витализм - идеалистическое течение в биологии, допускающее наличие в организмах не материальной жизненной силы.

Гелиоцентризм - учение, согласно которому Земля и другие планеты обращаются вокруг Солнца, и кроме того, Земля вращается вокруг своей оси.

Генезис - происхождение, возникновение.

Генотип - совокупность всех генов, локализованных в хромосомах данного организма; совокупность всех наследственных факторов организма; генотип определяет фенотип .

Генофонд - качественный состав и относительная численность разных форм (аллелей) различных генов в популяциях того или иного вида организмов.

Геоцентризм - воззрение, согласно которому Земля неподвижно покоится в центре мира, а все небесные светила движутся вокруг нее.

Геометрия Евклида - геометрические построения и преобразования на плоскости. Сумма углов треугольника равна  $180^\circ$ , отношение длины окружности к диаметру равно  $\pi$ , знак кривизны 0.

Геометрия Лобачевского - геометрические построения в гиперболическом пространстве. В этой геометрии учитывается кривизна пространства. Сумма углов треугольника меньше  $180^\circ$ , отношение длины окружности к диаметру больше, знак кривизны меньше 0.

Геометрия Римана - учитывает кривизну сферического (эллиптического) пространства. Сумма углов треугольника больше  $180^\circ$ , отношение длины окружности к диаметру больше  $\pi$ , знак кривизны больше 0.

Гомология - сходство организмов, построенных по одному плану и развивающихся из одинаковых зачатков у разных животных и растений; такие гомологичные органы могут быть неодинаковы по внешнему виду и выполнять различные функции.

Детерминизм - онтологический принцип, утверждающий всеобщую обусловленность явлений и событий и всеобщий характер причинности.

Дивергенция - расхождение признаков организмов в ходе эволюции.

Диссипативная структура - пространственно-временная структура, упорядоченность и когерентность которой определяется достаточным потоком внешней энергии и интенсивной диссипацией; состояние частичной упорядоченности вдали от равновесия.

Диссипация - переход энергии упорядоченного движения в энергию хаотического движения (теплоту).

Дуализм - философское учение, исходящее из признания равноправными, не сводимыми друг к другу двух начал - духа и материи, идеального и материального

Идеоадаптация - одно из главных направлений эволюции, при котором возникают частные изменения строения и функций органов при сохранении в целом уровня организации предковых форм.

Изотопы - разновидности одного и того же элемента, отличающиеся массой ядер при одинаковом атомном номере (заряде ядра).

Изотропия - одинаковость физических свойств среды по всем направлениям (в противоположность анизотропии).

Индетерминизм - онтологический принцип, отрицающий наличие всеобщей и универ-

сальной зависимости и всеобщий характер причинности между явлениями и событиями

Катастрофа (греч. - переворот) - в общем случае внезапное бедствие; событие, влекущее за собой тяжелые последствия, в теории самоорганизации и синергетике - скачкообразное изменение, возникающее в виде внезапного ответа системы (скачок) на плавные изменения внешних условий. В нелинейной механике раздел теории катастроф рассматривает задачи, связанные со скачкообразным изменением траекторий движений при малых управляющих параметрах

Категория (греч. - высказывание, признак) - понятие, выражающее наиболее общие свойства и связи явлений действительности и познания.

Квантовые числа - целые или дробные числа, определяющие возможные дискретные значения физических величин, характеризующие квантовые системы.

Кибернетика - наука об общих принципах управления в машинах, живых организмах и обществе.

Конвергенция (в биологии) - схождение признаков в процессе эволюции неблизкородственных групп организмов, приобретение ими сходного строения в результате существования в сходных условиях и одинаково направленного естественного отбора.

Концепция единства неживой и живой природы заключается в подчинении одним и тем же универсальным законам развития.

Концепция постоянства состава вещества - любое индивидуальное соединение обладает постоянным и неизменным составом.

Космогония - наука о происхождении и развитии космических тел и их систем (звезд, звездных скоплений, галактик, туманностей, Солнечной системы и всех входящих в нее тел).

Космология - наука о Вселенной как едином целом и о всей охваченной астрономическими наблюдениями области Вселенной как части целого.

Креационизм - религиозная концепция, трактующая многообразие форм органического мира как результат творения их богом.

