

Э. А. Арустамов  
Г. В. Гераскина  
А. Ховард  
С. Р. Гильденскиольд  
И. В. Левакова

2018

**Структура, содержание и методическое  
обеспечение курсов естественнонаучных  
дисциплин в вузах**

Монография



УДК 3  
ББК 60  
А 79

**Арустамов, Эдуард Александрович**  
**Гераскина, Галина Валентиновна**  
**Ховард, Анна**  
**Гильденскиольд, Сергей Русланович**  
**Левакова, Ирина Вячеславовна**

А 79 Структура, содержание и методическое обеспечение курсов естественнонаучных дисциплин в вузах. Монография – М.: Мир науки, 2018. – Режим доступа:

<http://izd-mn.com/PDF/27MNNPM18.pdf> – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-6041425-6-1

Монография подготовлена авторским коллективом в составе: доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ Арустамов Э.А., кандидат биологических наук, почетный работник высшего образования России доцент Гераскина Г.В., доктор медицинских наук, профессор Гильденскиольд С.Р., директор магистратуры Николс колледж (США) Говард А. (Howard Anna), кандидат химических наук, доцент Левакова И.В.

В работе обобщен опыт преподавания естественнонаучных дисциплин для различных направлений подготовки бакалавров. Целью дисциплин «Концепции современного естествознания» и «Естественнонаучная картина мира» является формирование у обучающихся целостного естественнонаучного мировоззрения, что определяет как объем задач, так и перечень формируемых общекультурных и общепрофессиональных компетенций.

Работа предназначена для научных и практических работников, преподаватели и студентов ВУЗов.

ISBN 978-5-6041425-6-1

© Арустамов Эдуард Александрович  
© Гераскина Галина Валентиновна  
© Ховард Анна  
© Гильденскиольд Сергей Русланович  
© Левакова Ирина Вячеславовна  
© ООО Издательство «Мир науки», 2018

## Оглавление

Введение.....	4
Глава I. Общие рекомендации по изучению естественнонаучных дисциплин (научные методы и подходы) .....	6
Глава II. Структура и содержание курсов естественнонаучных дисциплин .....	17
1. Эволюция научной картины мира.....	17
2. Физическая картина мира .....	18
3. Химическая картина мира.....	23
4. Биологическая картина мира .....	29
4.1. Концепции основных структурных уровней .....	29
4.2. Системная характеристика биологических объектов .....	36
-молекулярный и клеточный уровни .....	38
-тканевый и онтогенетический уровни.....	39
-популяционно-биоценотический уровень .....	41
-биосферный и биосферный уровни.....	44
-заключение .....	45
5. Математика и ее роль в естествознании .....	47
Глава III. Формирование естественнонаучного мировоззрения при изучении дисциплин «Естественнонаучная картина мира» и «Концепции современного естествознания».....	49
Глава IV. Особенности преподавания естественнонаучных дисциплин на различных направлениях подготовки бакалавров .....	57
Литература .....	66

## Введение

Авторами предлагается организовать изложение материала таким образом, чтобы изучение частнонаучных концепций в рамках физической, химической и биологической картин мира сочеталось с рассмотрением общенаучных концепций системного подхода и глобального эволюционизма. Изучение научных картин мира с привлечением основных понятий и положений общей теории систем позволяет выявить общие закономерности строения, организации, функционирования и саморазвития всех природных систем и тем самым обеспечить логическую взаимосвязь как между отдельными разделами курса, так и между отдельными дисциплинами ООП ВПО на базе общего методологического подхода.

В отличие от дисциплинарного подхода, когда в каждой области естествознания исследовались специфические закономерности организации и функционирования изучаемых объектов, системный подход дает возможность раскрыть более глубокие закономерности, характерные для широкого круга объектов и явлений, бывших ранее предметом изучения отдельных наук. Такой подход соответствует постнеклассическому этапу развития науки, становление которого связано с переходом от изучения детерминистских систем к стохастическим, в которых имеют место массовые или повторяющиеся события и явления, в силу чего прогноз поведения таких систем имеет вероятностный характер.

Изложение построено в форме методических рекомендаций по содержанию и структуре курсов с выделением необходимых акцентов и содержит многочисленные примеры из различных разделов естествознания для демонстрации системных свойств на всех уровнях организации материи.

На конкретных примерах показана взаимосвязь физики, химии и биологии, являющихся составными частями естествознания, и раскрыто значение изучения принципа иерархии для обеспечения целостного естественнонаучного знания.

Показаны этапы эволюции научного знания и направления его развития, раскрыты особенности естествознания на современном этапе и его роль в развитии общества путем перехода от антропоцентрического мировоззрения к биосфероцентрическому, признающему взаимосвязь и единство человека, биосферы и космоса.

Предлагаемый методологический подход обеспечивает более глубокое понимание учащимися механизмов природных процессов и формирует у них представление о естествознании как науке о единстве природы.

## Глава I. Общие рекомендации по изучению естественнонаучных дисциплин (научные методы и подходы)

Изучение естественнонаучных дисциплин, таких как «Концепции современного естествознания» и «Естественнонаучная картина мира», входящих в базовую часть учебных планов ООП ВО различных специальностей, направлено на формирование у учащихся целостного естественнонаучного мировоззрения на основе изучения достижений современного естествознания, составными частями которого являются такие фундаментальные науки, как физика, химия и биология.

Задачи дисциплины:

- познакомить учащихся с понятием научного метода познания и критериями научного знания, обеспечивающими объективность формирования научной картины мира;

- сформировать базовый понятийный аппарат, необходимый для осмысления и дальнейшего изучения различных областей естествознания;

- дать представление об основных концепциях в области естественных наук, раскрыть содержание современной физической, химической и биологической картин мира;

- сформировать понимание роли фундаментальных законов природы.

Современная система высшего образования России предусматривает формирование у обучающихся по каждой конкретной специальности соответствующих компетенций [3, 16, 17, 19]. Знание основных методов научного познания, используемых естественными науками, областей и границ их применения, а также представление об уровнях научного познания и лежащих в его основе принципах, является обязательным условием формирования общекультурных компетенций у студентов педагогических вузов.

При изучении темы «научный метод познания» студенты на семинарских занятиях знакомятся с описанием основных методов, с понятием «уровни научного познания», с принципами научного познания и этикой научных исследований. Задача преподавателя при этом заключается в том, чтобы обратить внимание учащихся на ключевые слова для исключения ошибок при тестировании [49]. Например, в

определении эксперимента ключевыми словами являются «исследование объектов в контролируемых и управляемых условиях», а условие воспроизводимости результатов эксперимента определяется как критерий его истины. Наблюдение как метод научного познания должно не только опираться на чувственные способности человека, но и быть преднамеренным и целенаправленным изучением объекта. Измерение не только подразумевает использование специальных технических устройств, но и позволяет, в зависимости от природы изучаемого объекта, описать его состояние либо точными значениями измеряемых величин, характеризующих объект на данный момент времени (если эти значения однозначно связаны между собой в соответствии с динамическими теориями), либо вероятностями, с которыми та или иная величина, характеризующая объект, принимает заданное значение (если вероятности тех или иных значений физических величин однозначно связаны между собой в соответствии со статистическими теориями). Ответ на вопрос о месте специальных методов физики в классификации методов познания становится очевидным уже при их кратком перечислении. Например, методы спектрального или рентгеноструктурного анализа не могут быть определены как общенаучные, философские или математические, поскольку относятся к частнонаучным.

При рассмотрении формально-логических методов исследования особое внимание следует уделить индуктивному и дедуктивному методам. При их изучении необходимо объяснить учащимся, что эти методы различаются не только по направлениям движения рассуждения, но и по отношению к логическому закону, устанавливающему связь посылок и заключений. В дедуктивном умозаключении связь посылок и заключения опирается на логический закон, в силу чего заключение с логической необходимостью следует из принятых посылок и не может содержать информацию, отсутствующую в его посылках. В индуктивном умозаключении связь посылок и заключения не опирается на логический закон, поэтому заключение вытекает из принятых посылок с некоторой вероятностью [32].

Особым видом использования формально-логических операций является метод мысленного эксперимента, построенный на мысленном моделировании объекта исследования и установлении характера его поведения при изменении каких-либо параметров или условий

функционирования. В качестве примера можно привести рассуждения В. Гейзенберга об использовании воображаемого микроскопа для измерения положения и импульса электрона, рассеивающего падающие на него фотоны. Этот прием, иллюстрирующий принцип неопределенности, известен как «микроскоп Гейзенберга». Известны также мысленные эксперименты по проверке принципа неопределенности А. Эйнштейна и Р. Фейнмана, рассматривавших прохождение частиц через щели [52].

Изучение различных методов научного познания, их особенностей, областей и границ применимости позволяет рассмотреть понятие уровня научного познания и выделить эмпирический и теоретический уровни в зависимости от используемых методов. Можно добавить, что эти два уровня отличаются также и особым языком, например, в теоретическом исследовании используются понятия «материальная точка», «абсолютно черное тело» и др. В свою очередь, полученные учащимися знания о методах и уровнях научного познания позволяют познакомить их с гипотетико-дедуктивной моделью научного познания, описывающей алгоритм движения от фактов, полученных вначале в результате наблюдения, через реальный, а затем мысленный эксперимент к первичному эмпирическому обобщению, формированию гипотезы, ее проверке на практике и, наконец, к формулировке закона и созданию теории. Необходимо при этом обратить внимание на то, что хотя в целом дедукция исходит из уже познанных законов и принципов, но в рамках гипотетико-дедуктивной модели научного познания дедуктивное умозаключение строится на основе более или менее обоснованных гипотез и поэтому будет иметь вероятностный характер.

При изучении общенаучных методов исследования также обязательно следует рассмотреть интуитивные методы, поскольку интуитивный поиск в настоящее время приобретает все большее значение. В зависимости от степени использования интуиции можно выделить такие стратегии исследования, как случайный поиск, интуитивный поиск, интуитивно-целевой поиск и др.

Тема «научный метод познания» предусматривает также рассмотрение принципов научного познания, таких как принцип верификации, принцип фальсификации, принцип дополнительности и принцип соответствия.

Понятие верификации используется в логике и методологии научного познания для обозначения процесса установления истинности



научных утверждений. Следует рассмотреть со студентами различие между непосредственной и косвенной верификацией. При непосредственной верификации научное утверждение о каких-либо фактах действительности и экспериментальных данных подвергается эмпирической проверке. Если же утверждение относится к идеальным или абстрактным объектам, оно верифицируется косвенным путем, т.е. непосредственно эмпирической проверке подвергается следствие, выведенное из представленного утверждения по отношению к конкретным реальным объектам. Принцип фальсификации дополняет принцип верификации, так как в соответствии с ним научным может быть только принципиально опровергаемое знание, т.е. могут быть сформулированы условия хотя бы косвенной проверки утверждаемого тезиса. Таким образом, принципы верификации и фальсификации прежде всего связаны с вопросами разграничения науки и псевдонауки, т.к. неверифицируемость и/или нефальсифицируемость псевдонаучных данных является одним из отличительных признаков псевдонауки, наряду с фрагментарностью, некритическим подходом к исходным данным, невосприимчивостью к критике, несоответствию фактам, отсутствием общих законов и нарушением этических норм.

Принцип дополнительности является важнейшим принципом научного познания, поскольку имеет не только частнонаучное, но и общенаучное значение. Впервые принцип дополнительности был сформулирован применительно к квантово-механическим явлениям, для которых получение экспериментальной информации об одних физических величинах, характеризующих микрообъект, связано с потерей информации о некоторых других физических величинах, дополнительных к первым. Это связано с невозможностью невозмущающих измерений в квантовой механике в результате неизбежного взаимодействия микрообъекта с макроприбором. Следствием невозможности невозмущающих измерений и является соотношение неопределенностей. Например, для микрообъекта нельзя одновременно с одинаковой точностью определить такие дополнительные величины, как координата и импульс (скорость), энергия и время, кинетическая и потенциальная энергия, напряженность электромагнитного поля и число фотонов, но можно одновременно определить либо координату и время, либо энергию и импульс. Впоследствии этот принцип приобрел расширенную трактовку по

отношению к методам научного познания, постулировав, что всякое истинное явление природы не может быть определено однозначно с помощью слов нашего языка и требует для своего определения, по крайней мере, двух взаимоисключающих дополнительных понятий. В качестве примера здесь можно напомнить студентам, что в биологии процесс обмена веществ (метаболизм) описывается такими двумя взаимоисключающими понятиями, как анаболизм и катаболизм.

Более того, тенденции развития современной науки также оказались тесно связаны с проявлением принципа дополнительности по отношению к основным положениям естественнонаучного знания. Прежде всего начинает пересматриваться место науки в общей системе человеческой культуры и мировоззрения. Если неклассическая (современная) наука отводила ведущую роль в формировании мировоззрения рациональному научному познанию, то постнеклассическая наука признает равноправие всех сфер человеческой деятельности и культуры (т.е. науки, религии, философии и искусства) и допускает возможность нерациональных способов познания действительности.

Невозможность невозмущающих измерений микрообъектов привела к размыванию границ между понятиями наблюдатель (субъект) и объект измерения и формированию вследствие этого нового понимания окружающего мира как субъекта с вариативностью развития, обусловленной бесконечным разнообразием взаимодействующих открытых систем (гипотеза струн).

Очевидной становится и тенденция перехода от традиционного разграничения естественных, технических и общественных наук к интенсификации междисциплинарных исследований и возникновению таких новых научных направлений, как социобиология, разрабатывающая пограничные проблемы естественнонаучной и социогуманитарной сфер знания, и биополитика, направленная на обнаружение эволюционно-биологических корней политических систем и изучение физиологических параметров политического поведения.

Выдвижение на первый план критериев субъективности изменило и задачи, стоящие перед наукой. В отличие от нацеленности современной науки на подготовку человека как субъекта познания, постнеклассическая наука рассматривает человека как субъект исторического процесса, т.е. в первую очередь как личность. В силу этого в объективно истинном

научном знании, характерном для неклассической науки, начинают допускаться элементы субъективности.

Таким же общенаучным методом познания стал и принцип соответствия, также выведенный вначале из принципа дополнительности и требующий введения необходимых ограничений на создание научных теорий и проведение на их основе теоретических расчетов поведения микрочастиц. В расширенной трактовке принцип соответствия означает сохранение прежних научных теорий как частного случая новых теорий. В качестве примера можно рассмотреть со студентами соответствие специальной теории относительности и классической механики, чьи предсказания совпадают при малых скоростях движения, соответствие общей теории относительности и классической механики, чьи предсказания совпадают в слабых гравитационных полях, и соответствие динамических и статистических теорий, чьи предсказания совпадают, когда можно пренебречь флуктуациями.

Изучение основных принципов научного познания также рекомендуется дополнить принципами диалектического метода, поскольку присущая им объективная детерминированность служит основанием для их использования в качестве средства познания [50]. Такие важнейшие принципы, как объективность, историзм и принцип противоречия, а также основные законы материалистической диалектики (закон единства и борьбы противоположностей, закон взаимного перехода количественных и качественных изменений, закон отрицания отрицания) являются всеобщими, действующими и в природе, и в обществе.

При этом необходимо заметить, что рассматриваемые при изучении естественных наук конкретные методы, используемые на эмпирическом и теоретическом уровнях научного познания, касаются, как правило, лишь отдельных сторон исследуемого предмета или же определенного приема исследования. В то же время главная цель изучения естественнонаучных дисциплин – формирование у студентов целостного естественнонаучного мировоззрения, т.е. понимания сущности естествознания как совокупности наук о природе, рассматриваемой как единое целое, может быть достигнута только в рамках системного подхода, направленного на изучение объектов как элементов некоторой целостности, связанных между собой определенными отношениями [42, 54, 55].