Лептоны - общее название класса элементарных частиц, не обладающих сильным взаимодействием, т. е. участвующих лишь в электромагнитном, слабом и гравитационном взаимодействиях.

Математическая модель - описание какого-либо класса явлений, выраженное с помощью математической символики; мощный метод познания.

Методология - совокупность наиболее существенных элементов теории, конструктивных для самой науки.

Метрика пространства-времени - геометрические свойства четырехмерного пространства-времени (объединяющего физическое трехмерное пространство и время) в теории относительности. В соответствии с общей теорией относительности метрика пространства-времени зависит от находящейся в нем материи.

Механицизм - односторонний метод познания и миропонимания, основывающийся на представлении о том, что все многообразные формы движения материи могут быть сведены к закономерностям одной механической формы движения.

Модификации (в биологии) - ненаследственное изменение признаков организма, возникающее под влиянием изменившихся условий внешней среды.

Морфогенез - возникновение и развитие органов, систем и частей тела организмов как в индивидуальном, так и в историческом развитии.

Мутагенез - процесс возникновения наследственных изменений - мутаций, появляющихся естественно или вызываемым различными физическими и химическими факторами - мутагенами.

Мутации - стойкие изменения наследственных структур живой материи, ответственных за хранение и передачу генетической информации.

Необратимые процессы - физические процессы, в которых система проходит через неравновесные состояния (неоднородности распределения плотности вещества, температуры, давления, концентрации и т.д.). Неоднородность системы приводит к необратимым про-

цессам.

Неравновесные процессы (состояния) - физические процессы, которые самопроизвольно могут протекать только в одном направлении - в сторону равномерного распределения вещества, теплоты и т.д. (диффузия, теплопроводность, вязкое течение жидкости, газа).

Нуклоны - общее название для протонов и нейтронов - частиц, образующих атомные ядра.

Онтогенез - индивидуальное развитие организма; последовательность морфологических, физиологических и биохимических преобразований, претерпеваемых организмом от момента его зарождения до конца жизни.

Организация - внутренняя упорядоченность, согласованность взаимодействия более или менее дифференцированных и автономных частей целого, обусловленная его структурой;

Организм - с точки зрения общей теории систем, это коллоидная открытая система, сохраняющая систему вида, элементом которой она является, путем поддержания активного равновесия в изменяющихся условиях среды

Организмизм (организмизм) - методологический принцип, одна из форм целостного подхода к изучению объектов органической природы. В основе организмизма идея о том, что организм обладает специфическими свойствами, обеспечивающими его целостность и особыми законами организации, которые могут быть выявлены лишь на уровне целого.

Осциллятор - физическая система, совершающая колебания.

Панспермия - гипотеза занесения живых существ на Землю из Космоса.

Парадигма - фундаментальная теория, возникающая в определенный период времени и служащая основой для объяснения известных фактов и предсказания неизвестных фактов называется

Позитивизм - философское направление, исходящее из тезиса о том, что все подлинное положительное (позитивное) знание может быть получено лишь как результат отдельных специальных наук или их синтетического объединения, и что философия как особая наука, претендующая на самостоятельное исследование реальности, не имеет права на существование.

Популяция - устойчивая целостная совокупность особей одного вида, более или менее длительно занимающая определенное пространство и воспроизводящая себя в течение большого числа поколений; особи одной популяции имеют большую вероятность скрещиваться друг с другом, чем с особями других популяций.

Преобразования Лоренца - в специальной теории относительности преобразования координат и времени при переходе от одной системы координат к другой, движущейся с постоянной скоростью, при скоростях, близких к скорости света Преформизм - учение о наличии в половых клетках организмов материальных структур, предопределяющих развитие зародыша и признаки образующегося из него организма.

Принцип иерархичности системы - каждый элемент системы может быть рассмотрен как система, а исследуемая система является компонентом более широкой системы.

Принцип дополнительности - сформулированный Н. Бором принцип, согласно которому при экспериментальном исследовании микрообъекта могут быть получены точные данные либо об его энергии и импульсе, либо о поведении в пространстве и времени. Имеет более широкое толкование при объяснении явлений в природе, социуме и биосфере и активно используется в современном естествознании.

Принцип Ле Шателье - внешнее воздействие, выводящее систему из термодинамического равновесия, вызывает в ней процессы, стремящиеся ослабить результаты этого воздействия.

Принцип наименьшего действия - один из вариационных принципов механики, согласно которому для данного класса сравниваемых друг с другом движений механической системы осуществляется то, для которого действие минимально.

Принцип неопределенности - квантово-механический принцип, согласно которому дополняющие друг друга физические величины (например, координата и импульс) не могут одновременно принимать точные значения и быть точно измеренными: большая точность в изме-

рении одной из величин влечет за собой большую неопределенность в другой.

Принцип оптимальности (экстремальности, вариационный принцип) - принцип, позволяющий найти обобщенную оптимальную (наилучшую) характеристику процесса в условиях близких к равновесным.

Принцип относительности Эйнштейна - любое физическое явление при одинаковых условиях протекает одинаково во всех инерциальных системах.

Принцип суперпозиции - в классической физике - результирующий эффект от нескольких независимых воздействий представляет собой сумму эффектов, вызываемых каждым эффектом в отдельности; справедлив для систем, описываемых линейными уравнениями. В квантовой механике - если система может находиться в состояниях, описываемых несколькими волновыми функциями, то она может быть также и в состоянии, описываемом любой линейной комбинацией этих функций.

Принцип тождественности - в физике один из квантовых принципов: состояние системы частиц, получающиеся друг из друга перестановкой местами тождественных частиц, нельзя различить ни в каком эксперименте и такие состояния должны рассматриваться как одно физическое состояние. Из этого принципа вытекает симметрия волновой функции системы одинаковых частиц.

Принцип фальсификации (введен К. Поппером) - критерием научности теории является ее фальсифицируемость или опровержимость. Если учение способно истолковать любые факты в свою пользу, т.е. неопровержимо в принципе, то оно не может претендовать на статус научного.

Принцип целостности системы - взаимосвязь между частями или элементами, объединяющая их и приводящая к появлению новых свойств и закономерностей не присущих составляющим ее элементам.

Самоорганизация - процесс в ходе которого создается, воспроизводится или совершенствуется организация сложной динамической системы на основе взаимодействий между элементами самой системы. Самоорганизация в сложных динамических системах включает следующие процессы: возникновение из некоторой совокупности элементов, принадлежащих данной системе, новой целостной системы более высокого уровня; совершенствование организации за счет компонентов и связей самой системы; накопление и использование полученного опыта.

Саморазвитие – это самопроизвольное изменение системы под влиянием внутренне присущих ей противоречий, факторов и условий, связанное с переходом на более высокий уровень организации.

Симметрия (греч. - соразмерность) - в физике свойство физических величин оставаться неизменными при определенных преобразованиях, лежит в основе законов сохранения в механике; в общем смысле - особое свойство геометрических фигур (или моделей) быть одинаковыми относительно плоскости, оси, точки при их повороте в симметричное положение.

Система - ограниченная от окружающей среды совокупность относительно неделимых элементов, объединенных в единое целое взаимодействиями.

Система динамическая - изменяет свое состояние с течением времени. Динамическая система является детерминированной, если ее элементы взаимодействуют точно определенным образом и поведение системы предсказуемо в любой момент времени. Динамическая система является недетерминированной, если ее элементы находятся под влиянием большого числа воздействий и поведение системы нельзя предсказать;

Система открытая - если между системой и окружающей средой осуществляется обмен веществом и энергией

Стационарные состояния - устойчивые состояния, в которых все характеризующие систему физические величины не зависят от времени.

Структура - устойчивая системная упорядоченность, определенный строй всей совокупности связей, отношений и взаимодействий между элементами системы, обеспечивающих целостность и сохранение основных свойств при различных внешних и внутренних изменениях.

Управление сложными динамическими системами - процесс, направленный на сохранение целостности, качественной определенности системы, благодаря своевременной перестройке системы, соответственно изменившимся условиям. Общей термодинамической характеристикой для процессов управления является уменьшение значения энтропии.

Фенотип - совокупность всех признаков организма, обусловленных его генотипом.

Филогенез - процесс исторического формирования некоторой систематической группы организмов (таксона).

Флуктуация - случайное отклонение системы от ее закономерного состояния.

Холизм: 1) принцип целостности; 2) идеалистическая концепция, согласно которой мир управляет процесс творческой эволюции, создающий новые целостности.

Хромосомы - элементы ядра клетки, содержащие гены (молекулы ДНК); ДНК хромосом содержит информацию о наследственности и отвечает за передачу ее вновь образованным клеткам.