Задача исследователя при этом состоит в определении состава, структуры и организации элементов и частей системы, обнаружении главных связей между ними, выявлении внешних связей, выделении из них главных и определении функции системы и ее роли среди других систем. Задача же преподавателя будет заключаться в том, чтобы на конкретных примерах продемонстрировать наличие у всех природных объектов, изучаемых различными фундаментальными естественными науками, общих принципов организации и общесистемных свойств, таких как иерархичность и единые механизмы саморегуляции, самоорганизации и эволюции [45, 47].

Принцип иерархической соподчиненности играет ключевую роль в обеспечении функционирования и развития всех природных систем. При этом следует отметить, что иерархичность характерна как для элементов отдельных систем, так и для совокупности всех природных систем, образующих единый иерархический ряд. В качестве примера можно рассмотреть иерархические ряды различных природных систем: физических, химических, биологических, астрономических и социальных, отметив, что иерархичность природных структур является отражением системности природы, поскольку структуры каждого уровня входят как подсистемы в структуру более высокого уровня, обладающую интегративными свойствами. Таким образом, изучение иерархического принципа организации природных систем позволяет раскрыть все связи природных объектов по вертикали, а для демонстрации связей между отдельными иерархическими рядами (т.е. связей по горизонтали) мы рекомендуем использовать в качестве примера существование переходных форм. Например, вирусная частица, являющаяся переходной формой между живым и неживым, связывает иерархический ряд химических систем на уровне молекулы с иерархическим рядом биологических систем на уровне клетки, а существовавшая в историческом прошлом человечества социальная группа, называемая семейно-стадной, связывает иерархический ряд биологических систем на уровне многоклеточного организма с иерархическим рядом социальных систем на уровне семьи.

Принцип иерархии, в свою очередь, тесно связан с концепцией структурных уровней, в соответствии с которой, например, объекты изучения физических наук находятся на субатомном и атомном уровнях.

Учитывая вышесказанное, можно сделать вывод, что иерархическая организация природных систем, с одной стороны, делает возможным независимое изучение отдельных систем, что отражается в существовании множества научных отраслей и направлений, но, с другой стороны, вызывает необходимость при изучении отдельной системы учитывать ее положение в общем иерархическом ряду, как с целью формулировки более обоснованных выводов о ее свойствах, так и с целью более достоверного прогнозирования ее поведения при внешнем воздействии.

Основным смыслом структурной иерархии является составная природа вышестоящих уровней (систем) по отношению к нижестоящим (подсистемам). То, что для низшего уровня есть структура, для высшего есть бесструктурный элемент хаоса, строительный материал. При этом элементы, связываясь в структуру, передают ей часть своих функций, которые теперь выражаются от лица всей системы, причем на уровне элементов этих понятий могло не быть. В свою очередь, свойства системы зависят от свойств входящих в нее подсистем, но полностью ими не определяются, так как система всегда проявляет свои собственные системные свойства. Это свойство интегративности (или иначе принцип эмерджентности) можно продемонстрировать на многочисленных примерах их области физики, химии и биологии.

Важно показать при этом, что иерархичность организации также лежит в основе механизмов саморегуляции, функционирование которых обеспечивается как большим внутренним разнообразием элементов системы, так и их иерархической соподчиненностью, в результате чего элементы высшего уровня играют роль управляющего параметра по отношению к элементам нижнего уровня, регулируя свою стратегию по принципу обратной связи. Выполнение этих двух условий для осуществления процессов саморегуляции (большое внутреннее разнообразие и наличие механизмов обратной связи) можно проиллюстрировать многочисленными примерами из всех областей естественнонаучного знания.

Так, разнообразие физических и химических систем проявляется на нижних структурных уровнях в существовании шести видов кварков (при этом каждый из них может находиться в трех различных состояниях), большом разнообразии образованных ими адронов, существовании 118 видов химических элементов, огромном

разнообразии молекул и надмолекулярных структур, а на высших уровнях - в разнообразии видов и форм космических объектов. Разнообразие биологических систем также проявляется на всех структурных уровнях. Это разнообразие внутриклеточных структурных элементов, клеток, органов и тканей, видовое и биоценотическое разнообразие.

При раскрытии механизма обратной связи необходимо прежде всего показать, что его целью является изменение стратегии управляющего параметра в зависимости от изменения ответной реакции подчиненной системы.

Отрицательная обратная связь означает, что направление изменения результирующего параметра не совпадает с направлением изменения управляющего этим параметром воздействия. В этом случае стратегия управляющего звена будет направлена на достижение стандартных значений, т.е. будет способствовать процессу стабилизации системы. Примерами саморегуляции систем по механизму отрицательной обратной связи является функционирование буферной системы Мирового океана, обеспечивающей постоянство содержания диоксида углерода в атмосфере, смещение равновесия по принципу Ле-Шателье в обратимых химических реакциях, регуляция конечным метаболитом в биохимических реакциях, онтогенетические механизмы гомеостаза, основанные на работе нервной, гуморальной и иммунной систем, регуляция численности популяций и др. [14, 47].

Положительная обратная связь, напротив, означает, что направление изменения результирующего параметра совпадает с направлением изменения управляющего этим параметром воздействия. В этом случае стратегия управляющего звена будет направлена на дестабилизацию системы.

В то же время в сложных системах, к которым относятся прежде всего биологические объекты, наблюдается сочетание механизмов отрицательной и положительной обратной связи, которые переключаются в зависимости от характера воздействия среды. Одновременное наличие петель положительной и отрицательной обратной связи наблюдается также в сверхсложных природных процессах, для которых характерно состояние динамического хаоса, например, атмосферные процессы, погода и климат, планетные системы и др. Здесь положительные обратные связи обеспечивают развитие



системы, рост ее сложности и разнообразие элементов, что приводит к периодической перестройке системы и ее переходу в новое качественное состояние. Таким образом, механизмы положительной обратной связи играют ключевую роль в процессах самоорганизации.

Под самоорганизацией понимаются такие процессы, в результате которых возникает, воспроизводится или совершенствуется порядок или структура в системе. Теоретическую базу процессов самоорганизации составляют синергетика, кибернетика и теория диссипативных структур [42, 53].

Диссипативными являются все природные системы, так как в них, по определению И.Р. Пригожина, внутреннее производство энтропии за единицу времени в единице объема не равно нулю, т.е. такие системы находятся в состоянии текущего равновесия. Система в состоянии текущего равновесия является устойчивой, поскольку в ней поддерживается неупорядоченное однородное состояние в соответствии с принципом Ле-Шателье–Брауна. При определенных условиях внутреннее производство энтропии в такой системе может уменьшиться за счет обмена потоками (веществом, энергией, информацией) с внешней средой и система переходит в неустойчивое состояние, которое кардинально отличается от стабильного состояния по целому ряду характеристик. Если в стабильном состоянии в системе преобладают отрицательные обратные связи и в целом поведение системы является предсказуемым, то переходное состояние характеризуется преобладанием механизмов положительной обратной связи и крупномасштабными флуктуациями.

Новая устойчивая структура может возникнуть в такой неравновесной системе за счет наличия положительной обратной связи между случайной флуктуацией и новым состоянием.

Если в результате самоорганизации система остается на том же структурном уровне, то такие процессы относят к эволюционным. Поскольку эволюция представляет собой последовательность актов самоорганизации, то регулятором эволюционного процесса также выступает внешняя среда.

Общее направление развития системы при этом определяется влиянием систем высшего уровня в соответствии с принципом подчинения Г. Хакена и выражается в существовании так называемой «креативной триады», в которой управляющие долгоживущие параметры

высшего уровня взаимодействуют с короткоживущими переменными низшего уровня, что приводит к появлению новых параметров порядка среднего уровня.



## Глава II. Структура и содержание курсов естественнонаучных дисциплин

### 1. Эволюция научной картины мира

При изучении проблем естествознания обязательным является исторический подход, позволяющий наглядно продемонстрировать проявление одного из основных принципов современного естествознания – принцип соответствия, т.е. проследить основные этапы становления и развития фундаментальных наук. Такие ключевые моменты в развитии научного знания (научные революции) приводят к формированию новых научных картин мира. При рассмотрении этого понятия следует обратить внимание учащихся на то, что термин «картина мира» используется в разных смыслах: для обозначения мировоззренческих структур, лежащих в фундаменте культуры определённой исторической эпохи, т.е. как целостный образ мира, включающий представления о природе и обществе; для обозначения системы представлений о природе, складывающихся в результате синтеза естественнонаучных знаний, и, наконец, видение предмета конкретной науки, которое складывается на соответствующем этапе её истории и меняется при переходе от одного этапа к другому.

В связи с этим можно рассмотреть классификацию естественнонаучных картин мира, основанную на специфике изучаемых природных объектов и явлений, т.е. ввести понятие астрономической, физической, химической и биологической картин мира [20, 25], отметив, что их развитие может быть описано как последовательность естественнонаучных революций. Например, очередным этапом естественнонаучной революции в биологии можно считать формирование экологической картины мира [27,40]. Таким образом, картину мира можно определить как целостное миропонимание, синтезирующее знания на основе определенного систематизирующего начала и определяющее мировоззренческую установку человека, его ценностные поведенческие ориентиры.

В естественнонаучной картине мира таким систематизирующим началом является научный принцип. Поскольку в процессе развития науки происходит постоянное обновление знаний, идей и концепций, то на разных этапах ее развития происходит смена систематизирующих принципов. Поэтому любая научная картина мира является

принципиально незавершенной, что обозначается как принцип историзма.

На современном этапе развития естествознания, который определяется как постнеклассический, такими принципами являются принцип системности и принцип глобального эволюционизма. В соответствии с системным подходом природные объекты рассматриваются как системы, что, с одной стороны, приводит к необходимости разработки новых методологических принципов их исследования, а, с другой стороны, позволяет решить проблему целостности, делая акцент в определении системы на наличие у нее интегративных качеств, не свойственных образующим ее элементам. При раскрытии понятия системности особое внимание учащихся следует обратить на принцип иерархии, лежащий в основе структурной организации материи, поскольку иерархичность природных структур отражает системность природы, и в отношениях иерархической соподчиненности находятся не только элементы каждой отдельной природной системы, но и все природные системы, образующие единый иерархический ряд [45].

С другой стороны, в соответствии с расположением в этом едином иерархическом ряду объектов, являющихся предметом изучения отдельных фундаментальных наук, немецким химиком Ф. Кекуле предложено понятие иерархической лестницы естественных наук, каждая ступень которой является фундаментом для следующей науки, основывающейся на данных предшествующей. В этом ряду нижнее положение занимает физика, выполняющая роль фундамента для химии, а химия, в свою очередь, является фундаментом для биологии. В соответствии с этими фундаментальными науками, являющимися составными частями естествознания, существует и понятие частнонаучных картин мира – физической, химической и биологической.

## 2. Физическая картина мира

В иерархии естественных наук базовое положение занимает физика, отвечающая на такие фундаментальные вопросы, как представления о материи, движении, взаимодействии, пространстве и времени. Сущность каждой из этих категорий физической картины мира претерпевала изменения в ходе развития научного знания, описываемого как последовательное осуществление естественнонаучных революций:

аристотелевской, ньютоновской (постаристотелевской), эйнштейновской (постньютоновской) и пригожинской (постэйнштейновской) [34]. Так, изменение понятия материи следует проследить от атомистических и континуальных концепций на стадии натурфилософии к механистической концепции дискретного строения вещества, как единственной формы материи, далее к пониманию материи как единого непрерывного поля с точечными силовыми зарядами в электромагнитной картине мира, затем к признанию трех форм материи (вещество, физическое поле и физический вакуум) и, наконец, к открытию сложного строения так называемых «элементарных частиц» (кварковая теория строения вещества). Изучение материи на уровне микромира подтвердило сформулированную ранее концепцию иерархичности строения природных объектов и существование у микрочастиц интегративных свойств. Примером может служить разное время жизни свободных нейтронов и нейтронов в составе атомного ядра. Современные представления о материи являются, таким образом, с одной стороны, продолжением атомистической исследовательской программы Левкиппа и Демокрита о телах. как соединении дискретных атомов, и, с другой стороны, эти представления непрерывно развиваются: открыты новые виды материи, доказан корпускулярно-волновой дуализм частиц микромира, развивается теория кваркового строения вещества, сформулированы основные положения квантово-полевой картины мира, такие как принцип дополнительности, принцип соотношения неопределенностей и др., переосмысливается характер взаимосвязи микро- и мегамиров. Возникновение и развитие этих новых представлений связано с именами Максвелла, Фарадея, Лоренца, Планка, Дирака, Де Бройля, Бора, Гейзенберга, Резерфорда, Столетова, поэтому необходимо знакомить учащихся с их теоретическими разработками и экспериментальными исследованиями.

Аналогичным образом следует показать развитие представлений о движении от механистического понимания движения как единственной формы движения к представлению о движении как перемещению зарядов в электрическом поле, далее к признанию множественности форм движения. Следует заметить, что на такое понятие, как формы движения материи, принцип иерархии также распространяется. В качестве основных выделяются такие формы движения, как взаимопревращения элементарных частиц и полей, ядерные превращения, внутриатомные

процессы, химические превращения, биологическая форма (обмен веществ, процессы на клеточном уровне, физиологические процессы и т.д.), геологическая форма движения (изменения в геосистемах: материках, слоях земной коры и т.д.), социальная форма (процессы, происходящие в обществе), различные космические процессы и др. Выделяют также так называемые общие формы движения, реализующиеся на различных структурных уровнях материи и представляющие собой общие способы существования, общие типы функционирования систем различной вещественной природы. К таким общим формам относят механическую, физическую, химическую, биологическую и информационно-кибернетическую формы. На современном этапе развития естествознания сформулирован принцип универсального эволюционизма, постулирующий понятие эволюционного процесса как универсальной формы движения. В соответствии с принципом иерархии высшие формы движения содержат в себе в подчиненном виде относительно более простые формы, поэтому нельзя сводить высшие формы движения к низшим, игнорируя их качественное своеобразие, но нельзя и отрывать высшие формы движения от низших, абсолютизируя их специфику.

Новое развитие получили также представления о фундаментальных взаимодействиях, открыты ядерные взаимодействия адронов и цветное взаимодействие кварков, создана теория Великого Объединения. При рассмотрении понятия взаимодействия следует также обратить внимание на неоднократную смену концепций близкодействия и дальнего действия, вызванную развитием представлений о различных типах взаимодействий, и проследить историю открытия этих взаимодействий, начиная от первого (гравитационного) и до пятого (цветового).

Кардинально со времен Ньютона изменились представления о пространстве и времени, которые рассматриваются теорией относительности А.Эйнштейна как элементы единого четырехмерного континуума. Основные эффекты специальной и общей теории относительности, такие как замедление времени, сокращение линейных размеров тел, искривление световых лучей и другие, вытекают из анализа соответствующих математических выражений, с которыми необходимо знакомить учащихся, так же как и с экспериментальными доказательствами этих предсказанных теорией эффектов.

При изучении концепций пространства и времени следует показать переход от концепции абсолютности пространства и времени к признанию их относительности, т.е. зависимости их от материи и наличия связи между собой, ведущей к возникновению единого четырехмерного мира.

Такое представление о категориях пространства и времени явилось развитием континуальной исследовательской программы, в рамках которой осуществился переход от представлений Аристотеля о соединении в каждой вещи непрерывной бескачественной материи и некоторой формы до признания современной наукой трех видов материи и подтверждения аристотелевской концепции близкодействия, а также произошел окончательный отказ от гипотезы «мирового эфира».

Космологическая исследовательская программа физической картины мира развивает космологические представления Аристотеля о разделении мира на подлунный и небесный до современных представлений о строении и эволюции Вселенной.

Изучение свойств пространства и времени, в частности, законов сохранения массы, энергии, импульса и момента импульса, может также служить примером развития в историческом плане понятия принципа симметрии [21]. Уже первые космологические системы античной картины мира были основаны на идее центрально-симметричной Вселенной. Позднее были сформулированы понятия однородности и изотропности пространства и однородности времени, т.е. в механической (ньютоновской) картине мира основополагающим стал принцип пространственно-временной (или геометрической) симметрии. С развитием новых областей физики – термодинамики, оптики, электродинамики, и открытием законов сохранения принципы инвариантности и относительности начали связываться с идеями симметрии. В 1918 г. Э.Нетер на основе анализа уравнений теории относительности А.Эйнштейна сформулировала законы сохранения для различных способов перехода от одной инерциальной к другой. Так, при переносах системы координат в пространстве выполняется закон сохранения импульса как следствие трансляционной симметрии, присущей однородному пространству, при трехмерном пространственном вращении сохраняется момент импульса вследствие поворотной симметрии изотропного пространства, при сдвиге начала

отсчета во времени сохраняется энергия как следствие временной симметрии однородного времени.

В явлениях микромира классические законы сохранения также нашли полное подтверждение. Так, законы сохранения массы и электрического заряда оказались справедливы в опытах по искусственному расщеплению атомного ядра азота при бомбардировке его  $\alpha$ -частицами, а законы сохранения энергии, импульса и количества движения окончательно подтвердились после открытия нейтрино, рождающегося при  $\beta$ -распаде.

Наряду с этим изучение неизменности явлений при внутренних изменениях полей или частиц привело к возникновению понятия динамической (внутренней) симметрии, обуславливающей такие законы сохранения, как сохранение барионного и лептонного зарядов, изотопического спина и др. При этом необходимо отметить, что поскольку пространство, время, движение и входящее в него взаимодействие внутренне связаны между собой, существует и внутренняя связь между геометрической и динамической симметриями. В результате динамические симметрии могут быть выражены в геометрической форме. Данный пример показывает наличие преемственности в отношении научных понятий, что является проявлением главного принципа развития науки – принципа соответствия.

Развитие представлений о причинности и соотношении между закономерностью и случайностью показывается как смена механистического (лапласовского) детерминизма и принципа причинности в электромагнитной картине мира, постулирующих однозначные причинно-следственные связи как отражение того, что в основе мироздания лежат динамические законы, вероятностным детерминизмом, постулирующим многозначные причинно-следственные связи как признание того, что в основе мироздания лежат статистические закономерности, соотношение которых с динамическими теориями выражается принципом соответствия. Так, предсказания общей теории относительности и классической механики совпадают в слабых гравитационных полях, а специальной теории относительности и классической механики – при скоростях, далеких от скорости света. Квантовые свойства объекта оказываются несущественными при рассмотрении макроскопических объектов, т.к. квантовые эффекты



существенны лишь при рассмотрении величин, сравнимых с постоянной Планка, поэтому в макромире справедливы представления классической физики.

При этом следует отметить, что современное содержание принципа причинности является составной частью концепции глобального эволюционизма как обоснование непредсказуемости эволюционного развития.

Основополагающая роль физических концепций в развитии естествознания подтверждается тем, что их смена меняет и картину, или модель, мира. Так, открытие аберрации света и опыты Фуко с маятником подтвердили гелиоцентрическую модель мира, а открытие красного смещения в спектрах дальних галактик подтверждает гипотезу Большого Взрыва, так как оно может свидетельствовать, согласно эффекту Доплера, о взаимном удалении галактик. Открытие реликтового излучения может быть доказательством возникновения Вселенной из первоначального сингулярного состояния. С учетом этих научных открытий стал возможен переход от гелиоцентрической стационарной модели Вселенной к полицентрической модели эволюционирующей Вселенной.

### 3. Химическая картина мира

При изучении химической картины мира программой предусмотрено знакомство учащихся с современной теорией строения атома, с теорией происхождения химических элементов, с химической термодинамикой, с закономерностями протекания химических процессов, их качественной и количественной характеристикой, а также с теорией катализа, основанной на представлениях о переходном состоянии и энергии активации. Также в связи с широким использованием в народном хозяйстве синтетических полимерных материалов программой предусмотрено изучение механизма реакций полимеризации и поликонденсации. Эта тема имеет большое значение еще и постольку, поскольку все основные биологические молекулы, такие как белки, нуклеиновые кислоты и полисахариды, являются полимерами, синтезирующимися в организме по механизму поликонденсации, поэтому знание этого механизма необходимо при изучении соответствующего раздела биологии. Вместе с тем изучение частнонаучных концепций химической картины мира должно сочетаться

с выявлением у изучаемых химией объектов общих принципов организации и рассмотрением законов их функционирования с точки зрения общенаучных концепций саморегуляции, самоорганизации и глобального эволюционизма.

В химии объектами изучения являются атомы, молекулы, кристаллы и минералы, при этом в общем иерархическом ряду всех природных систем они оказываются связанными как с объектами изучения физики (атомами и субатомными частицами), так и с объектами изучения биологии (через биомолекулы), выражением чего является такое понятие, как иерархическая лестница естественных наук («лестница Кекуле»).

Взаимосвязь химии с физикой основывается на том, что ключ к объяснению строения молекул и их химических свойств лежит в строении атома, в квантовомеханических закономерностях систем, состоящих из элементарных частиц. Исходя из этого, целесообразно расширить определение химии как науки: обычно химию определяют как науку о химических элементах и их соединениях, а с учетом вышесказанного можно определить химию как науку о превращениях веществ, связанных с изменением электронного окружения атомных ядер. Взаимосвязь химии с биологией основывается на том, что процессы жизнедеятельности представляют собой совокупность химических реакций, которые сочетаются между собой во времени и протекают в строгой последовательности. Соблюдение такой последовательности обеспечивает участие в биохимических реакциях ферментов – катализаторов белковой природы, механизм действия которых описывается общей теорией катализа, разработанной в рамках химической науки.

Существование связей между элементами системы по вертикали (связи субординации) и по горизонтали (связи координации) обеспечивают целостность системы, выражающуюся в том, что свойства системы не сводятся к сумме свойств, входящих в нее элементов. Этот так называемый принцип эмерджентности является вторым основным принципом организации природных систем. Для объектов химии проявление этого принципа становится очевидным при сравнении свойств любой молекулы со свойствами образующих ее атомов, например, при сравнении свойств атомов кислорода и водорода в свободном состоянии и свойств молекулы воды. Положительный эффект



объединения проявляется даже при образовании системы из относительно однородных системных единиц. Примером такого кооперативного эффекта может служить высокая реакционная способность молекул гемоглобина, состоящих из четырех пептидных цепей, имеющих глобулярную конфигурацию. Скорость связывания молекул кислорода глобулами в составе такого тетрамера намного превышает скорость его связывания отдельными глобулами.

Показав подчинение химических систем общим принципам организации систем, необходимо далее показать на конкретных примерах наличие у химических объектов таких общих системных свойств, как способность к самоорганизации, саморегуляции и эволюционному развитию. Проявление этих свойств обусловлено большим внутренним разнообразием элементов систем и существованием механизмов обратной связи. Для химических систем проявление внутреннего разнообразия заключается в разнообразии химических элементов, молекул и надмолекулярных структур. При этом, как и в других природных системах, это разнообразие является избыточным. Так, даже одинаковые атомы в кристаллической решетке обладают функциональным разнообразием, обусловленным их различным расположением в узлах, поэтому вещества, обладающие одним и тем же элементным составом, могут образовывать различные кристаллические структуры (таким наиболее известным примером является аллотропия углерода, проявляющаяся в существовании карбида, графита, алмаза и фуллерена). Разнообразие химических элементов существенно повышается из-за наличия изотопов, а разнообразие молекул – за счет существования изомеров, различающихся пространственным расположением атомов в молекуле. При всем этом число вариантов организации жестко лимитировано, что приводит к существованию структурных аналогий и гомологий: гомологические ряды органических молекул, спиральные структуры биополимеров (полисахаридов, полипептидов, полинуклеотидов), наличие всего семи кристаллографических симметричных систем для более чем трех тысяч известных минералов. При этом различные по химическому составу минералы часто образуют одинаковые кристаллические структуры, что описывается как изоморфизм. Все приведенные примеры являются проявлением еще одного общего принципа – так называемого «принципа молекулярной экономии».

Вторым условием для протекания процессов саморегуляции и саморазвития является наличие в системе механизмов обратной связи, которые обеспечивают изменение состояния системы, являющееся реакцией на внешнее воздействие. При отрицательной обратной связи направление изменения управляющего каким-либо параметром системы воздействия не совпадает с направлением изменения этого результирующего параметра, вызванного изменением внешней среды. Примером могут служить буферные системы, где управляющим воздействием является скорость диссоциации слабой кислоты, а ответной реакцией является концентрация ионов водорода. Такой же механизм лежит в основе поддержания химического равновесия во всех обратимых реакциях. Этот принцип более известен как принцип Ле-Шателье – Брауна, и он соблюдается в работе всех природных систем [47]. При положительной обратной связи направление изменения управляющего каким-либо параметром системы воздействия совпадает с направлением изменения этого результирующего параметра, вызванного изменением внешней среды. В химии такое явление называется автокатализом, когда скорость образования вещества возрастает с увеличением его концентрации. Положительная обратная связь обычно приводит к неустойчивым состояниям системы и началу ее самоорганизации с целью противостоять тенденции разрушения средой. Таким образом, начало самоорганизации связано с усилением действия механизмов положительной обратной связи, в результате чего в системе происходит усиление и накопление флуктуаций, ведущее к ее качественной перестройке [53, 54]. При этом необходимо отметить, что в природе самоорганизация наблюдается только в так называемых диссипативных системах, существование которых поддерживается постоянным обменом со средой веществом или энергией, или и тем и другим одновременно. В химии же явление самоорганизации может также наблюдаться в замкнутых системах в самом начале реакционного процесса, когда система далека от равновесия. Если такая система является бистабильной, т.е. имеет два разных устойчивых стационарных состояния, то при добавлении к ней соединения, по-разному влияющего на два пути достижения стационарных состояний, возможно возникновение колебаний. Другим условием возникновения химических колебаний является такая обратная связь, когда продукт одной из стадий в реакционной цепи должен оказывать влияние на скорость собственного

образования. Такие реакции были изучены в 50-е годы XX века советскими учеными Б.П. Белоусовым и А.М. Жаботинским. Внешне колебательный процесс проявляется в периодическом изменении цвета раствора, что объясняется периодическими изменениями концентраций промежуточных продуктов.

При изучении явления самоорганизации необходимо обратить внимание учащихся на такое условие, как критичность новых элементов. Если скорость появления новых элементов будет ниже скорости исчезновения старых, система может остаться в исходном диссипативном состоянии. В отличие от этого, все эволюционные процессы являются необратимыми. Для химических систем это, прежде всего, эволюция химических элементов во Вселенной. Первыми химическими элементами были водород и гелий, образовавшиеся путем термоядерного синтеза в эпоху первичной рекомбинации, через 300-400 тысяч лет после Большого Взрыва. Через миллионы лет из протозвездного вещества, содержащего эти элементы, сформировались звезды первого поколения, в недрах которых в результате вторичного звездного нуклеосинтеза образовались новые химические элементы: углерод, кислород, азот и др., вплоть до железа и никеля, а через миллиарды и более лет образовались звезды второго поколения и начали возникать «тяжелые элементы» в звездах типа «красных гигантов» и при взрыве сверхновых. Большинство изотопов этих элементов могло образоваться за счет захвата нейтронов в процессах, идущих в недрах звезд, а часть изотопов образовывалась при коллапсе звезды под влиянием мощного излучения нейтрино.

Эволюция вещества нашей планеты происходила путем направленного распределения химических элементов в теле планеты и отбора химических элементов для образования органических молекул [20, 29].

Принципиальной особенностью такой химической эволюции является то, что отбор химических элементов происходил по-разному при образовании вещества планеты и живой материи. Так, содержание в земной коре так называемых органогенов (элементов, входящих в состав биомолекул) составляет десятые и сотые доли процента. Напротив, в живых организмах эти элементы (водород, углерод, фосфор, азот, сера, а также кислород) являются основными и их общая весовая доля в живой материи составляет 97,4%. Примерно 1,6% составляет общая весовая доля еще 11-ти элементов, которые принимают участие в различных

физиологических процессах, и 1% приходится на долю 20-ти элементов, характерных для отдельных специфических биосистем.

Наряду с изучением геохимической эволюции, химической наукой рассматриваются процессы самоорганизации и саморазвития химических систем, ведущие к возникновению более сложных и высокоорганизованных молекул, из которых могли образоваться первые одноклеточные организмы. Эти проблемы решаются эволюционной химией, которую можно назвать «предбиологией». Можно заметить, что в ходе такой химической эволюции, по аналогии с биологической эволюцией, происходит «химический естественный отбор» веществ. Прежде всего он проявляется в отборе химических элементов, входящих в состав живых организмов. Из 118 элементов основу живого составляют только шесть: углерод, водород, кислород, азот, фосфор и сера. Отбор этих шести так называемых органогенов обусловлен их способностью образовывать прочные ковалентные связи, причем из всех элементов, способных к образованию таких связей, органогены являются самыми легкими. Важной особенностью этих элементов является также способность образовывать кратные связи, что облегчает перестройку молекул, а также способность атомов углерода образовывать цепочечные или кольцевые структуры, выполняющие роль углеродных скелетов органических молекул. Все органогены могут соединяться друг с другом и с другими элементами в различных комбинациях, что обеспечивает огромное разнообразие органических молекул как по составу, так и по конфигурации. Атомы кислорода и водорода, кроме того, обеспечивают проявление молекулами окислительных и восстановительных свойств, а атомы фосфора и серы могут образовывать особо энергоемкие связи, называемые макроэргическими, что играет ключевую роль в процессах трансформации энергии в живой природе.

Наряду с направленным отбором химических элементов происходил и дальнейший отбор химических соединений. Подавляющее большинство известных химических соединений относится к органическим веществам, причем очень малая их часть входит в состав живых организмов.

Механизм хемогенеза современная химия рассматривает в рамках концепции о ведущей роли в отборе процессов катализа. В ходе самопроизвольных автокаталитических реакций, протекающих в неживой природе, отбирались наиболее эффективные катализаторы, а

также молекулы, структура которых способствовала повышению активности катализаторов или увеличению избирательности их действия. Такой отбор становился возможным, поскольку продукты автокаталитической реакции влияют на ее скорость и даже на возможность протекания. Таким образом, в ходе химической эволюции происходило саморазвитие каталитических систем, итогом которого могло стать использование молекул нуклеиновых кислот как в качестве носителей информации, так и одновременно в качестве катализаторов процессов самовоспроизведения.

В рамках же общей теории систем химическую эволюцию можно представить как последовательность актов самоорганизации, в которой каждый акт представляет собой выход из кризисного неустойчивого состояния, возникшего в результате временного изменения внутреннего состояния, например, появления нового вида молекул [20].

## 4. Биологическая картина мира

### 4.1. Концепции основных структурных уровней

При изучении биологической картины мира следует прежде всего ввести понятие структурных уровней природных биологических систем: молекулярно-генетического, клеточного, онтогенетического, популяционно-биоценотического и биосферного, и показать иерархичность их организации, после чего дать характеристику отдельных структурных уровней [23, 25].

К основным концепциям молекулярно-генетического уровня относятся концепции происхождения жизни и ее белковой природы, а также концепция биохимического единства, проявляющаяся в единстве элементного состава, универсальности генетического кода, единой природе и механизме действия биокатализаторов и единстве механизмов хранения, воспроизводства и реализации наследственной информации.

Рассмотрение этих концепций требует, прежде всего, формирования у учащихся базовых знаний об особенностях строения белков, нуклеиновых кислот и полисахаридов, составляющих молекулярную основу всех живых организмов благодаря способности образовывать пространственные и надмолекулярные структуры и разнообразию строения и свойств. При изучении особенностей строения этих биополимеров целесообразно использовать единый подход к

описанию их структуры, заключающийся в использовании единой терминологии химии полимеров и обобщением таких принципиальных характеристик строения всех биополимеров, как полярность ковалентного остова и уровни структуры.

При описании метаболических процессов следует рассмотреть принцип структурного и химического соответствия, играющий ключевую роль в осуществлении внутримолекулярных процессов и межмолекулярных взаимодействий [24]. Примером таких внутримолекулярных процессов может служить формирование пространственной структуры молекул белков и нуклеиновых кислот, основанное на взаимодействии определенных функциональных групп, обладающих химическим сродством. Строение молекул нуклеиновых кислот также подчиняется этому принципу соответствия. Так, молекула ДНК представляет собой двухцепочечную молекулу, цепи которой связаны водородными связями между определенными азотистыми основаниями, называемыми комплементарными. Аналогичные двухцепочечные участки образуются также при сворачивании и сгибах одноцепочечных молекул РНК.

На принципе структурного и химического соответствия основано и образование таких важных белково-нуклеиновых комплексов, как нуклеосомы (структурные единицы хроматина ядра), информосомы (комплексы иРНК с белком), рибосомы (рибонуклеопротеиновые частицы), сплайсингосомы (комплексы малых ядерных РНК с белками) и др.

Комплементарность играет важную роль в осуществлении различных процессов, таких как деление клеток, биосинтез белков и нуклеиновых кислот, каталитические процессы, реакции иммунитета, регуляторные процессы и др. [33]. Комплементарные взаимодействия лежат также в основе всех ферментативных реакций, в ходе которых субстрат вначале присоединяется к ферменту, а затем через ряд промежуточных стадий превращается в продукт. Связывание субстрата с ферментом происходит за счет гидрофобных взаимодействий, а также ионных и водородных связей, причем в большинстве случаев имеет место многоточечный характер связывания, что требует строгого соответствия в расположении активных группировок фермента и субстрата. Например, в молекуле химотрипсина участок связывания ароматических белковых цепей субстрата представляет собой впадину, размеры которой точно



соответствуют размерам ароматического кольца. Принцип структурного и химического соответствия также играет основополагающую роль в реакциях иммунитета с участием иммуноглобулинов плазмы крови (антител), способных избирательно реагировать с генетически чужеродными веществами (антигенами), что обусловлено комплементарностью между структурой активного центра антитела и структурой определенного участка антигена – антигенной детерминанты [39].

Как следует из приведенных примеров, эти общие принципы имеют глубокий смысл, находясь в тесной связи с биологическими функциями данных макромолекул, поэтому четкие представления о строении важнейших биомолекул и принципах внутримолекулярных и межмолекулярных взаимодействий станут необходимой основой для изучения таких разделов биологии, как физиология, генетика, эволюционное учение и многих других.

Важно показать также отличие живого вещества от неживого на молекулярном уровне, проявлением чего является, в частности, асимметрия (хиральность) биомолекул. Возникновение хиральности, т.е. нарушение зеркальной симметрии, явилось ключевым моментом для процессов хемогенеза и биогенеза [20]. Причиной возникновения такой асимметрии могли быть различные физические факторы. В неживой природе хиральные молекулы встречаются как в «правом», так и в «левом» варианте, т.е. они хирально нечистые. В живых организмах молекулы могут быть только одной определенной ориентации. Например, молекулы ДНК образуют спирали правого типа, все биогенные аминокислоты являются левовращающими, а глюкоза и виннокаменная кислота находятся в правовращающей форме. Отбор таких определенных форм связан с эволюцией соответствующих каталитических систем, и, с современной точки зрения, именно возникновение способности синтезировать хирально чистые молекулы провело биохимическую границу между живыми и неживыми системами в ходе хемогенеза.

В рамках концепции белковой природы жизни следует рассмотреть биологические функции белковых молекул: структурообразующую, транспортную, каталитическую, энерготрансформирующую, регуляторную и защитную. При этом необходимо отметить специфические свойства ферментативного катализа – чрезвычайно высокие скорость и избирательность благодаря

высокомолекулярной природе фермента, что дает возможность необходимых изменений пространственной конфигурации фермента, повышая тем самым эффективность катализа не только за счет направленной деформации субстрата, но и за счет ориентационной составляющей [10, 12].

При рассмотрении проблемы происхождения жизни следует ознакомить учащихся с историческими концепциями, такими как креационизм, панспермия, однократный абиогенез, постоянное самозарождение, стационарное состояние, дать критическую оценку современным гипотезам происхождения жизни, а также рассмотреть концепции голобиоза и генобиоза относительно молекулярной природы «доклеточного предка».

Концепциями клеточного уровня являются клеточная теория строения живых организмов, концепции аутогенеза и симбиогенеза и хромосомная теория наследственности.

На онтогенетическом уровне рассматриваются концепции эмбриогенеза и онтогенеза, вопросы обмена веществ и механизмы гомеостаза, представленные нервной, эндокринной и иммунной системами, а также вопросы трансформации энергии живыми организмами (хемосинтез, фотосинтез, гликолиз и окислительное фосфорилирование) и концепции цикличности и периодичности физиологических процессов.

На популяционно-биоценотическом уровне прежде всего решаются вопросы эволюции живых систем. Учащиеся должны быть ознакомлены с современной синтетической теорией эволюции, с историческими концепциями ламаркизма и дарвинизма, а также с альтернативными «недарвиновскими» гипотезами эволюции, такими как номогенез, сальтационизм, теория нейтральной эволюции, экосистемная теория эволюции и др.

В рамках современной теории эволюции должны быть сформулированы понятия о популяции как элементарной эволюционной структуре, о генофонде популяции как элементарном наследственном материале, об изменении генофонда популяции как об элементарном явлении эволюции, перечислены элементарные эволюционные факторы: мутационный процесс, популяционные волны, изоляция и естественный отбор, а также показаны различия в элементарных факторах и сроках протекания микроэволюции и макроэволюции.



На биосферном уровне сформулированы концепции единства живой и неживой природы, в связи с чем рассматриваются вопросы совместной эволюции (коэволюции) живого и неживого вещества планеты, для чего необходимо ознакомление учащихся с различными методами изучения эволюции (палеонтологией, биогеографией, морфологическими и эмбриологическими методами, методами генетики, биохимии, молекулярной биологии и др.).

Признание единства живой и неживой природы лежит также в основе концепции биосферы, в рамках которой рассматриваются вопросы структурной организации биосферы, основанной на принципе зональности строения [26]. Выделяют горизонтальную и вертикальную формы зональности. Наличие горизонтальной (географической) зональности вызвано характерным распределением энергии Солнца по широтам и неравномерностью увлажнения, при этом в различных поясах могут формироваться природные зоны, сходные по ряду существенных признаков - так называемые ландшафтные зоны, тип которых определяется величиной радиационного баланса. Здесь важно отметить, что этот так называемый периодический закон географической зональности является одним из общих законов организации природных систем, постулирующих периодическое повторение свойств в рядах систем одного иерархического уровня (закон периодичности строения системных совокупностей или системо-периодический закон) [48].

Вертикальная зональность биосферы проявляется в смене растительного и животного мира по мере подъема от уровня моря, а в гидросфере и литосфере - по мере опускания ниже уровня моря. Существование вертикальной зональности биосферы связано с зональным строением геосфер, которое, в свою очередь, определяется наличием градиентов температуры, давления, гравитации, химических и электромагнитных сил и др. В соответствии с тремя физическими оболочками планеты в биосфере выделяют три подсферы - аэробiosферу, населенную аэробиями, субстратом жизни которых служит влага воздуха и твердые частицы, поднимающиеся с поверхности земли; гидробiosферу, населенную гидробиями; геобiosферу – верхнюю часть земной коры, населенную геобиями [44].

Таким образом, ведущим средообразующим фактором в образовании подсфер является физическая фаза среды жизни: воздушно-водная в аэробiosфере, водная (пресноводная и соленоводная) в

гидробиосфере, твердовоздушная в террабиосфере и твердоводная в литобиосфере.

На основании вышесказанного можно сделать вывод об универсальном характере принципа зональности, что проявляется в строении твердого тела планеты (зональное строение земной коры: осадочные породы, метаморфические оболочки, граниты, базальты; мантии: верхняя и нижняя мантии; ядра: внешнее ядро, переходная область, внутреннее ядро), в строении атмосферы (тропосфера, стратосфера, мезосфера, термосфера, экзосфера) и гидросферы (зоны материкового плато, материкового склона и ложа океана). В свою очередь, живое вещество планеты, эволюционируя и развиваясь в разнообразных условиях окружающей среды, образовало многочисленные зоны в поле жизни. При этом границы зон биосферы и зон геосфер практически никогда полностью не совпадают, что является следствием высокой степени пластичности живых организмов и способности расширять свое поле жизни, включая в него участки планеты с экстремальными условиями. Целостность же биосферы обеспечивается пересечением незамкнутых глобальных, региональных и местных круговоротов веществ, образующих 8-9 уровней в пределах взаимосвязей семи основных вещественно-энергетических и одного информационного экологических компонентов [48], а взаимное проникновение вещества био-, гео- и гидросфер в пограничные зоны приводит к их совместной эволюции (коэволюции).

В рамках концепции биогеосферы рассматривается также вопрос о глобальных геохимических функциях живого вещества: энергетической, газовой, концентрационной, деструктивной и средообразующей, благодаря которым происходит эволюция геосфер планеты. Следует отметить, что эволюция геосфер осуществляется благодаря биогенной миграции атомов химических элементов в ходе функционирования биогеохимических круговоротов, поэтому необходимо дать понятия большого и малого круговоротов и рассмотреть биогеохимические принципы миграции – стремление к максимуму проявления и эволюция в направлении видов, увеличивающих биогенную миграцию.

Также в этом разделе рассматриваются концепции антропоцентризма и биоцентризма, связанные с местом и ролью человека в биосфере, включающие такие вопросы, как основные этапы эволюции рода *Homo* и его предшественников и особенности современного этапа

эволюции – возрастание роли социальных эволюционных факторов и ослабление биологических (движущего и дизруптивного отборов, изоляции, популяционных волн). Особо следует остановиться на вопросе о неолитической революции и ее экологических последствиях, а также рассмотреть проблему глобального экологического кризиса [4, 43].

В связи с этим следует также рассмотреть концепцию формирования экологической картины мира как очередного этапа естественнонаучной революции в биологии [27]. Глобальные экологические проблемы, вызванные действием антропогенных факторов и затрагивающие социальную сферу, вывели экологию, как науку, из перечня чисто биологических дисциплин и превратили её в новое междисциплинарное направление по исследованию процессов, связанных с взаимодействием биосферы и общества. По словам Ю. Одума, экология оформилась в «принципиально новую интегрированную дисциплину, связывающую физические и биологические явления и образующую мост между естественными и общественными науками» [37], т.е. современная экология вышла за рамки биологической науки и является комплексной, интегрированной, социально-естественной наукой. Доказательством этого является появление таких разделов экологии, как социальная, медицинская, историческая, этическая экология, что позволяет говорить о формировании экологической картины мира. Необходимо при этом напомнить, что на неизбежность формирования экологической картины мира как одного из решений проблемы космологии (т.е. проблемы понимания мира) указывал еще основоположник биогеохимии В.И. Вернадский, который писал: «В наше время рамки отдельной науки, на которые распадается научное знание, не могут точно определить область научной мысли исследователя... Проблемы, которые его занимают, все чаще не укладываются в рамки отдельной сложившейся науки. Мы специализируемся не по наукам, а по проблемам» [9].

Подтверждением этого является, в частности, современная экологическая политика, которая строится на различного рода экспертно-практических оценках и оказании экстренных мер по устранению критичности в состоянии экологической обстановки. Такая экологическая экспертиза проводится, как правило, по комплексу направлений, охватывающих различные стороны существования общества: экология водной среды и подземных вод, пахотных земель и

атмосферного воздуха, промышленных технологий и градостроительства, космической и радиационной экологии, экологии детства и экологии культуры и др.

#### 4.2. Системная характеристика биологических объектов

Рассмотрение вышеперечисленных частнонаучных концепций способствует глубокому пониманию учащимися достижений и проблем биологической науки. В то же время для формирования целостного естественнонаучного мировоззрения изучение конкретных биологических объектов и процессов целесообразно сочетать с выявлением у них общесистемных свойств, таких как общие принципы организации и общие закономерности функционирования и эволюционного развития, присущих не только биологическим объектам всех структурных уровней, но и объектам изучения других фундаментальных наук.

Прежде всего это принцип иерархии, проявляющийся в существовании иерархических рядов природных биологических систем (биополимеры – внутриклеточные органеллы – клетки – ткани – органы – многоклеточные организмы – популяции – виды) и природных экологических систем (особь – популяция – биоценоз — биосфера).

Использование сформировавшихся в рамках экологической картины мира понятий биогеоценоза (как интеграции конкретного сообщества с его природным ареалом) и биосферы (как интеграции всего живого вещества планеты со средой его обитания) позволит дополнить традиционную схему структурных уровней природных систем двумя интегральными блоками, расположенными на границе между системами живой и неживой природы и образующими самостоятельную иерархическую цепь, связывающую системы живой и неживой природы. Введение таких блоков позволит расширить понятие принципа иерархии, распространив его на эти системы, поскольку биогеоценозы являются подсистемами биосферы, а также позволит достигнуть более высокой степени обобщения.

Соответственно иерархии структур материи существует иерархия материальных процессов. На молекулярно-генетическом уровне это метаболические процессы, ферментные системы которых построены по принципу иерархического усложнения, в соответствии с которым работа ферментов регулируется промежуточными и конечными продуктами

обмена веществ. У высших организмов иерархичность присуща работе таких систем, как нервная, гормональная и иммунная. Так, центральная нервная система регулирует работу периферийной, а каскад процессов в иммунной системе, который запускается при попадании в организм генетически чужеродных веществ, начинается с активации лимфоцитов и заканчивается образованием антител. Гормональная система позвоночных представлена так называемой «гормональной осью» с гипоталамусом на вершине, гормоны которого – тиролиберин, люлиберин и соматостатин (сверхгормоны) регулируют функцию гипофиза, а гипофиз, в свою очередь, регулирует своими гормонами работу половых желез, щитовидной и поджелудочной желез и надпочечников [39].

В экологических системах можно выявить подобную иерархию в функционировании пищевых цепей, что приводит к понятию трофических уровней. В рамках же всей биосферы выделено восемьдесят уровней относительно самостоятельных круговоротов веществ в пределах взаимосвязей семи основных вещественно-энергетических экологических компонентов и восьмого – информационного. Глобальные, региональные и местные круговороты веществ незамкнуты и в рамках иерархии экосистем частично «пересекаются». Это вещественно-энергетическое, а отчасти и информационное «сцепление» обеспечивает целостность экологических надсистем вплоть до биосферы в целом [48].

На популяционном уровне сформулирована популяционная концепция рас, вводящая понятие четырех уровней меж- и внутривидовых различий, таких как индивидуумы, этносы, малые расы и большие расы, в зависимости от их вклада в общий объем генетического полиморфизма человека.

Иерархичность организации, в свою очередь, обуславливает свойство интегративности у систем высших уровней. Для биологических систем примером может служить, с одной стороны, наличие у отдельных организмов и у популяции таких общих свойств, как рост, дифференциация, саморегуляция, и, с другой стороны, появление у популяции системных свойств, таких как рождаемость, смертность, плотность, возрастная структура и др.

Если порядок изложения материала организован в соответствии с иерархией подсистем, то само изложение строится как последовательное

раскрытие в биологических объектах каждого уровня общесистемных качеств – способности к самоорганизации, саморегуляции и эволюционному развитию [23,25, 47]. Проявление всех этих качеств основано на таких свойствах природных систем, как открытость, нелинейность, большое внутреннее разнообразие и наличие механизмов обратной связи.

### **-молекулярный и клеточный уровни**

Внутреннее разнообразие биологических объектов на молекулярном и клеточном уровнях проявляется в разнообразии классов молекул и способности сложных биомолекул принимать различные пространственные конфигурации, в разнообразии клеточных структур и разнообразии клеток. Здесь необходимо обратить внимание на то, что специализированные внутриклеточные структуры выполняют функции, аналогичные функциям специализированных органов многоклеточных организмов, что дает основание считать клетку элементарной единицей живого.

Образование биомолекул и клеточных органелл является примером процесса самоорганизации, движущей силой которого на данном уровне выступает закон минимума внутренней энергии, в соответствии с которым взаимодействующие по принципу комплементарности или химическому сродству элементы образуют устойчивые структуры. Определяющая роль принципа комплементарности проявляется, например, при формировании третичной структуры белков, когда конфигурацию молекул белка определяет взаимодействие соответствующих аминокислот, и при образовании двойной спирали молекулы ДНК за счет взаимодействия комплементарных оснований. Процессы биосинтеза белка также основаны на комплементарных взаимодействиях: это образование информационной РНК (иРНК), которая является комплементарной копией гена, и механизм расшифровки генетической информации путем взаимодействия на рибосоме комплементарных оснований в составе кодонов информационной РНК и антикодонов транспортной РНК.

На принципе комплементарности основаны также такие межмолекулярные взаимодействия, как образование фермент-субстратных комплексов и комплексов антиген-антитело.



Устойчивое функционирование структур обеспечивается работой механизмов обратной связи. Примерами такой саморегуляции, является регуляция величины водородного показателя внутри клетки фосфатным буфером и регуляция активности ключевых ферментов метаболизма. В качестве регулятора может выступать как конечный продукт (избыток лимонной кислоты тормозит активность ферментов распада глюкозы, а избыток гликогена подавляет активность гексокиназы – ключевого фермента на пути его биосинтеза), так и субстрат (избыток глюкозы активизирует синтез расщепляющего ее фермента). Из приведенных примеров видно, что для поддержания гомеостаза могут использоваться механизмы отрицательной и положительной обратной связи. Так, работа буферных систем и регуляция активности ферментов конечным продуктом являются примерами отрицательной обратной связи, а регуляция активности ферментов субстратом происходит по механизму положительной обратной связи. Переключение путей регуляции находится в зависимости от энергетического состояния клетки, т.е. от соотношения концентраций аденозинтрифосфата (АТФ) и аденозинмонофосфата (АМФ). АМФ либо по механизму отрицательной обратной связи выключает реакции синтеза глюкозы, либо по механизму положительной обратной связи ускоряет распад глюкозы [7].)

Эволюция клеток шла в направлении от прокариот к эукариотам и сопровождалась появлением у отдельных клеток способности к автотрофному типу питания и к использованию молекулярного кислорода атмосферы.

### **-тканевый и онтогенетический уровни**

На тканевом и онтогенетическом уровнях разнообразие элементов системы проявляется в разнообразии клеток и тканей многоклеточных организмов, а также в огромном видовом разнообразии.

В процессах самоорганизации на уровне многоклеточного организма связующую роль выполняет гормональная система, в основе действия которой лежит транспорт гормонов током крови и связывание их специфическими рецепторами на поверхности клеток.

Гомеостаз многоклеточных организмов обеспечивается, прежде всего, работой нервной и эндокринной систем. Так, фаза крутого подъема потенциала действия при передаче нервного импульса обеспечивается взаимным усилением деполяризации и повышением натриевой

проводимости, а угнетающее действие на гипоталамус и гипофиз оказывает, по механизму отрицательной обратной связи, повышение уровня в крови их гормонов. Уровень же гормонов гипоталамуса и гипофиза, в свою очередь, регулируется концентрацией в крови таких метаболитов, как глюкоза и свободные аминокислоты.

Регулирующая роль химического состава крови, основанная на целостности организма, проявляется в контроле над содержанием в ней диоксида углерода: при повышении концентрации  $\text{CO}_2$  в крови во время усиленной мышечной работы дыхательный центр головного мозга стимулирует работу межреберных мышц для усиления легочной вентиляции путем учащения и углубления дыхания. Концентрация питательных веществ в крови по принципу отрицательной обратной связи влияет на активность участков коры головного мозга, регулирующих органы пищеварения – при снижении концентрации возникает чувство голода, сопровождающееся усиленным выделением слюны. Ответными реакциями являются и другие вегетативные функции организма: частота сердцебиения, просвет кровеносных сосудов, расширение зрачков, перистальтика кишечника и др.

Поддержание кислотно-щелочного равновесия обеспечивается работой буферных систем, таких, как карбонатная буферная система организма по поддержанию рН крови с участием почек, а также белковая буферная система, компонентами которой являются слабодиссоциированный кислый белок и его соль. Наиболее мощными буферными системами крови являются гемоглобиновый и оксигемоглобиновый буферы, которые составляют примерно 75% всей буферной емкости крови. При этом кислые продукты обмена веществ взаимодействуют с калиевой солью гемоглобина с образованием эквивалентного количества их калиевых солей и свободного гемоглобина, обладающего свойствами слабой органической кислоты. Следует при этом заметить, что и отдельная белковая молекула, обладая свойствами амфотерности, проявляет буферное действие, связывая кислоты и щелочи с образованием солей. Во всех этих примерах для выявления работы механизма отрицательной обратной связи следует помнить, что управляющим воздействием служит скорость диссоциации слабой кислоты, а ответной реакцией является концентрация ионов водорода.



Эволюция многоклеточных организмов в целом носила прогрессивный характер, т.е. приводила к появлению более сложных организмов с более высоким уровнем цефализации.

### **-популяционно-биоценотический уровень**

На популяционно-биоценотическом уровне разнообразие элементов систем проявляется в разнообразии особей в популяции и большом видовом разнообразии, которое обеспечивает возможность самоорганизации с образованием экосистем в результате возникновения многочисленных трофических связей. Гомеостаз таких систем выражается в поддержании оптимальной численности всего сообщества и его отдельных составляющих (фитоценозов и зооценозов) и основан на принципе обратной связи.

Гомеостаз популяции определяется поддержанием пространственной структуры, плотности и генетического разнообразия. Он обеспечивается изменением скорости полового созревания, роста и развития животных, их плодовитости, соотношением полов и возрастных групп, смертности животных разного пола и возраста, подвижности, распределения по местам обитания. Вследствие гомеостатической регуляции поддерживаются постоянство состава и численности популяции в сообществах. В основе всех таких механизмов регуляции лежит способность живых организмов реагировать на плотность своей популяции и популяций других видов благодаря многочисленным и разнообразным внутривидовым и межвидовым связям, к которым кроме трофических, т.е. чисто пищевых отношений, относятся такие формы взаимоотношений, как симбиоз (протокооперация, мутуализм, комменсализм) и антибиоз (аменсализм, конкуренция, паразитизм, хищничество). Таким образом, на уровне экосистем гомеостаз проявляется в наиболее устойчивых формах взаимодействия между видами, что выражается в приспособленности к особенностям среды и поддержании циклов круговорота биогенных элементов.

Помимо физиологического гомеостаза, свойственного слагающим популяцию особям, и возможности регулирования численности популяций по принципу отрицательной обратной связи, экосистема как целостная функциональная единица природы обладает собственными механизмами, повышающими ее стабильность. Например, если в сообществе имеется несколько видов автотрофов с разными

температурными диапазонами функционирования, то продуктивность сообщества в целом может оставаться неизменной, несмотря на колебания температуры. Устойчивость сообщества возрастает также в результате множественного дублирования пищевых цепей на видовом уровне. Таким образом, видовое разнообразие экосистем является главным фактором, обеспечивающим их стабильность. Отсюда вытекает глобальность такой экологической проблемы, как уменьшение видового разнообразия под влиянием различных антропогенных факторов. Одно из решений этой проблемы – кардинальная перестройка в мировоззрении, переход общества с позиции антропоцентризма на позицию биоцентризма.

Эволюционные процессы на данном уровне идут как внутри популяций, приводя к появлению новых видов (микроэволюция), так и внутри экосистем, вызывая их переход в новое состояние с большим числом видов и сложными разветвленными трофическими связями (сукцессия).

Теория систем описывает эволюционное развитие всех природных систем как чередование стабильных долговременных состояний и кратковременных переходных, которые отличаются по целому ряду признаков. Например, в популяциях и экосистемах в неустойчивом (переходном) состоянии ослабляется действие естественного отбора, который в стабильном состоянии играл преобладающую роль, теряют адаптивное значение такие элементарные эволюционные факторы, как мутагенез и дрейф генов, возрастает генетическое разнообразие без соответствующего роста видового разнообразия, тогда как в стабильном состоянии происходила прогрессирующая дифференциация видов. Такое изменение в показателях дифференциации приводит к увеличению минимальных размеров популяции в противоположность их сокращению при стабильном состоянии. В переходном состоянии наблюдается также прерывание протекания сукцессии и уменьшение сложности структуры экосистем [13].

Регулятором эволюционного процесса, согласно теории самоорганизации, выступает внешняя среда, влияние которой описывается принципом подчинения Г.Хакена [54] и проявляется действием креативной триады. Применительно к биологической эволюции элементами креативной триады являются биогеоценоз, популяция и отдельный организм, соединенные линиями прямой и

обратной связи. Биогеоценоз выполняет управляющую роль, оказывая информационное влияние на популяционные процессы, которые, в свою очередь, связаны с генетическими процессами на уровне отдельных организмов [13].

Функционирование каналов связи на молекулярном уровне для передачи наследственной информации между зиготой и гаметой формируется и поддерживается стабилизирующей формой естественного отбора, что ведет к созданию и максимальной стабилизации аппарата индивидуального развития и к установлению нормы. Второй канал на онтогенетическом уровне служит для передачи информации о фенотипах между популяцией и биогеоценозом. На этом канале работают движущий и дизруптивный формы отбора, что ведет к перестройке наследственного аппарата и к возникновению новых адаптаций и к специализации. Применительно к биологической эволюции элементами креативной триады являются биогеоценоз, популяция и отдельный организм, соединенные линиями прямой и обратной связи. На молекулярном уровне связь для передачи наследственной информации между гаметой и зиготой осуществляется в результате функционирования стабилизирующей формы естественного отбора, что приводит к максимальной адаптации генома и к установлению нормы. На онтогенетическом уровне происходит передача информации о фенотипах между популяцией и биогеоценозом. Этот канал связи обеспечивается механизмами движущей и дизруптивной форм естественного отбора, в результате чего происходит перестройка генома в направлении возникновения новых адаптаций и специализации. Это означает, что в ходе биологической эволюции причинно-следственные связи направлены не только снизу вверх: от генных мутаций к популяционным процессам, но и сверху вниз: от высших системных уровней к низшим - от биосферы к экосистемам, популяциям, геномам.

Информационное влияние систем высшего уровня объясняет направленность эволюции и в какой-то степени делает ее ход предсказуемым и прогнозируемым, а прогрессивность эволюции объясняется снижением производства энтропии при движении по эволюционной лестнице от простых организмов к сложным.

Таким образом, в экосистемной теории эволюции популяция выступает как центральное звено креативной триады, выполняя роль

элементарной эволюционной структуры, а генофонд популяции – роль элементарного эволюционного материала.

### **-биосферный и биосферный уровни**

На биосферном уровне разнообразие элементов системы проявляется в многообразии биогеоценозов, формирующихся в пределах всех сфер жизнеобеспечения по принципу зональности [26].

Объединение отдельных биогеоценозов в единую биосферу осуществляется в результате биогеохимических круговоротов биогенных элементов. Эта взаимосвязь между живым и неживым веществом планеты, оказывающих друг на друга взаимное влияние, лежит в основе процессов саморегуляции, обеспечивающих гомеостаз биосферы. Гомеостатичность биосферы проявляется в том, что взаимодействие разнообразных организмов, являющихся компонентами многочисленных экосистем, поддерживает постоянство газового состава атмосферы, состава почв, состава и концентрации солей Мирового Океана и др. Значение биоразнообразия, таким образом, состоит в том, что множество различных природных сообществ обеспечивает протекание огромного числа биогеохимических реакций, обеспечивая существование биосферы как целого, т.е. для обеспечения устойчивости как локальных экосистем, так и биосферы в целом, важно не только таксономическое разнообразие, а и разнообразие функциональное [14].

Примером саморегуляции на биосферном уровне могут служить системы поддержания постоянной концентрации диоксида углерода в атмосфере, работающие по принципу отрицательной обратной связи (например, буферная система Мирового океана, включающая участие донных отложений). Здесь, как и во всех механизмах работы буферных смесей, управляющим воздействием служит скорость диссоциации слабой кислоты, а ответной реакцией является концентрация ионов водорода. Другим примером могут служить климатические процессы, такие как повышение среднеглобальной температуры за счет парникового эффекта, причем повышение температуры, с одной стороны, приводит к увеличению площади водоемов за счет таяния ледников и запасов льда в районах вечной мерзлоты, что повышает содержание в атмосфере метана и паров воды, а с другой стороны, увеличение температуры океанической воды, в которой содержание диоксида

углерода составляет 98% от его общего запаса, приводит к снижению его растворимости и, соответственно, к увеличению его концентрации в атмосфере. Результатом же повышения концентрации парниковых газов в атмосфере является дальнейшее повышение среднеглобальной температуры, т.е. описанные эффекты соответствуют работе механизма положительной обратной связи. С другой стороны, таяние ледников в результате повышения среднеглобальной температуры вызывает опреснение вод Мирового Океана, что приводит к замедлению и остановке теплого течения Гольфстрим, итогом чего может явиться переход к ледниковому периоду. В данном случае мы имеем пример одновременного функционирования в одной сложной системе петель отрицательной и положительной обратной связи.

Механизмы эволюции биосферы и биосферы также основаны на взаимосвязях живого и неживого вещества, в силу чего их эволюция протекает совместно, затрагивая все структурные уровни природных систем. Примерами такой коэволюции могут служить влияние фотосинтезирующих организмов на изменение газового состава атмосферы и минерального состава литосферы, значение озонового экрана для возникновения наземных форм жизни, роль донных отложений в функционировании буферной системы Мирового Океана, влияние антропогенных факторов на преобразования биосферы и т.д. Важно при этом отметить, что современную концепцию коэволюции следует рассматривать в рамках одного из основных положений учения В.И. Вернадского, согласно которому появление первых живых организмов происходило в виде биоценозов, отвечавших геохимической функции жизни [9]. Таким образом, в основе концепции коэволюции лежит гипотеза Геи, сущность которой заключается в том, что жизнь обеспечивает условия для своего дальнейшего существования и развития. Поэтому концепция коэволюции, являющаяся одной из фундаментальных экологических концепций, представляет собой конкретизацию общенаучной концепции глобального эволюционизма.

### **-заключение**

На заключительных занятиях для лучшего закрепления материала целесообразно повторно обратиться к общенаучным концепциям и подходам – системной характеристике природных объектов и явлений и концепции глобального эволюционизма, чтобы акцентировать внимание

на современных представлениях об источниках, движущих силах и стадиях процесса саморазвития материи.

Современное естествознание считает движущей силой самоорганизации нарушение симметрии. Например, в биологических системах на молекулярном уровне симметрия проявляется в хиральности биомолекул (правый тип  $\alpha$ -спирали белка и двойной спирали ДНК, правовращающие формы моносахаридов, левовращающие формы биогенных аминокислот), на онтогенетическом уровне – в разделении функций правого и левого полушарий головного мозга, правого и левого желудочков сердца, в разделении полов и т.п.

Возникновение новой устойчивой структуры в процессе самоорганизации происходит в результате дестабилизации исходной системы, что выражается в кардинальном изменении ряда ее основных характеристик. Такими особенностями состояния системы в переходный период по сравнению с состоянием стабильной системы является преобладание механизмов положительной обратной связи, высокий уровень производства энтропии и непредсказуемость ответных реакций на внешнее воздействие.

Примером таких «кризисных моментов» является переходное состояние молекул в ходе химических реакций, связанное с деформацией их электронной структуры и эффектами ориентации; «фолдинг белка» - процесс выбора единственной устойчивой и функционально активной конфигурации белковой молекулы из множества возможных; смена стадий развития организма под влиянием эндокринной системы (например, метаморфоз насекомых); перестройка трофических связей в биоценозе при появлении новых видов или исчезновении старых.

Следует также обратить внимание на различия процессов самоорганизации и эволюции, хотя оба эти процесса описываются как качественное изменение системы. Однако при этом эволюция всегда является необратимой, эволюционирующая система остается на том же структурном уровне, а направленность эволюционных изменений обусловлена влиянием систем высших уровней. В отличие от этого процессы самоорганизации могут быть обратимы (прекращение образования ячеек Бенара, раскручивание спиральных участков молекулы ДНК в процессе биосинтеза белков и т.д.). При некоторых типах самоорганизации, например, при формировании внутриклеточных структур из биомолекул, при образовании клеток из клеточных органелл



и т.п., образовавшаяся система будет находиться на более высоком структурном уровне относительно слагающих ее элементов. Кроме того, в соответствии с теорией самоорганизации, результаты этого процесса непредсказуемы, т.к. новое состояние возникает в результате случайного выбора на стадии бифуркации и является одним из множества возможных,

## 5. Математика и ее роль в естествознании

Математика занимает особое место в структуре наук. Нередко ошибки студентов при тестовом контроле на интернет-экзамене по дисциплине [49] связаны с недостаточно полным прочтением ими предлагаемых ответов, когда они ограничиваются только одним определением математики как науки, изучающей количественные отношения, и не обращают внимание на то, что в ответах могут быть разные варианты: «отношения идеального мира» и «отношения действительности». Очень распространены ошибки в определении математики как одной из фундаментальных естественных наук, что, несомненно, связано с широким использованием этими науками математических методов [11, 15, 31]. Поэтому задача преподавателя здесь состоит в том, чтобы, приведя конкретные примеры использования математических методов различными науками, показать ее роль как универсального языка науки, формализующего материал и этим облегчающего взаимопонимание разных специалистов.

Естествознание превратилось в полноценную науку с началом использования экспериментально-математических методов, позволяющих получить строго объективную количественную оценку изучаемых объектов и процессов.

Основа математической исследовательской программы была заложена работами пифагорейской школы (конец VI в. – начало V в. до н. э.), идеями которой были мир, гармония, число. Причем число считалось первым началом во всей иерархии сущего, началом космоса.

Развитие математической исследовательской программы связано с работами И. Ньютона, А. Эйнштейна, М. Планка, Э. Шредингера. Работы И. Ньютона объяснили гармонию движения планет, выраженную законами Кеплера, а стабильность электронных конфигураций атомов получила объяснение благодаря открытию М. Планка элементарного кванта действия, что позволило обосновать наличие периодической

зависимости свойств химических элементов от заряда ядра, открытой Д.И. Менделеевым. В этих открытиях также была продемонстрирована математическая гармония природы [35].

Блестящим подтверждением идеи Пифагора о том, что первичной реальностью нашего мира являются числа и числовые гармонии («числа правят миром»), явилось установление современной наукой тесной взаимосвязи и критичности фундаментальных физических постоянных. Такие постоянные выступают в виде универсальных коэффициентов в уравнениях, описывающих фундаментальные законы природы и свойства материи [38]. В их число входят постоянная Планка, постоянная Больцмана, гравитационная постоянная, скорость света, заряд и масса протона, нейтрона и электрона, константа электромагнитного взаимодействия и др.

Значение фундаментальных постоянных определены экспериментальным путем, и эти значения являются едиными для всех участков Метагалактики и с течением времени не меняются, поэтому их называют «мировыми постоянными». Эти фундаментальные константы полностью определяют структуру Вселенной и ее свойства. Малейшие изменения любой из констант привели бы к такому состоянию Вселенной, при котором возникновение и эволюция живого была бы невозможна. Например, изменение константы электромагнитного взаимодействия привело бы либо к неустойчивости атомов, либо, наоборот, к невозможности химических реакций в силу чрезвычайно высокой их стабильности. Изменение гравитационной постоянной привело бы либо к слишком медленной, либо к слишком быстрой эволюции звезд, поэтому на современной стадии существования Вселенной возле звезд не могли существовать планеты с температурными условиями, пригодными для жизни.

Обнаруженную критичность значений фундаментальных констант отражает формулировка антропного принципа, накладывающего такие ограничения на эти значения в течение всего времени эволюции Вселенной, что и обуславливает в результате существование наблюдателя на некоторой стадии ее развития [1].

### **Глава III. Формирование естественнонаучного мировоззрения при изучении дисциплин «Естественнонаучная картина мира» и «Концепции современного естествознания»**

Формирование у учащихся целостного естественнонаучного мировоззрения является основной целью дисциплин «Концепции современного естествознания» и «Естественнонаучная картина мира». Эффективность достижения этой цели в значительной степени может быть обеспечена использованием системного подхода, раскрывающего общие закономерности организации и функционирования природных объектов, традиционно являющихся предметом изучения отдельных фундаментальных наук.

Огромную роль в формировании некоторых основополагающих принципов естественнонаучного мировоззрения играет и методический подход в рамках диалектического учения. Вузовские курсы естественнонаучных дисциплин предоставляют преподавателю широкие возможности для демонстрации этих принципов и законов на конкретных примерах. Например, закон о переходе количественных изменений в качественные можно продемонстрировать при изучении гомологических рядов углеводов, при сравнении свойств мономерных и полимерных форм углеводов, нуклеотидов и аминокислот. На большом количестве примеров можно показать развитие процессов в свете закона единства и борьбы противоположностей. Так, растворы высокомолекулярных соединений одновременно обладают свойствами истинных и коллоидных растворов. Внутренняя противоречивость молекул белков проявляется в одновременном наличии кислотных и основных свойств, положительных и отрицательных зарядов, гидрофильных и гидрофобных участков. Молекула ДНК одновременно проявляет уникальность первичной структуры в отношении отдельного организма и универсальность общего плана строения в отношении всех организмов. Противоречивым является и характер обмена веществ, включающего одновременно процессы синтеза и распада. Диалектическая проблема части и целого решалась, например, при создании клеточной теории строения живых организмов. Сосредоточение ортодоксальной клеточной теории на индивидуализации клеток приводило к механистическому пониманию организма как суммы частей и игнорированию специфичности неклеточных структур,

современная же биология постулирует целостность организма как системы, основанной на принципах иерархии и интегративности.

Важным в мировоззренческом отношении является и признание специфики живого. Иерархичность организации природных систем подразумевает невозможность сведения свойств структур более высоких иерархических уровней к языку более простых уровней системы. Каждый уровень имеет внутренний предел сложности описания, превысить который не удастся на языке данного уровня. Это показывает недопустимость редуccionистского подхода по сведению всех феноменов жизни и психики к законам физики элементарных частиц. В силу специфики живого уже на молекулярном уровне физико-химические законы в живом организме начинают играть подчиненную роль, что меняет характер соответствующих процессов. Так, явления переноса локализованных электронов в окислительно-восстановительных реакциях организма отличаются от переноса обобществленных делокализованных электронов в неорганических соединениях, а каталитические свойства ферментов выражены в большей степени по сравнению с неорганическими катализаторами благодаря дополнительному эффекту ориентации субстрата, который обусловлен гибкостью и многофункциональностью молекулы белка-катализатора [46].

Так же необоснованно выглядит и позиция некоторых эволюционистов, заявляющих о «кризисе дарвинизма» на основании того, что стандартная схема «эволюция = случайные мутации + естественный отбор» может объяснить лишь часть эволюционных событий, но не справляется с объяснением таких ключевых вопросов, как направленность и прогрессивный характер эволюции, ароморфозы, усложнение организмов. Причина кажущегося кризиса в излишнем редуccionизме, в частности, в игнорировании сложнейшей иерархической структуры биосферы, где на каждом из уровней системной организации живого действуют свои особые законы развития, не сводимые к простой сумме элементарных процессов на низших уровнях (например, к изменению частот генов в популяциях). При этом иерархичность организации всех природных систем приводит к тому, что развитие надсистемы определяет многие ограничения в развитии входящих в нее подсистем и тем самым позволяет, в соответствии с системогенетическим законом, прогнозировать их будущее развитие.

Использование междисциплинарного подхода также в значительной степени способствует формированию целостного естественнонаучного мировоззрения, поэтому изучение частных концепций целесообразно организовать таким образом, чтобы на каждом структурном уровне раскрыть связи между дисциплинами естественных наук.

Интегративные процессы вышли на первый план на четвертой стадии познания природы, которая получила название интегративно-дифференциальной (конец 19 в. – середина 20 в. н.э.), когда наряду с углублением и детализацией познания открылись возможности интеграции отдельных естественных наук на новом глубинном уровне, что наглядно демонстрирует так называемая лестница естественных наук [20].

В существующей иерархии естественных наук химия занимает промежуточное положение, что обуславливает качественную особенность химической формы движения материи и возможность ее переходов в другие формы движения. Основа такой интеграции заложена в самом содержании химических исследований, направленных на изучение строения молекул и закономерностей протекания химических реакций. В свою очередь, характеристика молекул связана с изучаемыми физикой характеристиками атомов как квантовомеханических систем, состоящих из элементарных частиц [22]. Соприкосновение химии с др. науками порождает специфические области взаимного их проникновения. Так, области перехода между химией и физикой представлены физической химией и химической физикой. Между химией и биологией, химией и геологией возникли особые пограничные области - геохимия, биохимия, биогеохимия, молекулярная биология. Геохимия вулканогенных и осадочных пород, гидрохимия, химия атмосферы, биогеохимия формируют представления о планетарных миграциях химических элементов, а биохимия - о жизненных циклах, основанных на закономерно протекающих в организме химических реакциях, которые сочетаются между собой во времени и протекают в строгой последовательности.

Химия также занимает первое место в списке учебных предметов, формирующих экологическое мировоззрение, поэтому курс химии должен соответствовать принципу экологизма, т.е. отражать воздействие изучаемых химических соединений и процессов на организм человека и

природные экологические процессы. С этой точки зрения при изучении химической картины мира следует показать положительную роль химии в решении проблемы охраны окружающей среды, воспитывать бережное отношение к природе, познакомить с методами охраны окружающей среды и развивать творческое, экологически направленное мышление.

Соответственно, при изучении экологической картины мира необходимо указывать на наличие межпредметных связей химии и экологии, например, раскрывая роль химических процессов в ходе миграции биогенных элементов и в общем ходе эволюции сфер жизнеобеспечения, изучая воздействие химических процессов, происходящих во внешней среде, на сообщества организмов (биоценозы), химическое стимулирование или подавление симбиотических или конкурентных видов, а также значение химических методов при мониторинге состояния окружающей среды и при ликвидации ее загрязнения.

Необходимо также отметить, что в основе интеграции естественных наук лежат не только общие законы структурной организации и функционирования природных объектов, но и обусловленная этим возможность использования при научном исследовании конкретных природных объектов не только методов смежных наук, но и наук, непосредственно не связанных иерархической лестницей. Например, взаимосвязь физики и биологии позволяет изучать строение и функционирование биологических объектов с позиций и методами физики, а в геохимии физические методы используются для изучения внутренних слоев планеты.

Знание обучающимися основных характеристик естественнонаучной картины мира, ее основополагающих принципов и направлений развития должно сочетаться с представлением о месте и роли естествознания в развитии общества. С одной стороны, естествознание играет огромную роль в формировании мировоззрения в силу того, что принципы современного научного знания (историчность, системность и глобальность эволюционизма) могут быть объединены в рамках диалектического учения, что позволяет поднять процесс обучения на более высокий уровень за счет использования предельно возможной степени общности [46].

С другой стороны, сформированное научное мировоззрение определяет направление и характер деятельности человека в реальной



действительности. На современном этапе развития естествознания на первый план выступает его роль в формировании глобально ориентированного мировоззрения, основанного на понимании процессов эволюции живой природы и осознании места и роли человека в природе. Эта задача становится особенно актуальной в связи с усилением антропоцентризма, вызванного достижениями науки и техники, которые создают у большинства людей представление об отсутствии у природы внутренней ценности и об абсолютном превосходстве человека над природой.

В этом отношении неизмеримо возрастает роль науки как социальной силы в решении глобальных проблем современности и в первую очередь экологических [4,6,43], поскольку представление о принципах глобального эволюционизма позволяет выявить причинно-следственные связи экологических и эволюционных явлений и осмыслить роль человека в экологических процессах. А это в свою очередь способствует укреплению позиций биоцентризма, т.е. признанию внутренней ценности живой природы.

Изучение естественнонаучных дисциплин дает также возможность раскрыть неразрывную связь мировоззренческой функции научного знания с разработкой ценностных ориентаций, и прежде всего с этикой научных исследований.

Этическими принципами научных исследований провозглашены самоценность истины, исходный критицизм, свобода научного творчества, новизна научного знания, равенство ученых перед лицом истины и общедоступность истины. С учетом этих принципов сформулированы требования к научным гипотезам, такие как их соответствие эмпирическим фактам и проверяемость, т.е. верифицируемость и фальсифицируемость, а также решается вопрос об отсутствии права собственности на научное открытие, поскольку оно является достоянием всего человечества.

При этом следует уточнить, что в настоящее время идея неограниченной свободы творчества не может приниматься безоговорочно, что было характерно для всех предыдущих стадий развития естествознания. На современном этапе развития естествознания при принятии ряда научных проектов необходимо учитывать возможность негативных социальных, экологических и моральных последствий. Так, средоточием наиболее острых этических проблем

сегодня оказывается биомедицина, использующая такие новейшие формы врачевания, как генодиагностика, генотерапия, клонирование, трансплантация, экстракорпоральное оплодотворение и суррогатное материнство.

При этом генная инженерия, являющаяся основой биотехнологии, подрывает главный эволюционный принцип возникновения и развития жизни во всей ее целостности, поэтому моральные проблемы, возникающие в процессе развития биотехнологии, связаны с их влиянием на самопонимание человека, который начинает воспринимать себя как предмет биотехнологических манипуляций. Поэтому современная биоэтика, являясь новой социальной практикой, отражает необходимость внеученого обсуждения проблем развития науки и применения новых научных технологий в биомедицине.

Другая часть моральных проблем современного естествознания связана с коммерциализацией науки, ведущей к уменьшению личной ответственности ученого и возрастанию корпоративной ответственности. При этом часто критерии экономической эффективности начинают превалировать над критериями истинности и научной объективности, т.е. такой классический принцип методологии научного познания, как объективность, становится моральным, и для его обеспечения требуется создание особых социальных и правовых институтов, гарантирующих объективную оценку биотехнологических рисков [51].

Необходимость создания и развития таких социальных институтов для решения пограничных проблем естественнонаучной и социогуманитарной сфер привела на современном этапе развития естествознания к возникновению таких междисциплинарных научных направлений, как социальная биология и биополитика, решающих вопросы происхождения и значения человеческих ценностей, лежащих в основании этических заповедей, а также исследующих формы межорганизменных взаимодействий на уровне человека с целью применения этих данных в политологических исследованиях.

Таким образом, в настоящее время наука все больше становится социальным явлением, что необходимо отражать в содержании естественнонаучных дисциплин, раскрывая не только гностическую и мировоззренческую функции естественнонаучного знания, но и такие функции, как воспитательная, социально-управленческая, профессионально- и жизненно-практическая.

При организации изучения естественнонаучных дисциплин необходимо также учитывать особенности той стадии познания природы, на которой находится современное естествознание.

В отличие от предыдущих стадий: натурфилософии (VI-IV в. до н.э.; XIII-XV в. н.э.), аналитической (XV-XVII в. н.э.), синтетической (XVIII - XIX в. н.э. и интегративно-дифференциальной (конец XIX в. – середина XX в. н.э.)), на современной стадии происходит формирование информациологического мировоззрения, связанное со значительным увеличением социальной функции науки, что приводит к возникновению новой социально-экономической формации – информационно-сотовому обществу [29].

Другой отличительной чертой современного естествознания является тенденция синтеза естественнонаучной и гуманитарной культур в соответствии с принципом дополнительности [8, 30, 41], что приводит к переходу науки на новый, постмодернистский, этап развития, связанный с необходимостью переосмысления таких основных положений естественнонаучного знания, как понятие окружающего мира, форма знания, цели и задачи научного знания, соотношение между различными областями науки и место науки в общей системе человеческой культуры и мировоззрения [3].

Традиционное разделение и противопоставление этих наук было основано на том, что естественные науки изучают типичные, универсальные процессы и при этом характеризуются рациональностью, использованием понятий и теорий, упором на строго объективную количественную оценку изучаемого объекта, достоверностью результатов (обусловленной возможностью верификации и фальсификации), а также точностью и системностью, поскольку рассматривают объекты исследования как элементы некоей целостности, связанной между собой определенными отношениями. Для гуманитарно-художественной культуры, в отличие от естественнонаучной, характерны субъективность знания, выражение ценностного отношения человека к предмету, нестрогий образный язык, интерес к индивидуальным свойствам изучаемых объектов, сложность (или невозможность) верификации и фальсификации [2].

В то же время на современном этапе, соответствующем квантово-релятивистской картине мира, общенаучный характер приобрел принцип дополнительности, изначально сформулированный в рамках квантовой

механики и утверждающий невозможность строгого разделения субъекта и объекта познания в исследованиях микромира. По аналогии с этим современная наука признает невозможность строгого разделения субъекта и объекта изучения в общественности, поскольку выявилась относительность критериев разграничения естественных и гуманитарных наук. Это объективно обусловлено взаимодополнительностью культур, мировоззрений и проблем, например, проблем экологии, антропосоциогенеза и генной инженерии.

Таким образом, современный постмодернистский этап развития науки включает в свой предмет человека, допуская элементы субъективности в объективно истинном знании, что означает гуманизацию науки. Проявлением такой тенденции в науке может являться использование гуманитарными науками методов естественных наук, а также возникновение новых междисциплинарных отраслей знаний на стыке естественных и гуманитарных наук, например, социобиологии [3].

Вопрос о роли естествознания в культуре тесно связан также с вопросом об отношениях науки и религии. Прежде всего следует сформировать у студентов понимание того, что наука и религия являются частями единой культуры человечества. Подтверждением этого может служить, например, тот факт, что в науке, как и в религии, имеют место такие понятия, как интуиция и предсказания, хотя основой научной интуиции является огромный объем достоверной научной информации, а предсказание новых фактов является одной из функций научной теории. Полезно также познакомить студентов с мнением по этому вопросу авторитетных ученых и писателей. А. Эйнштейн считал, что каждый серьезный естествоиспытатель должен быть каким-то образом человеком религиозным. Иначе он не способен себе представить, что те невероятно тонкие взаимозависимости, которые он наблюдает, выдуманы не им. Эта ситуация выражена им в образной форме: наука без религии слепа, религия без науки слепа [56].

Русский философ и филолог А. Лосев считал, что наука позволяет человеку самоутвердиться в реальности, а религия – в Вечности [36]. Однако при всем этом необходимо понимать, что религиозное познание, опирающееся на веру, является иррациональным в отличие от рационального научного познания, признающего существование доступных разуму причинных связей.

## Глава IV. Особенности преподавания естественнонаучных дисциплин на различных направлениях подготовки бакалавров

В главах II и III приводились общие рекомендации по структуре и содержанию курсов «Концепции современного естествознания» и «Естественнонаучная картина мира», направленные на повышение эффективности обучения и достижение основной задачи, заключающейся в формировании у учащихся целостного естественнонаучного мировоззрения. В то же время при этом необходимо также учитывать специфику каждого направления подготовки, отраженную как в рекомендациях ФГОС по формированию соответствующих общекультурных компетенций, так и в определенных требованиях к профессиональной подготовке.

С целью формирования общекультурных компетенций на различных направлениях подготовки бакалавров нами разработаны содержательные перечни знаний, умений и навыков, требующихся для формирования соответствующих компетенций, а для обеспечения ориентации курсов естественнонаучных дисциплин на профессиональную специфику составлены рекомендации по актуализации определенных разделов дисциплин [3, 16, 19].

Для подготовки по направлению «Педагогическое образование» требуется обеспечить формирование таких компетенций, как способность использовать основы философских, социогуманитарных и естественнонаучных знаний для формирования научного мировоззрения и способность использовать естественнонаучные и математические знания для ориентирования в современном информационном пространстве. Показателями сформированности таких компетенций является знание об аспектах влияния естественных наук на гуманитарно-мировоззренческую сферу жизни человека и общества, знание различных форм и видов вербальной и невербальной коммуникации в учебной и профессиональной деятельности, знание основ современных информационных технологий, используемых в образовании для сбора, обработки и представления информации; умение делать обобщенные выводы о взаимодействии двух культур: гуманитарной и естественнонаучной, умение пользоваться источниками по основным современным естественнонаучным проблемам и использовать

современные информационно-коммуникационные технологии в профессиональной и образовательной деятельности, а также умение использовать различные научные методы для анализа тенденций развития современного общества. Продвинутый уровень сформированности компетенций предполагает владение навыками научного анализа различных типов мировоззрения; навыками использования в профессиональной деятельности базовых знаний в области естествознания, информатики и современных информационных технологий и овладения способами ориентации в профессиональных источниках информации [2, 18].

Для подготовки по направлению «Государственное и муниципальное управление» требуется обеспечить формирование способности использовать основы философских и естественнонаучных знаний для формирования мировоззренческой позиции, способности анализировать основные этапы и закономерности исторического развития общества для формирования гражданской позиции и способности работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этические, конфессиональные и культурные различия.

Показателями сформированности таких компетенций является, во-первых, знание достижений естественных наук в современном подходе к эволюционным процессам общества, знание основных закономерностей историко-культурного развития человека и человечества и знание принципов культурного релятивизма и этических норм; во-вторых, умение анализировать мировоззренческие, социально-личностно значимые проблемы, умение отказываться от этноцентризма и уважать своеобразие иноязычной культуры и ценностные ориентации иноязычного социума, учитывать различные контексты (социальные, культурные, национальные) в которых протекают процессы обучения, воспитания и социализации.

Высокий уровень сформированности компетенций предполагает, кроме того, владение навыками обосновывать выбор теоретико-методологических основ исследования явлений и процессов в контексте различных моделей картин мира, навыками толерантного общения с иными этнокультурными группами, способами установления контактов и поддержания взаимодействия с субъектами образовательного процесса в условиях поликультурной образовательной среды.



Для подготовки по направлению «Юриспруденция» требуется обеспечить формирование способности стремиться к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства и способности управлять самостоятельной работой обучающихся. Показателями сформированности таких компетенций является, во-первых, понимание механизмов возникновения нового знания, принципов возникновения и развития научной картины мира, аспектов влияния естественных наук на гуманитарно-мировоззренческую сферу жизни человека и общества., а также знание основных положений и методов прикладных социальных и естественных наук и умение системно анализировать и выбирать образовательные концепции, анализировать мировоззренческие, социально-лично значимые проблемы, пользоваться источниками по основным современным социальным и естественнонаучным проблемам; самостоятельно осваивать прикладные знания, необходимые для работы в конкретных сферах профессиональной деятельности.

Продвинутый уровень сформированности компетенций предполагает, кроме того, владение навыками работы с программными средствами общего и профессионального назначения, способами ориентации в профессиональных источниках информации, навыками планирования своей деятельности по самообразованию, постановки целей и их эффективного достижения.

Для подготовки по направлению «Психология» требуется обеспечить формирование таких компетенций, как способность использовать основы философских и естественнонаучных знаний для формирования мировоззренческой позиции, способность анализировать основные этапы и закономерности исторического развития общества для формирования гражданской позиции, способность к самоорганизации и самообразованию.

Показателями сформированности таких компетенций является, во-первых, знание об аспектах влияния естественных наук на гуманитарно-мировоззренческую сферу жизни человека и общества, знание о достижениях естественных наук в современном подходе к эволюционным процессам общества; основных закономерностей историко-культурного развития человека и человечеств, а также знание основных понятий и современных принципов работы с деловой информацией, корпоративных информационных систем и баз данных и современных информационных технологий, используемых в образовании. Другим показателем является

умение учащихся делать обобщенные выводы о взаимодействии двух культур: гуманитарной и естественнонаучной, анализировать мировоззренческие, социально-лично значимые проблемы, а также уметь планировать свою деятельность по самостоятельному изучению дисциплин естественнонаучного цикла; пользоваться источниками по основным современным естественнонаучным проблемам; анализировать и оценивать информацию, полученную при проведении библиографической и информационно-поисковой работы; применять методы и средства познания для интеллектуального развития, повышения культурного уровня, профессиональной компетентности. Продвинутый уровень сформированности компетенций предполагает, кроме того, владение навыками научного анализа различных типов мировоззрения, использования различных научных методов для анализа тенденций развития современного общества, навыками обосновывать выбор теоретико-методологических основ исследования явлений и процессов в контексте различных моделей картин мир, а также владеть культурой научного мышления; навыками целостного выражения своих мыслей и мнений в межличностном и деловом общении; навыками работы с программными средствами общего и профессионального назначения; навыками работы в локальной и глобальной сетях.

Для подготовки по направлению «Социальная работа» требуется обеспечить формирование таких компетенций, как способность использовать основы философских и естественнонаучных знаний для формирования мировоззренческой позиции и способность использовать в профессиональной деятельности основные законы естественнонаучных дисциплин, в том числе медицины; применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования. Показателями сформированности таких компетенций является, во-первых, знание об аспектах влияния естественных наук на гуманитарно-мировоззренческую сферу жизни человека и общества и знание базовых понятий экологии и социального здоровья, современных стратегий экологически сбалансированного развития. Другим показателем является умение учащихся делать обобщенные выводы о взаимодействии двух культур: гуманитарной и естественнонаучной и умение использовать в своей работе объективные оценки медико-социальных и социально-экологических последствий принимаемых решений; использовать математические модели явлений и процессов в

социальной работе. Продвинутый уровень сформированности компетенций предполагает, кроме того, владение навыками научного анализа различных типов мировоззрения, использования различных научных методов для анализа тенденций развития современного общества, а также владение навыками исследования медико-социальных и социально-экологических проблем в современном обществе; математическими методами исследования в социальной работе.

При изучении дисциплины «Экология и глобальные проблемы современности» бакалаврами направления подготовки «Политология» требуется обеспечить формирование таких компетенций, как владение общенаучной и политологической терминологией и умение работать с оригинальными научными текстами и содержащимися в них смысловыми конструкциями

Показателями сформированности таких компетенций являются, во-первых, знание основных общенаучных и политологических понятий, определений и терминов, а также знание научных теорий и концепций о строении и эволюции биосферы, теорий, концепций, взглядов и представлений ведущих ученых об экологической ситуации в современном мире, о сущности современного экологического кризиса, о принципах государственной политики в области охраны окружающей среды; знание и понимание сути экологических проблем отдельных регионов мира;

Второй перечень требований включает умение работать с оригинальными научными текстами, посвященными проблемам охраны окружающей среды; умение поиска, оценки, систематизации и анализа информации о состоянии окружающей среды, о направлениях и методах решения экологических проблем в отдельных регионах мира.

Продвинутый уровень сформированности компетенций предполагает владение общенаучной и политологической терминологией; способами поиска научной информации с использованием современных компьютерных технологий и баз данных; методами диалога в ходе публичного выступления; способами планирования, организации и совершенствования собственной культурно-просветительской педагогической деятельности.

С целью обеспечения ориентации естественнонаучных дисциплин на профессиональную специфику предлагается актуализировать определенные темы и разделы лекционных и практических занятий.

При изучении естественнонаучных дисциплин на гуманитарных факультетах рекомендуется более углубленное изучение разделов по истории естествознания и тенденций его развития, соотношению естественнонаучной и гуманитарной культур, научным методам познания, этике научных исследований и социальной роли науки. С этой целью рекомендуется акцентировать внимание учащихся на особенностях отдельных стадий научного познания природы: натурфилософской, аналитической, синтетической, интегративно-дифференциальной и современной, так называемой информациологической, на которой происходит формирование информациологического мировоззрения и создается новая социально-экономическая формация – информационно-сетевое общество. Следует при этом особо отметить возрастание роли науки как социальной силы в решении глобальных проблем современности, а также появление острых этических проблем, связанных с развитием биотехнологий, что приводит к необходимости при принятии ряда научных проектов учитывать возможность негативных социальных, экологических и моральных последствий.

При изучении дисциплины «Экология» на физико-математическом факультете и факультете технологии и предпринимательства рекомендуется рассматривать вопросы о взаимосвязи экологии и химии, выражающейся в существовании таких интегральных дисциплин, как геохимия, гидрохимия, химия атмосферы, биогеохимия, химическая экология и др.

При подготовке студентов профиля «экономическое образование» рекомендуется акцентировать внимание на вопросе экологизации экономического развития, раскрыть роль экологического фактора и показать основные направления в этом процессе, а также рассмотреть основные принципы концепции устойчивого развития и критерии устойчивого развития на международном и национальном уровнях.

При подготовке студентов профиля «государственное и муниципальное управление» рекомендуется рассмотреть вопрос о государственном управлении в сфере охраны окружающей среды и таких его функциях, как экологический контроль, экологическое нормирование, учет природных ресурсов и др. Особое внимание следует уделить формированию практических навыков, направленных прежде всего на воспитание у государственных и муниципальных служащих

экологической грамотности и экологической культуры поведения, базирующихся на принципах экоцентризма и основах инженерной экологии прежде всего в коммунальной сфере на селитебных территориях (недопущение сбросов недостаточно очищенных сточных вод в природные водные объекты, сверхнормативного загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом и промышленными объектами, шумового, радиоактивного (например за счет наличия радона) и электромагнитного загрязнения и т.д.) [4, 5, 28]. В программу подготовки специалистов данного профиля должно входить знакомство с правами и обязанностями как муниципальных служащих и должностных лиц, так и граждан, проживающих на территориях, подверженных сверхнормативному загрязнению окружающей среды за счет промышленного воздействия, или осуществляющих предпринимательскую деятельность в области природопользования (добыча полезных ископаемых, заготовка леса для различных целей и т.д.). Необходимо также рассмотреть такие вопросы, как экологический риск в местах компактного проживания людей и на природных объектах, экологическая экспертиза, её организация и проведение, экологический контроль, его организация и проведение, экологическая паспортизация территорий, основанная на принципах экологического и санитарно-гигиенического ранжирования территорий и являющаяся одним из основных элементов генеральных планов комплексного социально-экономического развития поселков, городов, районов и субъектов в целом.

При подготовке студентов профиля «юриспруденция» рекомендуется дать общую характеристику экологического законодательства Российской Федерации, выделив раздел о мерах юридической ответственности за загрязнение окружающей сред. Рекомендуется также ознакомить студентов с международным и отечественным экологическим законодательством, включая участие нашего государства в международных экологических проектах (например, Парижский протокол, договоры в сфере атомной энергетики и т.д.), с опытом реализации отечественных государственных и муниципальных экологических программ, с опытом работы отечественных и зарубежных природоохранных организаций и фондов. Необходимо уделять внимание формированию практических

навыков работы с использованием правоприменительной практики, материалов судебных разбирательств в природоохранной сфере.

При подготовке студентов профиля «социальное проектирование» рекомендуется рассмотреть проблему экологизации общественного сознания, раскрыть взаимосвязь экологических проблем с другими проблемами современного общества, ознакомить с основами государственной политики в области экологического развития России на период до 2030 года и показать значение программы экологического образования и воспитания как составной части программы экологического развития. Особое внимание при этом следует уделить роли общественных объединений в культурно-просветительской деятельности в сфере экологического образования и воспитания, а также в защите экологических прав граждан. Комплекс рассматриваемых вопросов имеет особое значение, поскольку экологизация общественного сознания является одним из необходимых условий устойчивого развития.

При подготовке студентов профиля «Политология» следует обратить внимание на особенности экологической ситуации в различных странах мира, поскольку различные страны имеют разный уровень ресурсообеспеченности. Особое внимание уделяется выявлению зависимости решения задач по обеспечению экологически безопасного развития от складывающейся в различных регионах и странах социально-экономической и политической обстановки. Национальные экологические проблемы, несмотря на их общность, имеют разную специфику в регионах. Экологическая политика является неотъемлемой частью государственной политики. За долгие годы международного сотрудничества в сфере охраны окружающей среды были разработаны основополагающие принципы государственной политики обеспечения экологической безопасности. Реализация этих принципов осуществляется через ряд функций государственного управления. Таким образом, государственные механизмы обеспечения экологической безопасности в различных странах имеют общую схему, однако содержания отдельных административных функций может различаться.

В процессе преподавания дисциплины следует обратить внимание на содержание обязательств различных стран при выполнении международных соглашений в области охраны окружающей среды. Система глобальной экологической безопасности часто повторяет



противоречия международной экономической системы и формируется под влиянием противостояния развитых и развивающихся стран. Отсюда и разное содержание обязательств по международным соглашениям. При существующих разногласиях между странами наиболее перспективным направлением экологической деятельности является региональное сотрудничество. Именно на региональном уровне взаимодействие между странами получает развитие в рамках многочисленных соглашений. Следует обратить внимание на сущность ряда таких соглашений. Усвоению предлагаемой программы дисциплины способствует самостоятельная работа студентов, в процессе которой студентам предлагается подготовить презентации об экологической ситуации и политике экологической безопасности различных стран мира.

Таким образом, в данной коллективной монографии нами проанализирован, обобщён и представлен многолетний опыт исследовательской работы, направленной на совершенствование структуры, содержания и учебно-методического обеспечения курсов естественнонаучных дисциплин для различных направлений подготовки специалистов на уровне бакалавров в системе высшего образования.

## Литература

1. Антропный принцип в научной картине мира. М.: Ин-т философии РАН. 2008. -131 с.
2. Арустамов Э.А., Гераскина Г.В. Гильденскиольд С.Р. Об опыте подготовки к интернет-экзамену по естественнонаучным дисциплинам студентов гуманитарных факультетов направления подготовки «Педагогическое образование» //Интернет-журнал «Мир науки», 2018, том 6, №2
3. Арустамов Э.А., Гераскина Г.В., Гильденскиольд С.Р. Усвоение общекультурных компетенций студентами бакалавриата «Педагогическое образование» при изучении естественнонаучных дисциплин. //Интернет-журнал «Мир науки», 2017, том 5, №5
4. Арустамов Э.А., Гильденскиольд С.Р. Анализ экологического состояния Московской области в год экологии //Интернет-журнал «Науковедение», 2017, том 9, №2.
5. Арустамов Э.А., Гильденскиольд С.Р., Гераскина Г.В. Основные проблемы обращения и переработки отходов. Материалы I Международной научно-практической конференции «Добродеевские чтения-2017»,(12-13 окт.2017г.). Москва.: ИИУ МГОУ, 2017.С.97-99. 6.
6. Безопасность жизнедеятельности, учебник для вузов.// Арустамов Э.А. и др. - М., «Дашков и К», 2017. – 447с.
7. Биохимия: учебник /Под ред.Е.С.Северина -3-е изд.,испр. – М.:ГЭОТар-Медиа, 2010.-384 с.:илл.
8. Богуславская С.М., Любичанковский В.М. Методологическое обоснование парадигмы единства гуманитарной и естественнонаучной составляющих культуры личности // Вести ОГУ. 2009.№4. с.14-18.
9. Вернадский В.И. Начало и вечность жизни.- М.: Республика, 1989. -156 с.
10. Гераскина Г. В. Белки и аминокислоты. Учебное пособие / М., 1991.- 72 с..
11. Гераскина Г.В. Математические модели роста популяций. Лекции по спецкурсу. -М.:МПУ, 1996. -20 с., с табл. и илл.
12. Гераскина Г.В. Основы ферментативного катализа (Строение и механизм действия ферментов). Учебное пособие к спецкурсу.- М.: МОПИ, 1983. – 97 с.
13. Гераскина Г.В. О применении системного подхода при изучении места и роли популяции в процессах видообразования.

Материалы Международной научно-практической конференции «География и экология: проблемы науки, практики и образования», (г. Москва, 19 мая 2016 г.), М.: ИИУ МГОУ, 2016. С.43-46

14. Гераскина Г.В. О рассмотрении проблемы устойчивости экологических сообществ в рамках общесистемного понятия гомеостатичности. Материалы 2-й Международной научно-практической конференции «География и экология: научное творчество, междисциплинарность, образовательные технологии», (г. Москва, 16-17 февраля 2017 г.), М.: ИИУ МГОУ, 2017. С.254-257.

15. Гераскина Г.В. Применение методов планирования эксперимента в анализе биохимических процессов. Учебное пособие. – М.: МОПИ, 1979. -79 с., с табл. и илл.

16. Гераскина Г.В., Арустамов Э.А. Значение изучения и особенности преподавания естественнонаучных дисциплин на различных направлениях подготовки бакалавриата // Интернет-журнал «Мир науки», 2017, том 5, №3, с.1-7

17. Гераскина Г.В., Арустамов Э.А. Особенности изучения естественнонаучной картины мира студентами направления подготовки «Педагогическое образование» // Вестник МГОУ. Серия «Педагогика», 2017, №3, с.84

18. Гераскина Г.В., Арустамов Э.А., Гильденскиольд С.Р. Методические принципы научного познания при изучении студентами научных методов исследования в курсе «Концепции современного естествознания» // Интернет-журнал «Мир науки», 2018, том 6, №2, с.1-7.

19. Гераскина Г.В., Арустамов Э.А., Гильденскиольд С.Р. Формирование общекультурных компетенций при изучении естественнонаучных дисциплин на направлении подготовки бакалавров «Педагогическое образование». Материалы I Международной научно-практической конференции «Добродеевские чтения-2017», (12-13 окт. 2017 г.). Москва: ИИУ МГОУ, 2017. С.207-209.

20. Гераскина Г.В., Раткевич Е.Ю. К методике изучения химической картины мира в вузовском курсе «Естественнонаучная картина мира» // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Педагогика. 2015. №2. С.54-62

21. Гераскина Г.В., Раткевич Е.Ю. Методические рекомендации по изучению законов сохранения в вузовском курсе «Концепции современного естествознания». Материалы 57-й Всероссийской научно-

практической конференции химиков с международным участием «Актуальные проблемы химического и экологического образования», ( г. СП(б), РГПУ им. А.И. Герцена, 2010 г., с.192-193.

22. Гераскина Г.В., Раткевич Е.Ю. О модуле «Химия и экология» в программах физико-математического образования. Материалы 61-й Всероссийской научно-практической конференции химиков с международным участием «Актуальные проблемы химического и экологического образования», ( г. СП(б), РГПУ им. А.И. Герцена, 2014 г., с.272-273.

23. Гераскина Г.В., Раткевич Е.Ю. О структуре курса «Биология с основами экологии» для гуманитарных и технических специальностей. Материалы 2-й Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы биоэкологии». Москва: ИИУ МГОУ, 2010. С.208-210.

24. Гераскина Г.В., Раткевич Е.Ю. Общий подход к изучению внутримолекулярных и межмолекулярных процессов на основе принципа структурного и химического соответствия. Материалы 63-й Всероссийской научно-практической конференции химиков с международным участием «Актуальные проблемы химического и экологического образования», ( г. СП(б), РГПУ им. А.И. Герцена, 2016 г., с.218-222.

25. Гераскина Г.В., Раткевич Е.Ю. Особенности изучения биологической картины мира в курсе «Концепции современного естествознания» // Электронный журнал «Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки». [Сайт]. 2014. № 1. URL: <http://evestnik-mgou.ru/Articles/Doc/530>. 2014. №1

26. Гераскина Г.В., Раткевич Е.Ю. Принцип зональности систем живой и неживой природы в экологическом образовании. Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2011. Т.13, № 1(6). С.1544-1546.

27. Гераскина Г.В., Раткевич Е.Ю. Экологическая картина мира как очередной этап естественнонаучной революции в биологии. Материалы 2-й Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы биоэкологии». Москва: ИИУ МГОУ, 2010. С.210-212.

28. Гильденскиольд С.Р., Арустамов Э.А., Гераскина Г.В. Необходимость создания в Подмоскowie отрасли обращения с отходами с применением мировых технологий. Материалы I Международной научно-практической конференции «Добродеевские чтения-2017», (12-13 окт.2017г.). Москва: ИИУ МГОУ, 2017. С.100-102.

29. Естественнонаучная картина мира (курс лекций): Учебно-методическое пособие./ Раткевич Е.Ю., Базаева М.Г., Базаева Т.А., Гераскина Г.В., Мансуров Г.Н. /.- М.: 2013 (издание 2-е, дополненное и переработанное. -134 с.

30. Идлис Г.М. Единство естествознания по Бору и единообразные взаимосвязанные периодические системы физики, химии, биологии и психологии. // Исследования по истории физики и механики(1990). М.: Наука, 1990. С. 37-78.

31. Идлис Г.М. К вопросу о математизации науки о науке (аксиоматические основания) // Философия и социология науки и техники (1987). М.: Наука, 1987. С. 114-136.

32. Ивин А.А. Логика: Пособие для учащихся.-М.: Просвещение, 1996, -206с.

33. Коничев А.С. Молекулярная биология: учебник для студ. учреждения высш. пед. проф. образования/ А.С.Коничев, Г.А.Севастьянова – М.: Изд. центр «Академия», 2012. -400 с.

34. Концепции современного естествознания: курс лекций и тестовый контроль //МансуровГ.Н., Гераскина Г.В. и др.- М.: Экомир, 2011 . -148 с.

35. Кузнецов В.И., Идлис Г.М.,Гутина В.Н. Естествознание. -М.: Агар, 1996, -384 с.

36. Лосев А.Ф. Ойкумена мысли. // О религии. София: Альманах: вып.1. Уфа, 2005, с.15-16.

37. Одум Ю. Экология (в 2-х томах). -М.: Мир, 1986.Т.2. -376 с.

38. Окунь Л.Б. Фундаментальные константы физики. // Успехи физических наук, 1991, том 161, №9, с. 177.

39. Основы биохимии /Уайт А.,Хендлер Ф., Смит Э., Хилл Р., Леман И.– М.: Мир, 1981;

40. Основы экологического образования. Учебно-методическое пособие// Базаева М.Г., Гераскина Г.В. и др.- М.: Экомир, 2012. – 200 с.

41. Подымов Л.И. Педагогические условия интеграции естественнонаучного и гуманитарного знания в свете проблемы двух

культур в классическом вузе // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2012.№2. с.158-160.

42. Пригожин И., Стенгерс И. Время, хаос, квант. К решению парадокса времени (8-е издание). Изд. группа URSS, 2014, -240 с.

43. Природопользование: учебник для вузов с грифом Минобрнауки/ Арустамов Э.А. и др.;8-е изд., - М., «Дашков и К», 2008.- 295с.

44. Протасов В.Ф. Экология, здоровье и природопользование в России/ В.Ф.Протасов, А.В.Молчанов; -М.: Финансы и статистика, 1995, - 528 с.

45. Раткевич Е.Ю., Гераскина Г.В. О некоторых принципах системного подхода в химико-педагогическом образовании. Материалы 60-й Всероссийской научно-практической конференции химиков с международным участием «Актуальные проблемы химического и экологического образования», ( г. СП(б), РГПУ им. А.И. Герцена, 2013 г., с.126-130.

46. Раткевич Е.Ю., Гераскина Г.В. Об опыте формирования некоторых основополагающих принципов естественнонаучного мировоззрения в вузовском курсе биологии. Материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы методики преподавания биологии, географии и экологии». Москва: ИИУ МГОУ, 2012. С.65-66.

47. Раткевич Е.Ю., Гераскина Г.В. Опыт изучения проблемы саморегуляции природных систем в вузовских курсах естествознания. Материалы 55-й Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы модернизации химического и естественнонаучного образования», ( г. СП(б), РГПУ им. А.И. Герцена, 2008 г., с.155-157.

48. Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы).М.: Россия молодая,1994. -367 с.

49. Сборник тестовых заданий по курсу «Естественнонаучная картина мира»: Учебно-методическое пособие/под ред Г.Н.Мансурова/ Издание 2-е, дополненное и переработанное. -Москва, 2013. -188 с.

50. Спиркин А.Г. Философия: учебник. –М.: 2006. -736с.

51. Тищенко П.Д. Био-власть в эпоху биотехнологии. М.: ИФРАН, 2001. -177 с.



52. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике, том 3. –М.: Мир, 1977.

53. Хакен Г. Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам.(3-е изд., испр. и доп.) -М.: URSS: Ленанд, 2014. -317с.

54. Хакен Г. Синергетика. М.: Мир, 1985. - 424 с.

55. Холл А.Д., Фейджин Р.Е. Определение понятия системы//Исследования по общей теории систем. –М., 1966.-с.252.

56. Эйнштейн о религии / Альберт Эйнштейн. - М.: Альпина нон-фикшн, 2010. - 144 с.

Арустамов Эдуард Александрович, Гераскина Галина Валентиновна, Ховард Анна,

Гильденскиольд Сергей Русланович, Левакова Ирина Вячеславовна

Структура, содержание и методическое обеспечение курсов естественнонаучных  
дисциплин в вузах

Монография издана в авторской редакции

Главный редактор – Кирсанов К.А.

Вёрстка – Кирсанов К.К.

Ответственный за выпуск – Алимова Н.К.

Научное издание

**Системные требования:**

Системные требования: IBM PC с процессором Pentium 2; ОЗУ 128 Мб; операц.  
система Windows XP; программа Adobe PDF Reader; CD-ROM дисковод, мышь.

Режим доступа: <http://izd-mn.com/PDF/27MNNPM18.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.  
– Яз. рус., англ.

ООО «Издательство «Мир науки»

«Publishing company «World of science», LLC

Адрес:

Юридический адрес — 127055, г. Москва, пер. Порядковый, д. 21, офис 401.

Почтовый адрес — 127055, г. Москва, пер. Порядковый, д. 21, офис 401.

<http://izd-mn.com>

**ДАННОЕ ИЗДАНИЕ ПРЕДНАЗНАЧЕНО ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ  
НА ЭЛЕКТРОННЫХ НОСИТЕЛЯХ**