Энергия (греч. - действие) - общая количественная мера различных форм движения материи, мера различных процессов и видов взаимодействия, всякое изменение в свойствах вещества, дающее ему возможность производить работу; имеет размерность работы, связывает воедино все явления природы

Эксперимент (лат. - проба, опыт) - метод научного познания, при помощи которого в контролируемых условиях исследуются явления действительности.

Электрон - отрицательно заряженная элементарная частица, которая определяет валентность химического элемента

Эмбриогенез - возникновение и развитие зародыша организма.

Энергия Гиббса - один из термодинамических потенциалов ( $G$ ), определяется разностью между энтальпией  $H$  и произведением энтропии  $S$  на температуру  $T$ :  $G = H - TS$ . Изотермический процесс без затраты внешних сил может самопроизвольно идти только в сторону уменьшения энергии Гиббса.

Энтальпия (греч. - нагреваю) - однозначная функция  $H$  состояния термодинамической системы при независимых параметрах энтропии  $S$  и давления  $p$ , связана с внутренней энергией соотношением  $H = U + pV$ , где  $V$  - объем системы. При постоянном давлении изменение энтальпии определяется количеством теплоты  $Q$ , подведенной к системе. Поэтому энтальпию называют также тепловой функцией или теплосодержанием.

Энтропия - как функция состояния системы выражает меру неупорядоченности системы. Энтропия изолированной системы - согласно второму закону термодинамики, ее значение постоянно увеличивается до достижения системой точки термодинамического равновесия. Энтропия открытой системы - согласно второму закону термодинамики, ее значение поддерживается на определенном уровне за счет обменных процессов с окружающей

Эпигенез - учение о зарождении организмов, противоположное преформизму; согласно эпигенезу качественная структура нового организма не предопределена в зародыше, а постепенно формируется по мере его роста, в эмбрионе происходит постепенное формирование гетерогенного из гомогенного.

Ядерные силы - силы, действующие между нуклонами; представляют собой проявление сильного взаимодействия - одного из фундаментальных физических взаимодействий.

## Оглавление

|                                                                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение.....                                                                                                                                                     | 3  |
| Рабочая программа дисциплины .....                                                                                                                                | 4  |
| 1. Мировоззренческие и методологические проблемы естественно-научного знания.....                                                                                 | 5  |
| 2. Становление естественно-научного знания                                                                                                                        |    |
| 2.1.Естественно-научная картина мира, как целостная системы принципов и законов, лежащих в основе понимания окружающего нас мира. Понятие научной революции ..... | 11 |
| 2.2. Ретроспективный взгляд на естественно-научную картину мира....                                                                                               | 12 |
| 2.3. Основные достижения естественно-научного знания XX века .....                                                                                                | 17 |
| 2.4. Проблема интеграции естественных наук.....                                                                                                                   | 18 |
| 3. Основные категории современного естествознания: материя, пространство, время, движение.....                                                                    | 19 |
| 4. Организация материи                                                                                                                                            |    |
| 4.1. Структурная организация материи.....                                                                                                                         | 24 |
| 4.3. Симметрия как согласованность отдельных частей, объединяющая их в единое целое.....                                                                          | 42 |
| 4.4. Информация и организация. Информация как количественная характеристика организации системы.....                                                              | 47 |
| 5. Эволюционные представления в естественно-научной картине мира.                                                                                                 |    |
| 5.1. Самоорганизация сложных природных систем как основа эволюции.....                                                                                            | 57 |
| 5.2. Процессы самоорганизации в неживой матери.....                                                                                                               | 61 |
| 5.3.Происхождение и эволюция живой материи.....                                                                                                                   | 69 |
| 5.4. Концепция глобального эволюционизма.....                                                                                                                     | 83 |
| Приложение.....                                                                                                                                                   | 86 |
| Темы семинарских занятий.....                                                                                                                                     | 89 |
| Рекомендации по выполнению контрольной работы.....                                                                                                                | 92 |
| Задания для контрольной работы .....                                                                                                                              | 92 |
| Вопросы для итоговой проверки знаний.....                                                                                                                         | 94 |
| Список литературы .....                                                                                                                                           | 96 |
| Словарь терминов.....                                                                                                                                             | 98 |

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского