

*Международный консорциум «Электронный университет»  
Московский государственный университет экономики,  
статистики и информатики  
Евразийский открытый институт*

---

**Н.М. Юрина  
С.И. Алексеев**

# **Концепция современного естествознания**

*Учебное пособие  
Руководство по курсу  
Учебная программа*

**Москва 2004**

УДК 5  
ББК 20  
Ю 72

**Юрина Н.М., Алексеев С.И. КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ:** Учебное пособие, руководство по курсу, учебная программа / Московский государственный университет экономики статистики и информатики. – М., 2004. – 124 с.

Учебное пособие составлено в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования и предназначено для студентов экономических и гуманитарных специальностей.

В пособии представлены краткая история естествознания, панорама современного естествознания и тенденции развития, даны представления о связи естественнонаучной и гуманитарной культур, о научных методах и процессе познания. Отдельные темы посвящены структурным уровням организации материи, развитию представлений о пространстве и времени, основным принципам и закономерностям в природе. Рассмотрены законы сохранения в макроскопических процессах, принцип возрастания энтропии. Изложены основные законы и представления химии, особенности биологического уровня материи, представления об эволюции и генетике, учение о биосфере и ноосфере; состояние современной экологии; принципы универсального эволюционизма; путь к формированию современной научной картины мира.

(Список лит.: 44 назв).

ISBN 5-7764-0486-X

© Юрина Н.М., 2004  
© Алексеев С.И., 2004  
© Московский государственный университет  
экономики, статистики и информатики, 2004

## Содержание

<b>УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ .....</b>	<b>5</b>
Введение.....	6
1. История естествознания.....	7
2. Панорама современного естествознания.....	15
3. Методы научного познания.....	18
3.1. Понятие метода и методологии. Классификация методов научного познания .....	18
3.2. Общенаучные методы эмпирического познания.....	19
3.3. Общенаучные методы теоретического познания.....	20
3.3.1. Абстрагирование. Восхождение от абстрактного к конкретному.....	20
3.3.2. Идеализация. Мысленный эксперимент.....	21
3.3.3. Формализация. Язык науки.....	21
3.3.4. Индукция и дедукция.....	21
3.4. Общенаучные методы, применяемые на эмпирическом и теоретическом уровнях познания .....	22
3.4.1. Анализ и синтез.....	21
3.4.2. Аналогия и моделирование.....	22
4. Структурные уровни организации материи (микро-, макро- и мегамиры).....	26
4.1. Развитие представлений о микромире.....	26
4.1.1. Квантовая физика и ее роль в развитии представлений о микромире.....	29
4.2. Макро- и мегамиры.....	30
4.3. Гипотезы о происхождении Земли и других планет.....	32
4.4. Эволюция Вселенной и ее составляющих.....	33
5. Развитие представлений о движении, пространстве, времени, материи и их соотношении при переходе от механики Галилея-Ньютона к релятивистской картине мира.....	36
6. Основные принципы и закономерности в природе.....	42
6.1. Принцип относительности.....	42
6.2. Принцип симметрии.....	43
6.3. Принцип взаимодействия.....	44
6.4. Принципы суперпозиции, неопределенности, дополненности.....	44
7. Закон сохранения энергии. Принцип возрастания энтропии.....	46
8. Химия как естественная наука. Ее роль в развитии естествознания.....	52
8.1. Понятие об объектах, изучаемых химией. Становление химии как науки.....	52
8.2. Законы сохранения в химии.....	52
8.3. Основы атомно-молекулярного учения. Химические соединения, системы, реакции и процессы (связи, строения, энергетика).....	53
8.4. Химическая технология. Химическая промышленность.....	58
8.5. Состояние современной химии, тенденции развития.....	58

9. Особенности биологического уровня организации материи, его эволюция.....	60
9.1. Эволюция материи. Возникновение биосферы.....	60
9.2. Эволюционное учение и генетика.....	61
10. Современная экология, ее структура и задачи.....	66
10.1. Понятие об экологии и ее структуре.....	66
10.2. Экологические системы и их устойчивость.....	66
10.3. Учение о биосфере и ноосфере.....	67
10.4. Инженерная (промышленная) экология.....	70
10.5. Экология и здоровье человека.....	75
11. Развитие принципов единства природы, всеобщего эволюционизма. Формирование современной научной картины мира.....	77
Контрольные тесты для самостоятельной оценки качества освоения дисциплины.....	79
Вопросы к экзамену (зачету).....	84
Список литературы.....	86
 <b>РУКОВОДСТВО ПО КУРСУ</b> .....	<b>89</b>
 <b>УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА</b> .....	<b>119</b>

# *Учебное пособие*

## **Введение**

Естествознание – неотъемлемая и очень важная часть общечеловеческой культуры. Знание современных научных концепций, фундаментальных научных положений является необходимым элементом общекультурной подготовки специалистов в любой области деятельности, в том числе экономической, гуманитарной и др.

Концептуальное изучение проблем научного познания природы способствует формированию научного мировоззрения и теоретического мышления, развитию способности методологически применять естественнонаучные знания в профессиональной деятельности экономиста, юриста, социолога.

На современном этапе тесной интеграции экономических наук с естественными и техническими знание основных закономерностей, современного состояния и тенденций развития естествознания поможет студентам применять экономические знания для решения задач естественных и технических отраслей, комплексно подходить к исследуемым проблемам.

## 1. История естествознания

Естествознание – это система (совокупность) наук о природе. Объектом естествознания является природа. Под природой понимается весь материальный мир, взятый во всем многообразии.

Естествознание в своем развитии с древних времен по наши дни претерпело множество модификаций. Исторически разным представлялся его объект, хотя всегда он оставался природой. На протяжении тысячелетий понимание науки менялось, менялись ее содержание и форма, ее влияние на общество.

Первой формой, претендующей на осмысление природы, ее явлений, было религиозно-мифологическим созерцание, сложившееся у различных племен, населявших ареал Эгейского моря в середине-конце 2-го тысячелетия до н. э.

Этапом непосредственно предшествующим возникновению античной философии была эпическая обработка народной мифологии Гомером и другими аэдами.

В период формирования рабовладельческих общественных отношений возникла античная натурфилософия (от лат. *Natura* – природа), или философия природы. Ее считают первой в истории человечества формой существования естествознания

Античная натурфилософия характеризовалась чисто умозрительным истолкованием природного мира, рассматриваемого в его целостности.

Считалось, что философии в ее натурфилософской форме отведена роль «науки наук», ибо она является вместилищем всех человеческих знаний (так полагали приверженцы натурфилософии).

Натурфилософское понимание природы содержало много вымышленного, фантастического, далекого от действительности в понимании мира.

Появление натурфилософии и ее длительное существование объясняется рядом обстоятельств:

- отсутствием естественнонаучного знания (в его нынешнем понимании);
- слабой дифференцированностью естествознания вплоть до XIX столетия. Еще в XVIII веке в качестве самостоятельных наук существовали лишь механика, математика, астрономия и физика. Химия, биология, геология находились лишь в процессе становления. В такой ситуации натурфилософия, строя общую картину природы, стремилась заменить собой отсутствующие естественные науки;
- отрывочному знанию об объектах и явлениях природы натурфилософия противопоставляла свои умозрительные представления о мире.

Для истолкования непонятных явлений натурфилософы обычно придумывали какую-нибудь силу (например, жизненную силу) или какое-нибудь мифическое вещество (флогистон, эфир).

Когда в XIX в. естествознание достигло достаточно высокого уровня развития и был накоплен и систематизирован большой фактический материал, существование натурфилософии потеряло историческое оправдание. А в связи с этим понимание философии как «науки наук» также прекратило свое существование, но вместе с тем обрела свой предмет для исследования. Тем не менее такая двусторонняя связь между философией и естествознанием сохраняется по сей день.

Однако, вернемся к периоду зарождения науки. Принято считать, что наука зародилась в Древней Греции в VI в. до н.э. (Уже к 200 г. до н.э. греки сумели точно определить длину земного шара, хотя китайцы еще раньше и независимо от греков сделали ряд важных открытий, особенно в астрономии).

В Древней Греции возникали первые научные сообщества (милетская школа, платоновская академия, пифагорийцы и др.). При этом древнегреческие мыслители были, как правило, одновременно и философами, и учеными-естествоиспытателями.

В V-IV вв. до н. э. греческие мыслители создают свое учение о природе (Аристотель, Фалес, Гераклит и др.) Важной характеристикой древнегреческой натурфилософии был космоцентризм. Древнегреческой концепции понятия космоса был характерен налет прежних мифологических представлений о мире.

Вместе с тем уже в V в. до н.э. появляется понимание космоса как Вселенной, как окружающего человека мира.

При этом космос наделялся либо качествами, присущими живым существам, либо социальными качествами, отражавшими социальные отношения тогдашнего общества.

Космос являлся как бы макрочеловеком, а человек – это микрокосмос. Таким образом, человек выступает, как часть всеобщего космического целого. В нем воплощены все те силы и «стихии», которые образуют космос.

Представления о «стихиях» как основных, простейших элементах, из которых складывается космос, возникло уже на первом этапе становления античной натурфилософии.

К таким простейшим элементам или «стихиям» чаще всего относили огонь, воду, воздух и землю.

Итак, древнегреческая натурфилософия прошла в своем развитии несколько этапов. Первый этап называют ионийским.

В VI в. до н.э. древнегреческая цивилизация обрела господство в обширном регионе, охватывающем юго-восточное Средиземноморье, Малую Азию и часть черноморского побережья. К этому времени завершилось формирование городов-государств. Среди них выделялся Милет – главный город Ионийской колонии в Малой Азии на побережье Эгейского моря.

Там сформировалась Милетская школа натурфилософии, которая оставила глубокий след в истории античной культуры.

Основатель милетской школы Фалес Милесский (625–547 гг. до н.э.) полагал, что началом всего существующего является вода. Нашу землю он сравнивал с островом, плавающим в океане воды. Фалес был одним из первых ученых античности, оставившим определенный след в истории астрономии и математики (предсказал солнечные затмения, определил солнцестояния и равноденствия, открыл, что луна светит отраженным светом. Им была указана Полярная звезда и ряд созвездий, что послужило руководством для мореплавателей. Он ввел календарь, определив продолжительность года в 360 дней и разделив его на 12 тридцатидневных месяцев).

Ученик Фалеса Анаксимандр (610–546 гг. до н.э.) первоосновой мировоззрения считал мифическое вещество, которому дал наименование «апейрон» (беспредельное, неопределенное).

Анаксимандру принадлежала первая в Европейской науке попытка дать общекосмическую картину мира.

В этой картине Земля – центр Вселенной. В отличие от Фалеса Анаксимандр утверждал, что Земля пребывает в мировом пространстве, ни на что не опираясь. По мнению американского исследователя Ч. Кана, это было самое значительное достижение научной мысли милетской школы.

Итак, постепенно происходил переход от созерцательного мировосприятия – наблюдения за природой – к появлению и расширению научных знаний.

Среди первых объектов, вовлеченных благодаря практике в сферу человеческих интересов, были Солнце, планеты, звездное небо, знание о которых имело большое значение в развитии мореплавания и земледелия.

Составление натурфилософской картины мира завершается переходом к математическим моделям космоса в учениях древних пифагорийцев. Начинается осознанное размежевание материалистического и идеалистического мировоззрения.

Пифагор (582-500 гг. до н.э.) занимал особое место в науке древней Греции. Он внес немалый для своей эпохи вклад в развитие математики и астрономии. Пифагору (через 60 лет после Фалеса) приписывают доказательство знаменитой теоремы. Пифагор пытался с помощью чисел объяснить различные свойства материи.

Имеются упоминания о том, что Пифагор придерживался мнения о шарообразности Земли и ее вращении вокруг собственной оси. Вместе с тем Пифагор был геоцентристом, т.е. считал Землю центром Вселенной.

Другой грек – Евклид (330 г. до н.э.) заложил основы преподавания классической геометрии, используемые и поныне.

Архимед (287 г. до н.э.) очень остроумно использовал математику для практических целей.

Архимед открыл закон, гласящий, что если тело погружено в жидкость, то кажущаяся потеря его веса равна весу вытесненной им жидкости. Архимеду, по преданию, принадлежит изобретение винта для подъема воды. При помощи системы рычагов он осуществил спуск на воду большого судна.

Евдокс (около 408 г. до н.э.) заложил научные основы астрономии. Он попытался объяснить движения Солнца и планет, центры которых расположены вблизи центра Земли.

Древнегреческий философ – материалист Демокрит создал первую атомистическую теорию.

Возникновение атомистики знаменует второй этап развития древнегреческой натурфилософии (Афинский), охватывающий V-IV века до н.э. В этот период завершается господство концепции «стихий» и возникает новое направление – атомистика.

В современной литературе основные принципы атомистической теории Демокрита сводятся обычно к следующим положениям:

1. Материя не возникает и не уничтожается. Всякое изменение есть только соединение и разъединение некоторых частей, из которых она состоит.
2. Ничто не происходит случайно, но всегда по причине и необходимости.
3. Ничего не существует, кроме атомов и пустоты; представления обо всем прочем есть только мнение. Атомы представляют собой абсолютно плотные, неделимые, обладающие весом, формой и величиной частицы. Число атомов и число их бесконечных форм бесконечно.
4. Различные предметы образуются из атомов разных форм и различных сочетаний, подобно тому, как слова образуются из букв. Из атомов образуются не только отдельные предметы, но и целые миры; их также бесконечно много, они возникают и исчезают в бесконечном пространстве вследствие движения атомов.

Мельчайшими Демокрит считал атомы огня. Основа всех атомов – огонь – одно и то же, но количественное различие атомов, составляющих атомы, приводит и к качественному различию. Четыре типа атомов составляют соответственно атомы четырех элементов (огня, воздуха, воды, земли).

Демокрит не говорит о конкретных формах атомов, кроме атомов огня.

Атомисты неоднократно подчеркивают, что «бытие» (атомы) не возникают из «небытия» (пустоты), материя вечна, всегда существовала, существует и будет существовать.

Учение Демокрита об атомном строении тел, о бесконечности Вселенной и множественности миров, о вечности, неуничтожимости движения настолько опережало время, что впоследствии многие поколения ученых разрабатывали его идеи. Теория Демокрита играла существенную роль вплоть до великих естественнонаучных открытий конца XIX века.

В формировании натурфилософской картины мира большая роль принадлежит Аристотелю.

Как первый и крупнейший историк античной мысли Аристотель дал анализ почти всех предшествующих ему философских и естественнонаучных концепций и на основе критического осмысления предпринял попытку синтеза различных направлений в единую натурфилософскую систему. Однако его стремление связать космологическое, биологическое и физическое направления в систему привело к чрезвычайно абстрактному и противоречивому толкованию основных понятий («материя», «форма», «причина» и др.), к сведению исследований многих проблем лишь к лексическому анализу терминов.

Однако в учениях Аристотеля (о движении, о сущном и сущности и др.) пересекаются идеалистические и материалистические корни всей античной философии.

Аристотель выделяет 3 основные «философские науки»: математику, учение о природе и учение о божественном.

Центральную роль в аристотелевской картине мира играет космологическое учение (трактат «О небе», «Физика», «Метафизика», «О возникновении и уничтожении»). Предметом этого учения является по Аристотелю мир в целом, ограниченный сферой неподвижных звезд, и небесные тела, которые совершают круговые обращения относительно Земли. В противоположность почти всем предшествующим учениям о природе аристотелевская концепция начисто отвергает идею эволюции космоса и его возникновения во времени.

Эта созданная Аристотелем модель вечной и неизменной Вселенной оставалась в течение многих веков (до Коперника, Декарта и Канта) самой авторитетной теорией.

Третий (эллинистский) этап в древнегреческой натурфилософии характеризуется развитием математики и механики (предположительно с 330 по 30 гг. до н.э.). Крупнейшим ученым – математиком этого периода был Евклид (III в. до н.э.). Идеи атомистики Демокрита в этот период получили развитие в учении Эпикура. Самое главное учение Эпикура – попытка найти какие-то внутренние источники жизни атомов, их движения.

Первоклассным математиком и механиком этого периода был Архимед (287–212 гг. до н.э.).

При римлянах наука в Европе пришла в упадок. В средневековье происходит переориентация с изучения природного мира на познание своего внутреннего мира, как отношения к богу. Насаждаются теология, богословие. Развитие естествознания замедляется.

Пока Европейская христианская наука переживала длительный период упадка (вплоть до XII–XIII в), на Востоке, наоборот, наблюдался прогресс науки.

Нужно отметить, что арабы в Северной Африке сохранили накопленные их предшественниками знания. Арабы были завоевателями и путешественниками и заимствовали математические знания у сирийцев, греков, индусов. Но внесли и свой вклад в развитие математики, астрономии, фармакологии. Выдающимся ученым-энциклопедистом средневекового Востока был Ибн Сина (890–1077); знаменитый арабский математик Аль-Хорезми (заложил основы алгебры).

Через арабов Европа познакомилась с китайскими открытиями и изобретениями: порохом, магнитным компасом, книгопечатанием.

Арабы оказали цивилизации неоценимую услугу, познакомив западный мир с научными идеями Индии и Китая. Но ни арабы, ни Индия, ни Китай не стали основателями современной науки. Она зародилась в Европе.

Несмотря на негативное влияние церкви, развитие естествознания в средневековой Европе продолжалось.

Важная роль в развитии науки принадлежит Леонардо Пизанскому (1180–1240 гг.) Он ввел арабские цифры в Европе.

Одним из наиболее известных средневековых ученых был англичанин Роджер Бэкон (1214–1292 гг.). Он занимался оптикой, телескопами, изобрел очки. Его основная заслуга в том, что он подчеркивал роль эксперимента в науке и по праву считается одним из предшественников современной науки, сочетающей в себе теорию и эксперимент. Его продолжателем в этом смысле стал позже Галилей.

Большую роль в подъеме западной христианской науки сыграли университеты (Парижский, Болонский, Оксфордский, Кембриджский и др.), которые стали образовываться, начиная с XII в. И хотя эти университеты первоначально предназначались для подготовки духовенства, но в них уже тогда начинали изучаться предметы математического и естественного направления (например, в Парижском университете группа во главе с Иорданом Неморарием развивала античное учение о равновесии простых механических устройств; в Оксфорде Томас Брадвардин (1290–1344) написал трактат «О пропорциях»).

Следует отметить, что развитие естествознания не является лишь монотонным процессом накопления знаний об окружающем природном мире. Такой характер развития был присущ для натурфилософии античности, для «преднауки» средневековья. Начиная с XV–XVI вв. характер научного прогресса существенно меняется. В развитии науки появляются переломные этапы, выводящие на качественно новый уровень знаний, радикально меняющий прежнее видение мира. Эти переломные этапы в генезисе научного знания получили наименование научных революций.

Первая научная революция произошла в эпоху перехода от Средневековья к Новому времени, т.е. в эпоху Возрождения. Последняя характеризовалась возрождением культурных ценностей античности (отсюда и название эпохи), расцветом искусства, утверждением идей гуманизма.

В эпоху Возрождения в Европе вновь ожил дух открытий. Для этой эпохи была характерна прочная связь культуры, искусства и науки. Наиболее ярким представителем эпохи итальянского Возрождения, сочетавшим в себе таланты художника, скульптора, архитектора, инженера, был Леонардо да Винчи.

Эпоха Возрождения отличалась существенным прогрессом науки и радикальным изменением миропонимания, которое явилось следствием появления гелиоцентрического учения великого польского астронома Николая Коперника (1473–1543), изложенного в труде «Об обращении небесных сфер» (1543).

Коперник совершил переворот в Естествознании, отказавшись от принятого в течение многих веков учения о центральном положении Земли (от геоцентрической системы мира).

Новое миропонимание исходило из того, что Земля одна из планет, движущихся вокруг Солнца по круговым орбитам.

Учение Коперника явилось первой в истории человечества научной революцией. Католическая церковь объявила учение Коперника ересью. Сам Коперник избежал преследования ввиду своей смерти, случившейся в том же году, в котором был опубликован его главный труд «Об обращении небесных тел» (1543). Этот труд был запрещен католической церковью на протяжении двух столетий с 1616 по 1828 г.

Защитники учения Коперника были объявлены еретиками и подвергнуты гонениям.

Одним из активных сторонников учения Коперника был знаменитый итальянский мыслитель Джордано Бруно (1548–1600). Но он пошел дальше Коперника, отрицая наличие центра Вселенной вообще и отстаивая тезис о бесконечности Вселенной. Бруно говорил о существовании во Вселенной множества тел, подобных Солнцу и окружавшим его планетам. В 1600г. Дж. Бруно был сожжен на костре.

Вслед за эпохой Возрождения в истории Естествознания начинается так называемая эпоха Нового времени, которая охватывает, три столетия: XVII, XVIII, XIX вв. В этом периоде особую роль сыграл XVII век – век создания классической механики и экспериментального естествознания, у истоков которого стояли такие выдающиеся ученые, как Галилей, Кеплер, Ньютон.

Эти достижения были названы второй научной революцией.

В учении Галилео Галилея (1564–1642) были заложены основы нового механистического естествознания. Галилей сформулировал принцип инерции (тело либо находится в состоянии покоя, либо движется, не изменяя направления и скорости своего движения, если на него не производится какого-либо внешнего воздействия), открыл закон свободного падения тел.

Астрономические исследования Галилея обосновывали и утверждали гелиоцентрическую систему Коперника (Галилей установил, что Солнце вращается вокруг своей оси, а на его поверхности имеются пятна, обнаружил 4 спутника Юпитера и др.).

Одним из крупных математиков и астрономов конца XVI начала XVII вв. был Иоганн Кеплер, открывший законы движения планет:

- 1) каждая планета Солнечной системы движется по эллипсу;
- 2) скорость движения увеличивается с приближением планеты к Солнцу.

Важные открытия были сделаны в XVII в. и в других науках, например английский врач Уильям Гарвей (1578–1657) открыл закон кровообращения. Он по праву считается основоположником современной физиологии и эмбриологии.

Химия как наука возникла несколько позже других на основе древней алхимии. В конце XVIII века благодаря работам Антуана Лавуазье и Джозефа Пристли в ней наметился существенный прогресс, проложивший путь атомистической гипотезе Джона Дальтона.

Вторая научная революция завершилась творчеством Исаака Ньютона (1643–1727). Его научное наследие чрезвычайно разнообразно. В него входит и созданное параллельно с Лейбницем, но независимо от него дифференциальное и интегральное исчисление, которое стало основой математического анализа и математической базой всего современного естествознания. Ньютон сформировал три основных закона движения, которые легли в основу механики как науки (первый – инерции, второй – ускорение прямо пропорционально действию силы и обратно пропорционально массе тела, третий – закон равенства действия и противодействия). И, наконец, – закон всемирного тяготения.

Идеи Ньютона, опиравшиеся на математическую физику и эксперимент, определили направление развития естествознания на многие десятилетия вперед.

В истории изучения человеком природы сложились два прямо противоположных метода, которые приобрели всеобщий характер. Это – диалектический и метафизический методы.

При метафизическом подходе объекты и явления окружающего мира рассматриваются изолированно друг от друга, без учета их взаимных связей, как бы в застывшем, неизменном состоянии.

Диалектический подход, наоборот предполагает изучение объектов, явлений в их взаимосвязи, с учетом реальных процессов их изменения, развития.

Новые научные идеи и открытия второй половины XVIII – первой половины XIX вв. вскрыли диалектический характер явлений природы.

Начало процессу диалектизации (и третьей научной революции в естествознании) положила работа Иммануила Канта (1724–1804) «Всеобщая естественная история и теория Неба», в которой была сделана попытка исторического объяснения происхождения Солнечной системы (во времени). Идеи Канта независимо от него развил и дополнил 40 лет спустя французский математик и астроном Пьер Симон Лаплас. Таким образом, с середины XVIII века естествознание стало все больше проникаться идеями эволюционного развития явлений природы. Значительную роль в этом сыграли труды М.В.Ломоносова (1711–1765), который удачно совмещал теоретические и экспериментальные исследования. Для него был характерен «метод философствования, опирающийся на атомы». За 48 лет до французского физика и химика А.Лавуазье (казненного в годы Великой Французской революции) М.В.Ломоносов экспериментально открыл и теоретически обосновал закон сохранения вещества, высказав при этом и идею закона сохранения движения. Он разрабатывал механическую теорию теплоты, объясняя ее вращательным движением корпускул (молекул), кинетическую теорию газа, волновую теорию света, исследовал грозовые электрические явления, природу северного сияния. Грозовые разряды он объяснял трением восходящих тепловых и нисходящих холодных потоков воздуха. Ломоносов доказал наличие атмосферы у Венеры. Изучая земные слои, он обосновывал оригинальные эволюционные идеи об образовании гор, руд, каменного угля, торфа, нефти, почв, янтаря. Ученый предполагал существование жизни на других планетах. Большое внимание энтузиаст науки уделял методологии познания, подчеркивая единство теории и опыта, необходимость их опоры друг на друга. Будучи страстным патриотом, он не щадил сил в отстаивании интересов России.

В XIX в. диалектическая идея развития распространялась на широкие области естествознания, в первую очередь на геологию и биологию.

Эволюционное учение в области биологии отстаивал французский естествоиспытатель Жан Батист Ламарк (1744–1829).

Быстрое развитие биологии, геологии и палеантологии, основывающееся на эволюционных идеях, подготовило почву для теории Дарвина.

На протяжении XIX столетия темп развития наук непрерывно возрастал. Была обнаружена связь магнетизма и электричества (Джоуль), открыт закон сохранения энергии (Гельмогольц) и в конечном итоге процесс превращения материи из одной формы в другую.

Происходит развитие термодинамики, открытие ее законов. Термодинамика сыграла важную роль в решении практических задач преобразования тепла в работу. Таким образом, в XIX веке вслед за механикой теоретическими науками стали химия, термодинамика, учение об электричестве. Теоретизация химии связана в первую очередь с исследованиями англичанина Дж. Дальтона, сознательно положившего в основу теоретического обоснования химических изменений вещества атомистическую идею и придавшего этой идее вид конкретной научной гипотезы. Это стало началом химического этапа развития атомистики. В 1861 году русский химик А.М. Бутлеров сформулировал основные положения теории химического строения молекул.

Впервые немецким химиком Фридрихом Велером было синтезировано искусственное органическое вещество – мочевина.

Эпохальным явилось открытие выдающегося химика Д.И. Менделеева (1834–1907) установившего, что свойства элементов изменяются в периодической зависимости от их атомных весов.

Исследования в области электромагнитного поля положили начало разрушению механической картины мира. Вклад в этот процесс внесли Шарль Огюст Кулон (1736–1806), доказавший, что положительный и отрицательный заряды притягиваются прямо пропорционально величине зарядов, Майкл Фарадей (1741–1869), который ввел в науку понятие электромагнитного поля.

Математическую разработку идей Фарадея дополнил английский ученый Максвелл. Он доказал, что свет представляет собой распространяемые в пространстве электромагнитные волны. Немецкий физик Генрих Герц экспериментально подтвердил теоретические выводы Максвелла.

Выдающиеся заслуги в развитии биологии принадлежат русским ученым П.Ф. Горьинину (одному из создателей клеточной теории строения организмов), эволюционистам К.Ф. Рулье, А.Н. Бекетову и И.И. Мечникову. основополагающие открытия в физиологии высшей нервной деятельности совершил И.М. Сеченов. Его учение о механизмах деятельности головного мозга было развито работами великого исследователя И.П. Павлова. И.М. Сеченов (1829–1905) доказал, что в основе психических явлений лежат физиологические процессы. Если Р. Декарт осознал рефлекторный характер произвольных движений, управляемых спинным мозгом, то И.М. Сеченов первым высказал идею о рефлекторном характере произвольных движений, управляемых головным мозгом. Продолжением этой идеи явилось открытие И.П. Павловым (1855–1935) условных рефлексов. И.М. Сеченов доказал, что раздражение определенных центров в головном мозгу тормозит деятельность центров спинного мозга. Благодаря И.М. Сеченову головной мозг стал предметом экспериментального исследования, а психические явления начали получать материалистическое объяснение в конкретной научной форме.

Таким образом, в XVII–XIX вв. наряду с бурным развитием наук происходит их дифференциация. Появившийся в конце XIX в. – первых десятилетиях XX в. «каскад» научных открытий коренным образом изменил существовавшие физические воззрения.

В 1896 г. французский физик Беккерель открыл явление радиоактивности. В его исследования включились французские физики супруги Мария Склодовская-Кюри, Пьер Кюри, сумевшие получить новые радиоактивные вещества.

В 1897 г. английский физик Томсон открыл первую элементарную частицу – электрон.

В 1911 г. знаменитый английский физик Резерфорд предложил планетарную модель атома. Нильс Бор, приняв ее в качестве исходной и опираясь на квантовую теорию, начало которой было положено немецким физиком Планком, предложил свою модель атома. Согласно этой модели при переходе электрона из одного стационарного состояния в другое – с одной орбиты на другую атом излучает или поглощает энергию.

Сенсационным открытием явилась теория относительности Альберта Эйнштейна (1879–1955). Специальная теория относительности, созданная им в 1905г., показала, что для движущихся тел изменяется сам темп движения времени. Развивая эти идеи дальше (через 10 лет) Эйнштейн создал общую теорию относительности, показавшую, что гравитация порождается искривлением пространства – времени.

Открытия на рубеже XIX–XX вв. по праву считаются четвертой научной революцией, приведшей к признанию релятивистской и квантовомеханической картины мира.

Новые идеи способствовали прогрессу научного знания и пониманию с одной стороны структуры атома и элементарных частиц, с другой Вселенной и ее составных частей.

## 2. Панорама современного естествознания

Естествознание объединяет науки о природе, то есть об органическом и неорганическом мире, существующем во Вселенной. Под наукой понимают систему знаний о закономерностях развития природы, общества и мышления, а также отдельную отрасль таких знаний. Предмет естествознания – это различные формы движения материи в природе; их материальные носители, образующие лестницу уровней структурной организации материи; их взаимосвязи, внутренняя структура; основные формы всякого бытия – пространство и время; закономерная связь явлений природы.

Природа, которая служит предметом естествознания, рассматривается не абстрактно, вне деятельности человека, а конкретно, как находящаяся под воздействием человека, так как ее познание достигается в итоге теоретической и практической деятельности людей.

Цели естествознания двояки:

- находить сущность явлений природы, их законы и на этой основе предвидеть или создавать новые явления;

- раскрывать возможность использования на практике познанных законов.

Открытие законов природы есть заключительный этап длительного процесса познания и формирования стройной системы знаний, «от живого созерцания к абстрактному мышлению и от него к практике». Сначала на основании наблюдений и чисто умозрительных идей возникает некая гипотеза. Если вытекающие из нее следствия подтверждаются экспериментальными фактами, то гипотеза постепенно превращается в теорию, а со временем, быть может, в принцип почти непреходящего значения, то есть в законы природы. В этой цепочке большая роль принадлежит научному эксперименту, который может либо подтвердить, либо опровергнуть ту или иную гипотезу. Наблюдение, гипотеза, эксперимент, теория, закон природы – основные этапы процесса познания. И в то же время наряду с идеями, принципами, категориями являются формами научного знания.

Дадим научные определения терминам «гипотеза», «эксперимент», «теория», «закон природы». *Гипотеза* – научное предположение, выдвигаемое для объяснения каких-либо явлений и требующее проверки на опыте и теоретического обоснования для того, чтобы стать достоверной теорией. *Эксперимент* – научно поставленный опыт, наблюдение исследуемого явления в точно учитываемых условиях, позволяющих следить за ходом явления и многократно воспроизводить его при повторении этих условий. *Теория* – учение, система научных принципов, идей, обобщающих практический опыт и отражающих закономерности природы, общества, мышления. В более узком значении теория – это совокупность обобщенных положений, образующих какую-либо науку или раздел ее, а также правил в области какого-либо мастерства, искусства. *Законом* принято называть наиболее глубокие и твердо установленные обобщения. *Законы природы* – это основанные на практической деятельности (в самом широком смысле этого слова) и сформулированные человеком представления о механизме различных явлений. С развитием науки они могут пересматриваться. Например, ньютоновские законы движения не применимы к телам, движущимся со скоростью, близкой к скорости света; а закон сохранения массы нарушается при слиянии или расщеплении атомных ядер.

Как правило, любая истинная научная теория не может со временем не обнаружить своей ограниченности, и один из наиболее плодотворных подходов в современных исследованиях заключается в том, что теории проверяют, пытаясь найти их область применимости. В результате многочисленных проверок теория может стать частью новой, более совершенной и глубокой теории. Так, механика Ньютона и электродинамика Максвелла

послужили для Эйнштейна тем фундаментом, опираясь на который, он создал свою теорию относительности с ее новыми глубокими взглядами на пространство и время.

Таким образом, естествознание – одно из трех основных областей научного знания о природе, обществе, мышлении.

В естествознании можно выделить эмпирическую, теоретическую и производственно-прикладную стороны. Они соответствуют общему ходу познания. В целом естествознание представляет собой весьма сложное явление, обладающее различными сторонами и связями. Ему свойственны специфические черты, отличающие его от других областей научного знания, особые закономерности и тенденции развития. Одна из них проявляется на протяжении всей истории естествознания и заключается в ускоренном росте научных знаний. Начиная с XVII века объем научной деятельности удваивается каждые 10–15 лет, что находит выражение в ускорении роста количества научных открытий и научной информации, а также числа людей, занятых в науке. В результате число ныне живущих ученых и научных работников составляет свыше 90% от общего числа ученых за всю историю науки.

Развитию естествознания свойственен кумулятивный характер: на каждом историческом этапе оно суммирует в концентрированном виде свои прошлые достижения, и каждый результат входит неотъемлемой частью в его общий фонд, не перечеркиваясь последующими успехами познания, а лишь переосмысливаясь и уточняясь. Преемственность естествознания приводит к необратимому характеру его поступательного развития.

Процесс развития естествознания находит свое выражение не только в возрастании суммы накапливаемых положительных знаний. Он затрагивает также всю структуру естествознания. На каждом историческом этапе научное познание использует определенную совокупность познавательных форм – фундаментальных категорий и понятий, методов, принципов, то есть всего того, что объединяют понятием стиля мышления. Например, для античного стиля мышления характерно наблюдение как основной способ получения знаний. Наука Нового времени опирается на эксперимент и на господство аналитического подхода, направляющего мышление к поиску простейших, далее не разложимых первоэлементов исследуемой реальности. Современная наука характеризует стремление к целостному и многостороннему охвату изучаемых объектов. Каждая конкретная структура научного мышления после своего утверждения открывает путь к экстенсивному развитию познания, к его распространению на новые сферы реальности. Однако накопление нового материала, не поддающегося объяснению на основе существующих схем, заставляет искать новые, интенсивные пути развития науки, что приводит время от времени к научным революциям, т.е. радикальной смене основных компонентов содержательной структуры науки, к выдвиганию новых принципов познания, категорий и методов науки. Чередование экстенсивных и революционных периодов развития, характерное как для естествознания в целом, так и для отдельных его отраслей, рано или поздно находит свое выражение также и в соответствующих изменениях форм организации науки.

Всю историю естествознания пронизывает сложное диалектическое сочетание процессов дифференциации и интеграции. Дифференциация научного знания имеет многовековую историю. Первыми науками, выделившимися в определенной мере из древней натурфилософии, претендующей на роль «науки наук», были астрономия и математика. Наибольшую активность процесс дифференциации приобрел в XVII–XIX в.в. Самостоятельными науками стали география, геология, палеонтология, физика, биология, несколько позже – химия, физиология; оформилась как наука термодинамика и многие другие. Таким образом, освоение все новых областей реальности и углубления познания приводят к дифференциации науки. Вплоть до XIX века ведущей тенденцией развития науки была

специализация, отделение наук друг от друга. Однако с развитием естествознания появились новые сложные научные проблемы, требующие привлечения возможностей способов и методов различных естественных наук. Всеобщая взаимосвязь явлений и процессов, существующих в мире, обусловила на определенном этапе развития естествознания появления тенденции к интеграции научных знаний. Интеграция проявляется, в частности в том, что на всех этапах развития естествознания трудно было разделить естественные и так называемые технические или прикладные науки, настолько тесно они переплетаются с математикой, физикой, химией.

Первоначально новые отрасли естествознания формировались по предметному признаку – сообразно с вовлечением в процесс познания новых областей и сторон действительности. Для современного естествознания становится все более характерным переход от предметной к проблемной ориентации, когда новые области знания возникают в связи с выдвижением определенной крупной теоретической или практической проблемы. Так возникло значительное количество стыковых наук типа биофизики, биохимии, электрохимии и др. Их появление продолжает в новых формах процесс дифференциации естествознания, но вместе с тем дает и новую основу для интеграции прежде разобщенных научных дисциплин.

К одной из наиболее быстро развивающихся новых наук относится радиоастрономия. Современные и, казалось бы, совершенные телескопы обладают ограниченной возможностью. В радиоастрономии наблюдения ведутся с помощью радиоволн. В частности с помощью радиотелескопа был обнаружен самый большой объект Вселенной – галактика с размером  $2 \cdot 10^7$  световых лет.

Важной чертой блока естественных наук является его теоретико-логическая строгость, стройность, высокая математизированность и доступность математизации.

В естествознании сформировались мысленный и натурный, физический типы эксперимента, затем они переросли в научно-производственный с его теоретико-прикладными возможностями, а в настоящее время – в машинный или математический. Он применяется в познании объектов, трудно доступных, либо вовсе не доступных иным средствам исследования.

Еще одной выигрышной особенностью естествознания является преодоление многими составляющими его науками своих объектных и методологических границ, выход их на общенаучный уровень. Особо надо отметить физику, кибернетику, объектом изучения которой являются управленческие процессы и системы любой природы (включая живые организмы в информационном аспекте), этологию (науку о поведении высокоорганизованных животных и их сообществ), экологию.

### **3. Методы научного познания**

#### **3.1. Понятие метода и методологии.**

##### **Классификация методов научного познания**

Многовековой опыт позволил людям прийти к выводу, что природу можно изучать научными методами. Понятие метод (от греч. «методос» – путь к чему-либо) означает совокупность приемов и операций практического и теоретического освоения действительности.

Учение о методе начало развиваться еще в науке Нового времени. Так, видный философ, ученый XVII в. Ф.Бэкон сравнивал метод познания с фонарем, освещающим дорогу путнику, идущему в темноте.

Существует целая область знания, которая специально занимается изучением методов и которую принято именовать методологией («учение о методах»). Важнейшей задачей методологии является изучение происхождения, сущности, эффективности и других характеристик методов познания.

Методы научного познания принято подразделять по широте применимости в процессе научного исследования. Различают всеобщие, общенаучные и частнонаучные методы.

Всеобщих методов в истории познания два: диалектический и метафизический. Метафизический метод с середины XIX в. начал все больше вытесняться диалектическим.

Общенаучные методы используются в самых различных областях науки (имеет междисциплинарный спектр применения).

Классификация общенаучных методов тесно связана с понятием уровней научного познания.

Различают два уровня научного познания: эмпирический и теоретический. Одни общенаучные методы применяются только на эмпирическом уровне (наблюдение, эксперимент, измерение); другие – только на теоретическом (идеализация, формализация), а некоторые (например моделирование) – как на эмпирическом, так и на теоретическом.

Эмпирический уровень научного познания характеризуется непосредственным исследованием реально существующих, чувственно воспринимаемых объектов. На этом уровне осуществляется процесс накопления информации об исследуемых объектах (путем измерения, экспериментов) здесь происходит первичная систематизация полученных знаний (в виде таблиц, схем, графиков).

Теоретический уровень научного исследования осуществляется на рациональной (логической) ступени познания. На данном уровне происходит выявление наиболее глубоких, существенных сторон, связей, закономерностей, присущих изучаемым объектам, явлениям. Результатом теоретического познания становятся гипотезы, теории, законы.

Однако эмпирические и теоретические уровни познания взаимосвязаны между собой. Эмпирический уровень выступает в качестве основы, фундамента теоретического.

К третьей группе методов научного познания относятся методы, используемые только в рамках исследований какой-то конкретной науки или какого-то конкретного явления.

Такие методы именуются частнонаучными. Каждая частная наука (биология, химия, геология) имеет свои специфические методы исследования.

Однако частнонаучные методы содержат черты как общенаучных методов, так и всеобщих. Например в частнонаучных методах могут присутствовать наблюдения, измерения. Или например всеобщий диалектический принцип развития проявляется в биологии в виде открытого Ч. Дарвином естественноисторического закона эволюции животных и растительных видов.

### 3.2. Общенаучные методы эмпирического познания

*Наблюдение* есть чувственное отражение предметов и явлений внешнего мира. Научное наблюдение (в отличие от обыденного) характеризуется рядом особенностей: целенаправленностью, планомерностью, активностью.

Наблюдение как метод познания более или менее удовлетворяло потребности наук, находившихся на описательно-эмпирической ступени развития. Дальнейший прогресс научного познания был связан с переходом к более высокой ступени развития, на которой наблюдения дополнились экспериментальными исследованиями. По способу проведения наблюдения могут быть непосредственными и опосредованными.

При *непосредственных наблюдениях* свойства, стороны объекта воспринимается органами чувств человека. В настоящее время непосредственные визуальные наблюдения используются в космических исследованиях как важный метод научного познания.

*Опосредованное наблюдение* производится с использованием тех или иных технических средств, которые в огромной мере расширили возможности метода наблюдения (до начала XVII в. астрономы наблюдали за небесными телами невооруженным глазом, изобретение в 1608 г. оптического телескопа подняло астрономические наблюдения на новую высокую ступень).

Развитие современного естествознания связано с повышением роли так называемых *косвенных наблюдений*. Косвенные наблюдения обязательно основываются на некоторых теоретических положениях, устанавливая определенную связь между наблюдаемым явлением и наблюдателем. (например, в виде математического выражения функциональной зависимости)

*Эксперимент* – более сложный метод эмпирического познания. Он предполагает активное, целенаправленное и строго контролируемое воздействие исследователя на изучаемый объект.

Эксперимент обладает рядом особенностей:

- эксперимент позволяет изучать объект в «очищенном» виде, т.е. устранять всякого рода побочные факторы;
- в ходе эксперимента объект может быть поставлен в некоторые искусственные, в частности экстремальные условия;
- изучая какой-либо процесс, экспериментатор может вмешиваться в него, активно влиять на его протекание;
- важным достоинством многих экспериментов является их воспроизводимость.

В зависимости от характера проблем, решаемых в ходе экспериментов, последние подразделяются на исследовательские и проверочные. *Исследовательские* дают возможность обнаружить у объекта новые, неизвестные свойства. *Проверочные* служат для проверки, подтверждения тех или иных теоретических построений.

Исходя из методики проведения и полученных результатов эксперименты можно разделить на качественные и количественные. *Качественные* носят поисковый характер и не приводят к получению каких-либо количественных соотношений. *Количественные* направлены на установление точных количественных зависимостей в исследуемом явлении (в реальной практике эти два вида экспериментов реализуются в виде последовательных этапов).

В зависимости от области научного знания различают естественнонаучные, прикладные (в технических науках, сельскохозяйственной науке) и социально-экономические эксперименты.

Говоря об эксперименте, нельзя не упомянуть о проблеме планирования эксперимента. Она возникла с переходом от так называемого однофакторного эксперимента (когда изменяется какой-то один фактор исследуемого процесса) к многофакторному (когда варьируются одновременно все факторы, влияющие на результаты эксперимента). Многофакторный метод впервые разработал применительно к области прикладных наук в начале 20-х годов XX в. английский статистик Р. Фишер.

Планирование эксперимента в научных исследованиях привело к появлению новой дисциплины – математической теории эксперимента, с помощью которой достигается оптимизация работы экспериментатора при одновременном обеспечении высокого качества экспериментальных исследований.

Большинство научных экспериментов и наблюдений включает в себя проведение разнообразных измерений. *Измерение* – это процесс, заключающийся в определении количественных значений тех или иных свойств, сторон изучаемого объекта, явления с помощью специальных технических устройств. Результат измерения получается в виде некоторого числа единиц измерения. Единица измерения – это эталон, с которым сравнивается измеряемая сторона объекта или явления (эталону присваивается числовое значение «1»). В настоящее время в естествознании действует преимущественно Международная система (СИ), принятая в 1960 г. XI генеральной конференцией по мерам и весам.

### 3.3. Общенаучные методы теоретического познания.

#### 3.3.1. Абстрагирование. Восхождение от абстрактного к конкретному

В процессе рассмотрения конкретных чувственно воспринимаемых предметов и явлений (изучения чувственно – конкретного) человек приходит к каким-то обобщенным представлениям, понятиям, теоретическим положениям, т.е. к абстракциям. От изучения чувственно – конкретного, человек приходит к абстрактному.

*Абстрагирование* заключается в мысленном отвлечении от каких-то менее существенных свойств, сторон, признаков изучаемого объекта с одновременным выделением, формированием одной или нескольких существенных сторон, свойств, признаков этого объекта.

В научном познании широко применяются, например *абстракции отождествления и изолирующие абстракции*. Первое понятие получают в результате отождествления некоторого множества предметов (отвлекаясь от целого ряда их индивидуальных свойств, признаков) и объединения их в особую группу, например, объединение всего множества растений и животных в особые виды, роды, отряды, семейства и т.д. Изолирующая абстракция получается путем выделения некоторых свойств, отношений, связанных с предметами материального мира в самостоятельные сущности («электропроводность», «растворимость»).

Но формирование научных абстракций, общих теоретических положений не является конечной целью познания, а представляет собой только средство более глубокого, разностороннего познания конкретного. Поэтому необходимо дальнейшее восхождение познания от достигнутого абстрактного вновь к конкретному. Полученное на этом этапе «конкретное» будет качественно иным по сравнению с полученным на этапе чувственного познания.

Например, понимание электромагнитных явлений (конкретного) после появления знаменитых уравнений Максвелла существенно расширилось и обогатилось. Или, в результате новых данных науки, полученных на рубеже XIX–XX вв., оказалась существенно поколеблена прежняя механистическая картина мира, фундамент которой заложил Ньютон.

### **3.3.2. Идеализация. Мысленный эксперимент**

Мысленная деятельность включает в себя особый вид абстрагирования – *идеализацию*, которая представляет собой мысленное внесение определенных изменений в изучаемый объект в соответствии с целями исследований. В результате идеализации могут быть исключены из рассмотрения какие-то свойства, стороны, признаки объектов. Пример идеализации – широко распространенная в механике «материальная точка», которая подразумевает тело, лишенное всяких размеров. Такой абстрактный объект удобен при описании движения. А «идеальный газ» Максвелла–Больцмана стал основой исследований обычных молекулярных разряженных газов.

Идеализация важна для реализации специфического метода теоретического познания – *мысленного эксперимента*. В мысленном эксперименте исследователь оперирует не материальными объектами, а их идеализированными образами и само оперирование производится в его сознании, т.е. чисто умозрительно. Научная деятельность Галилея, Ньютона, Максвелла, Эйнштейна и других ученых, заложивших основы современного естествознания, свидетельствует о существенной роли мысленного эксперимента в формировании научных теорий.

### **3.3.3. Формализация. Язык науки**

Под *формализацией* понимается особый подход в научном познании, который заключается в использовании специальной символики, позволяющей отвлечься от изучения реальных объектов, от содержания описывающих их теоретических положений и оперировать вместо этого некоторым множеством символов (знаков). Ярким примером формализации являются широко используемые в науке математические описания различных объектов, явлений, которые основываются на соответствующих содержательных теориях.

### **3.3.4. Индукция и дедукция**

*Индукция* (от лат. Inductio – наведение, побуждение) есть метод познания, ясно выявляющийся на формально логическом умозаключении, которое приводит к получению общего вывода на основании частных посылок. Другими словами, это есть движение нашего мышления от частного, единичного к общему.

Индукция, широко применяемая в научном познании, обнаруживая сходные признаки, свойства многих объектов, делает вывод о присущности этих признаков, свойств всем объектам данного класса.

Родоначальником классического индуктивного метода познания является Френсис Бэкон, но он трактовал ее очень широко, как универсальный метод познания природы. На самом деле методы научной индукции служат главным образом для нахождения эмпирических зависимостей между экспериментально наблюдаемыми свойствами объектов и явлений.

*Дедукция* (от лат. Deductio – выведение) есть получение частных выводов на основе знания каких-то общих положений. Другими словами, это есть движение нашего мышления от общего к частному, единичному.

### 3.4. Общенаучные методы, применяемые на эмпирическом и теоретическом уровне познания

#### 3.4.1. Анализ и синтез

Под *анализом* понимают разделение объекта (мысленно или реально) на составные части с целью их отдельного изучения. В качестве таких частей могут быть какие-то вещественные элементы объекта или же его свойства, признаки, отношения и т.п. Анализ занимает важное место в изучении объектов материального мира. Однако, например, в науке Нового времени аналитический метод был абсолютизирован. Ученые не замечали значения целого, «рассекали природу на части» (по выражению Ф. Бэкона), что было результатом метафизического метода мышления. Анализ составляет первый этап в процессе познания.

На втором этапе познания необходимо вскрывать объективно существующие связи между составными частями того или иного объекта, рассматривать их в единстве. Переход от изучения отдельных составных частей объекта к изучению его как единого целого связывают с другим методом познания – *синтезом*. На основе синтеза происходит дальнейшее изучение объекта. При этом устанавливается взаимосвязь и взаимообусловленность его частей, что позволяет понять подлинное диалектическое единство изучаемого объекта.

Анализ и синтез – две стороны единого аналитико–синтетического метода познания. Ф. Энгельс подчеркивал, что «без анализа нет синтеза».

#### 3.4.2. Аналогия и моделирование

Под *аналогией* понимается подобие, сходство каких-то свойств, признаков или отношений у различных в целом объектов. В основе метода аналогии лежит сравнение. Если делается логический вывод о наличии какого-то свойства, признака у изучаемого объекта на основании его сходства с другими объектами, то этот вывод называется умозаключением по аналогии.

Например:

объект А имеет свойства  $P_1, P_2, \dots, P_n, P_{n+1}$  ;

объект Б имеет свойства  $P_1, P_2, \dots, P_n$  .

На основании сходства ряда свойств ( $P_1, P_2, \dots, P_n$ ) у обоих объектов делается предположение о наличии свойства  $P_{n+1}$  у объекта Б.

Степень правильности умозаключения по аналогии тем выше, чем

- больше общих свойств у сравниваемых объектов;
- существеннее обнаруженные у них общие свойства;
- глубже познана взаимная закономерная связь этих сходных свойств.

Метод аналогии применяется в самых разных науках : в математике, физике, химии, в гуманитарных дисциплинах и т.д.

Существуют различные типы выводов по аналогии. Но общим для них является то, что во всех случаях непосредственному исследованию подвергается один объект, а вывод делается о другом, то есть происходит перенос информации с одного объекта на другой. При этом объект, который подвергается исследованию, именуется моделью, а другой объект, на который переносится информация, полученная в результате исследования модели, называется оригиналом, то есть модель выступает как аналогия.

Под *моделированием* понимается изучение моделируемого объекта, базирующееся на взаимнооднозначном соответствии определенной части свойств оригинала.

Моделирование включает в себя построение модели, изучение ее и перенос полученных сведений на моделируемый объект–оригинал.

В зависимости от характера используемых моделей различают несколько видов моделирования:

- 1) *мысленное (идеальное) моделирование* (например, планетарная модель атома, предложенная Резерфордом);
- 2) *физическое моделирование* широко используется для разработки и экспериментального изучения различных сооружений (плотин электростанций, оросительных систем и т.п.), машин (аэродинамические качества самолетов), для лучшего понимания каких-то природных процессов и т.д.

Пренебрежение результатами физического моделирования может привести к тяжелым последствиям (например, гибель английского корабля-броненосца «Кэлтэн» в 1870 г. Ученый–кораблестроитель В.Рид в результате исследований, проведенных на модели корабля, выявил существования дефекта в его конструкции, но это было проигнорировано английским адмиралтейством. В результате при выходе в море «Кэлтэн» перевернулся и погибло более 500 человек);

- 3) *символическое (знаковое) моделирование* связано с условно-знаковым представлением каких-то свойств, отношений объекта-оригинала (в виде графиков, номограмм, схем; химической символики – структурных формул химических соединений).

Важной разновидностью символического моделирования является математическое моделирование (математические уравнения: дифференциальные, интегральные и их системы вместе с известными данными для их решения);

- 4) *численное моделирование* на ЭВМ на основе математической модели изучаемого объекта с помощью предварительно составленных программ.

Таким образом, для изучения объектов, явлений и процессов в естествознании используют как методы эмпирического, так и теоретического уровня познания, как общенаучные, так и частные методы. Например, в химии широко используются экспериментальные методы качественного и количественного анализа. Для качественного изучения химических веществ и их количественных определений химики применяют оптические, хроматографические, электрохимические и другие методы, которые в свою очередь подразделяются на еще более частные методики.

Для изучения строительных материалов, их структуры и свойств наряду с традиционными физико-механическими используются такие современные частнонаучные методы, как рентгенографический, дифференциально-термический анализ, инфракрасная спектроскопия, электронная микроскопия и другие.

Наряду с частными методами при изучении указанных объектов применяют и общенаучные методы, например, анализ и синтез, аналогию и моделирование и другие.

В экономических исследованиях также используется определенная сумма научных методов. Это и всеобщие методы, и такие общенаучные методы, как исторический и логический, и специфические экономические методы.

В экономической теории применяются два противоположных всеобщих метода – метафизика и диалектика.

*Метафизика* рассматривает все явления разрозненно, в состоянии покоя и неизменности. Такой подход к изучению экономики допускается в тех случаях, когда приходится тщательно анализировать какой-то элемент системы в отдельности или выяснять внутреннюю структуру хозяйственных отношений, не принимая в расчет любые их изменения. Так, основоположник американской школы политической экономии Дж. Кларк в книге «Распределение богатства» впервые рассмотрел состояние техники, технологии, ор-

ганизации производства и распределения доходов общества в статике (неизменном виде) и динамике (под воздействием прогрессивных перемен).

Экономическая теория полнее отражает действительность, если берет на вооружение *диалектику* – учение о наиболее общих закономерностях становления и развития всех явлений природы, общества и мышления. Выдающийся немецкий философ Георг Гегель (1770–1831 гг.) – создатель систематической теории диалектики – центральное место в этой теории отводил противоречию. Последнее он рассматривал как единство взаимоисключающих и одновременно взаимнопредполагающих друг друга противоположностей. Противоречие Г. Гегель оценивал как «мотор», как внутренний импульс всякого развития. Это, разумеется, в полной мере относится и к экономике.

При изучении хозяйственных процессов, например, авторы «Экономикс» констатируют наличие противоречий в современной рыночной системе, в управлении всей экономикой и в других областях хозяйственной деятельности. Профессора К. Макконнелл и С. Брю пишут: «Не существует экономических систем без слабостей и недостатков». В частности, они доказывают и необходимость, и «несостоятельность» государственного сектора экономики, приводят аргументы в пользу равенства в распределении доходов и против равенства, а также выставляют аргументы «за» рынок и «против» рынка.

Диалектический метод отражает не только противоречия, но и неотрывность и единство противоположностей. Это позволяет на практике объединять в целостность казалось бы несоединимые стороны явления. Поэтому в хозяйственной деятельности возникают различные формы, позволяющие находить компромисс.

Важную роль в изучении экономики играют общенаучные методы. В их числе – исторический метод, который позволяет рассматривать хозяйственные системы последовательно их историческому развитию. Такой подход позволяет конкретно и наглядно представить все особенности каждой системы на разных этапах ее исторического развития.

Однако исторический подход к анализу хозяйственной деятельности таит в себе существенные недостатки. Обилие описательного материала и частных исторических подробностей может затруднять серьезное теоретическое изучение экономики. Подобным путем не удастся четко выявить типические черты систем производства. Преодолеть эти недостатки помогает логический метод.

Логический метод позволяет применить законы и формы правильного мышления. Это служит неперенным условием достижения истинности высказываемых положений и выводов.

Использование логического метода помогает глубже понять причинно-следственные зависимости в экономике. Люди не всегда замечают, что между хозяйственными процессами существуют определенные объективные связи. Последние изменяются по времени и в пространстве с естественной последовательностью, которую можно назвать объективной логикой (внутренней закономерностью развития хозяйственных явлений). Если, скажем, по какой-то причине приостанавливается добыча нефти, то это с неизбежностью влечет за собой множество нежелательных последствий: прекращают работать нефтеперерабатывающие заводы, предприятия нефтехимии, не производится моторное топливо, отключаются тепловые электростанции и т.д.

Чтобы освободиться от стихийных сил хозяйственного развития, или, по крайней мере, уменьшить их разрушительные последствия, экономическая наука стремится как можно полнее и глубже познать объективную логику экономического развития в масштабе каждого предприятия, страны и всего мира. Полученные теоретические и практические выводы используются для прогнозирования и улучшения управления хозяйством.

Рассмотрение качественных признаков экономических систем дополняется изучением количественной стороны хозяйственных процессов при помощи методов математики и статистики. В экономической теории широко применяются специальные разделы данных наук: экономико-математические методы и экономическая статистика.

Использование широкого арсенала научных методов при изучении тех или иных объектов, явлений и процессов способствует получению более детальных и глубоких знаний, позволяет выявить общие для изучаемых систем элементы и признаки, закономерности развития.

## 4. Структурные уровни организации материи. Микро-, макро- и мегамиры

В структуре материального мира выделяют прежде всего мир живой и неживой природы. Однако развитие современной науки показало, что это деление относительно условно, поскольку все живое – растения и животные – существуют за счет превращения химических веществ. Кроме того, все многообразие известных человечеству объектов и свойственных им явлений принято разделять на три различных уровня – микро-, макро- и мегамиры. Следует отметить, что и живая и неживая природа имеют микро- и макроуровни развития материи.

Микромир – это мир атомов и элементарных частиц. Наряду с углублением познания в область микромира для науки XX века характерно стремление к изучению объектов мегамира – галактик, Вселенной.

Макромир – мир наиболее знакомых нам объектов «средней величины» от молекул до Земли, изучаемый самыми старыми «классическими» разделами естествознания. Но и этот столь хорошо знакомый всем мир заставляет современную науку искать ответы на неразрешенные еще вопросы о происхождении и эволюции жизни, о природе процессов мышления.

Современной наукой доказано, что при определенных условиях химические процессы могут естественным путем приводить к образованию простейших биологических молекул. Это – начальный этап формирования единой научной картины возникновения жизни от простых молекул (воды, метана,  $\text{CO}_2$ ) до высших форм животных. Проблема происхождения и природы мышления является несравненно более сложной.

В настоящее время предположено К.Х. Рахматуллиним еще два гипотетических уровня – гипомир (микромир в микромире) и гипермир (сверхмегамир). Однако они не стали пока экспериментально наблюдаемыми, достоверно установленными.

### 4.1. Развитие представлений о микромире

Насколько сегодня известно, мысль о том, что материя может состоять из отдельных частиц, впервые была высказана Левкипом из Милета (Др. Греция) в V в. до н. э. Эту идею развил его ученик Демокрит, который и ввел слово «атом» (от греч. «атомос», что значит «неделимый»). В начале XIX века Джон Дальтон (1766–1844 гг.) возродил это слово, подведя научную основу под умозрительные идеи древних греков. Согласно Дальтону, атом – это крошечная неделимая частица материи, принимающая участие в химических реакциях.

Простые представления об атоме, принадлежащие Дальтону, были поколеблены в 1897 году, когда Дж. Дж. Томпсон (1856-1940) установил, что атомы могут испускать еще меньшие отрицательно заряженные частицы (позднее названные электронами). Стало очевидным, что атом обладает внутренней структурой. Это открытие указывало на то, что атом должен содержать и положительные заряды. Томпсон предположил, что электроны рассеяны в положительно заряженном атоме, подобно изюминкам в булке. Эта модель не позволяла объяснить некоторые свойства атомов, однако более совершенную модель удалось создать лишь после открытия радиоактивного излучения. Явление радиоактивности было открыто Беккерелем, который обнаружил, что атомы урана самопроизвольно испускают излучение. Известны три формы этого излучения:  $\alpha$  – поток протонов и нейтронов – ядра  ${}^4_2\text{He}$  (2 протона + 2 нейтрона),  $\beta$  – отрицательно заряженные электроны и  $\gamma$  – коротковолновое магнитное излучение, не несущее заряда.

В 1911 г. Э. Резерфорд (1871–1937) предложил совершенно новую модель атома – планетарную, основанную на результатах его собственных экспериментов и экспериментов Ханса Гейгера, в которых измерялось расстояние  $\alpha$ -частиц при прохождении через золотую фольгу. Согласно модели Резерфорда, положительный заряд и основная масса атома сосредоточены в центральном ядре, вокруг которого движутся электроны. Позже Резерфорд установил, что положительный заряд ядра несут частицы в 1836 раз более тяжелые, чем электрон. Он назвал их протонами. Число протонов называют атомным номером, причем оно всегда равно числу окружающих ядро электронов. Позднее было установлено, что все ядра атомов (кроме ядра водорода), содержат незаряженные частицы – нейтроны с массой, почти равной массе протона.

Модель атома Резерфорда, однако, была неустойчивой, так как вращающиеся электроны, теряя свою энергию, в конце концов, должны были бы упасть на ядро. Атомы же являются весьма устойчивыми образованиями, для разрушения которых требуются огромные силы.

Датский физик Нильс Бор (1885–1962), сделавший следующий важный шаг на пути создания модели атома, опирался на две другие области исследований. Первая из них – квантовая теория, вторая – спектроскопия. Впервые идея квантования была высказана Максом Планком (1858–1947) в 1900 г для объяснения механизма излучения тепла и света нагретым телом. Планк показал, что энергия может излучаться и поглощаться только определенными порциями или квантами.

Бор постулировал, что движущийся электрон в атоме водорода может существовать только на фиксированных орбитах, а спектральные линии водорода соответствуют поглощению (темные линии) или излучению (светлые линии) кванта энергии. Эти процессы происходят, когда электрон «перепрыгивает» с одной фиксированной орбиты на другую.

Согласно современной квантовой теории, фиксированные орбиты Бора не следует понимать слишком буквально – в действительности, электрон в атоме с некоторой вероятностью может быть обнаружен в любом месте, а не только вблизи орбиты.

В результате орбиты Бора оказались не точными траекториями электрона, а местами его наиболее вероятного обнаружения в атоме. Согласно идее корпускулярно-волнового дуализма, впервые высказанной Луи де Бройлем, субатомные частицы можно описывать так же, как и свет, в том смысле, что в одних случаях для этого целесообразно пользоваться понятием «частица», а в других – «волна».

Однако с точки зрения химии представление об атоме как о мельчайшей частичке материи, принимающей участие в химических реакциях, по-прежнему остается наиболее удобным.

С физикой ядра связано явление радиоактивности, сопровождающееся выделением огромного количества ядерной энергии.

Когда масс-спектрометры – приборы, позволяющие измерять массы отдельных ионов и ядер, – достигли достаточно высокой точности, обнаружилось, что массы ядер не равны сумме масс составляющих их протонов и нейтронов. В соответствии с релятивистской формулой Эйнштейна  $E=mc^2$ , эта разность масс и является источником ядерной энергии.

Современная теория рассматривает ядро как исходную каплю, состоящую из протонов и нейтронов. Если ядро распадается на две приблизительно равные части, то такой процесс называется делением (например,  $^{235}\text{U}$ ); если ядро испускает одну или больше частиц (например,  ${}^1_0\text{n}$ ), то это радиоактивный распад; когда же два ядра соединяются вместе, говорят о ядерном синтезе ( ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$ ) (при высоких температурах, давлении, в ускорителях).

Таким образом, к 1932 г. было установлено, что атомы состоят из субатомных (элементарных) частиц – протонов и нейтронов, образующих положительно заряженное ядро, и обращающихся вокруг него отрицательно заряженных электронов.

Английский физик П.А. Дирак предсказал существование позитрона – античастицы электрона, которая экспериментально была открыта в 1934 г.

Чтобы получить законченную картину строения материи, необходимо охарактеризовать не только сами субатомные частицы, но и способ, которым они удерживаются друг возле друга, т.е. их взаимодействие. Установлены четыре типа взаимодействий. Два из них хорошо известны, поскольку они наблюдаются как между макроскопическими объектами, так и на атомном уровне. Гравитационное взаимодействие вызывает притяжение между объектами пропорционально их массе (действие на макроуровне). Электромагнитное взаимодействие имеет место между частицами, обладающими электрическим зарядом. Оно гораздо сильнее гравитационного и обуславливает притяжение между ядрами и электронами.

Внутри самого ядра наблюдаются взаимодействия совершенно иного типа. Несмотря на электромагнитное отталкивание между протонами, протоны и нейтроны в ядре сильно связаны. Это так называемое сильное взаимодействие. Оно примерно в 1000 раз сильнее электромагнитного и действует на расстояниях, сравнимых с размером ядра  $< 10^{-12}$  см.

Взаимодействие четвертого типа – слабое взаимодействие – в триллион раз слабее электромагнитного. Оно наблюдается в ряде процессов, связанных с превращением частиц, например, при  $\beta$ -распаде, в котором нейтрон превращается в протон, электрон и антинейтрино.

Предложены различные способы объяснения взаимодействий. В одном из них используют понятие сил поля. В другой модели взаимодействия, основанной на квантовой механике, используется идея обмена виртуальными частицами. Две заряженные частицы взаимодействуют, испуская и поглощая фотоны. Гравитационное взаимодействие объясняют обменом гипотетическими частицами, называемыми гравитонами. В 1935г. Хидеки Юкава предположил, что сильное взаимодействие, «скрепляющее» ядра, обусловлено обменом некой частицей, значение массы которой лежит в пределах между массами протона и электрона. Сегодня эта частица, названная  $\pi$ -мезоном или пионом, известна. Другая частица, промежуточный векторный бозон, была предложена для объяснения слабых взаимодействий, но обнаружить ее до сих пор не удалось.

При исследованиях космических лучей и в экспериментах, проведенных на ускорителях, было открыто много других частиц. Сейчас известно более 400 субатомных (элементарных) частиц, большинство из которых нестабильно. Они характеризуются определенной массой, зарядом и средним временем жизни частицы. Многочисленные субатомные частицы классифицируются по группам. Частицы, участвующие в сильных взаимодействиях, называются адронами; к ним относятся нуклоны (протоны и нейтроны); частицы, не принимающие участия в сильных взаимодействиях, называются лептонами, среди них – электроны и нейтрино.

Одну из основных своих задач физика высоких энергий видит в создании единой теории, объясняющей и связывающей все четыре типа взаимодействий, а также существование и поведение такого множества элементарных частиц.

Согласно одной из гипотез, известные ныне субатомные частицы сами состоят из каких-то более элементарных частиц – кварков.

#### 4.1.1. Квантовая физика и ее роль в развитии представлений о микромире

Прогрессу физической науки во многом способствовало признание корпускулярно-волнового характера света.

Новый радикальный шаг в развитии физики был связан с распространением корпускулярно-волнового дуализма на элементарные частицы.

Известно, что И. Ньютон рассматривал свет в виде мельчайших корпускул, но после открытия явлений интерференции и дифракции преимущественной стала волновая теория света.

Однако в 1900 г. представление о дискретных порциях (квантах) энергии было использовано немецким физиком Максом Планком (1858–1947) для объяснения процессов поглощения и излучения энергии. Опираясь на представления Планка, А. Эйнштейн в 1905 г. показал, что свет не только поглощается и излучается, но и распространяется квантами. На этой основе он сумел объяснить явление фотоэффекта, состоящего в выбивании с поверхности металла электрона под действием отдельного светового кванта, или фотона, который при этом теряет свою энергию. Энергия фотона  $E$  пропорциональна частоте:

$$E = \nu \hbar,$$

где  $\nu$  – частота светового кванта;  $\hbar$  – постоянная Планка.

Уравнение фотоэффекта имеет вид:

$$E = A_{\text{вых}} + mv^2/2,$$

где  $A_{\text{вых}}$  – работа выхода электрона из металла;  $mv^2/2$  – энергия электрона после выхода из металла.

Таким образом, Эйнштейн показал зависимость энергии электрона от частоты светового кванта и энергии связи электрона с металлом.

Корпускулярные свойства фотона были подтверждены русским физиком П. Н. Лебедевым, доказавшим в 1899г. существование светового давления. Но вскоре выяснилось, что определить энергию фотона (частицы света или электромагнитного поля, не обладающей массой покоя) можно было, только представляя его себе в виде волны соответствующей длиной и частотой. Получалось, что фотон распространяется как волна, излучается и поглощается как частица, то есть является одновременно и волной и частицей.

Таким образом, классические представления о свете как волновом процессе были дополнены новыми взглядами, рассматривающими его как поток световых корпускул, квантов или фотонов. В результате возник так называемый корпускулярно-волновой дуализм.

В 1924 г. французский ученый Луи де Бройль впервые высказал гипотезу о существовании волновых свойств у материи. Он исходил из того, что поскольку волновой материи присущи свойства корпускулярности, то и корпускулярной материи должны быть присущи волновые свойства. Гипотеза де Бройля формулировалась так: «Каждой материальной частице независимо от ее природы следует поставить в соответствие волну, длина которой обратно пропорциональна импульсу частицы:  $\lambda = \hbar/p$ , где  $\hbar$  – постоянная Планка,  $p$  – импульс частицы, равный произведению ее массы на скорость».

Экспериментально эта гипотеза была подтверждена в 1927г. американскими физиками Клинтон Дэйвиссоном и Лестером Джермером, обнаружившими явление дифракции электроном на кристалле никеля, то есть типично волновую картину. Распределение

электронов, отражавшихся от пластинки и летевших лишь по некоторым избранным направлениям, было таким же, как если бы на пластинку падал пучок света с длиной волны, равной длине волны электрона, вычисленной по формуле де Бройля.

Экспериментально подтвержденная гипотеза де Бройля превратилась в основу новой физической теории – квантовой физики.

Таким образом, в классической физике вплоть до второй половины XIX в. под материей понималось вещество. Электродинамикой Максвелла положено основание физическому учению о поле, как особой форме материи. Но вещество и поле рассматривались отдельно друг от друга. Квантовая механика впервые позволила установить связь вещества и поля.

У объектов микромира, рассматриваемых с позиций квантовой механики, обнаружались такие свойства, которые совершенно не имеют аналогий в привычном для нас мире. Прежде всего – это корпускулярно-волновая двойственность или дуализм элементарных частиц. Кроме того, движение микрочастиц в пространстве и времени нельзя отождествлять с механическим движением макрообъектов, оно подчиняется законам квантовой механики. Из этих законов вытекает установленное немецким физиком Вернером Гейзенбергом соотношение неопределенностей: если известно место положения частицы в пространстве, то остается неизвестным импульс (количество движения), и наоборот. Произведение их неточностей не должно быть меньше постоянной Планка:

$$\Delta p \cdot \Delta X \geq \hbar,$$

где  $\Delta p$  – неточность импульса частицы;  $\Delta X$  – неточность ее координаты;  $\hbar$  – постоянная Планка.

Другими словами, суть принципа неопределенностей состоит в том, что если мы стремимся определить очень точно значение одной из сопряженных величин в квантово-механическом описании, например, координаты  $X$  (для этого необходимо  $\Delta X \rightarrow 0$ ), то значение другой величины, а именно скорости или скорее импульса  $p=mv$  будет определено крайне неточно (так как в этом случае согласно принципу неопределенностей  $\Delta p \rightarrow \infty$ ).

Для объяснения соотношения неопределенностей Н. Бор выдвинул принцип дополнительности для квантово-механических описаний микрообъектов, согласно которому корпускулярная картина такого описания должна быть дополнена волновым альтернативным описанием.

Таким образом, принципиальное отличие квантовой механики от классической состоит также в том, что ее предсказания всегда имеют вероятностный характер. Это означает, что мы не можем точно предсказать, в какое именно место попадает, например, электрон в рассмотренном выше эксперименте, какие бы совершенные средства наблюдения и измерения не использовали. Можно оценить лишь его шансы попасть в определенное место, и, следовательно, применить для этого понятия и методы теории вероятностей, которая служит для анализа неопределенных ситуаций. Подчеркивая это «очень важное различие между классической и квантовой механикой», Р. Фейнман указывает, что «мы не умеем предсказывать, что должно было бы случиться в данных обстоятельствах».

## 4.2. Макро- и мегамиры

Как уже было отмечено ранее, жесткой границы, разделяющей структурные уровни организации материи, не существует. При несомненном качественном различии они свя-

заны конкретными процессами взаимопереходов. Наша Земля отнесена к уровню макромира, но в качестве одной из планет Солнечной системы она одновременно выступает и как элемент мегамира.

Частицами, связывающими микро- и макроуровни материи, считают молекулы. Последние, состоящие из атомов, построены аналогично, но объем, занимаемый здесь электронными орбиталями, несколько больше, и молекулярные орбитали ориентированы в пространстве. В результате каждая молекула имеет определенную форму. Для сложных молекул, особенно органических, форма имеет решающее значение. Состав, пространственное строение молекул определяют свойства вещества. Виды связей ионов, структуру веществ и молекул, химические системы и химические реакции рассмотрим позже при изучении темы «Химические системы и процессы».

Мир объектов так называемой средней «средней величины» простирается от молекул до нашей планеты – Земли. Как космическое тело Земля характеризуется следующими данными: объем  $10^{12}$  куб. км, масса  $6 \cdot 10^{21}$  т, средняя плотность вещества  $5,5 \text{ г/см}^3$ . Экваториальный радиус 6378 км, полярный – на 21 км меньше. Общая площадь поверхности Земли – 510 млн км<sup>2</sup>, из них 361 млн км<sup>2</sup> приходится на мировой океан и 149 млн км<sup>2</sup> – на сушу. Земля отстоит от Солнца на 150 млн км и вращается вокруг него со скоростью 30 км/с. Земля образовалась 4,6 млрд лет назад в процессе гравитационной конденсации из рассеянного в околосолнечном пространстве газопылевого вещества.

Пространство вокруг Земли заполнено магнитным полем и называется магнитосферой; вокруг магнитосферы находятся радиационные пояса, в которых заряженные частицы захватываются магнитным полем. Земля защищена этими поясами от космических лучей, губительных для всего живого. Межпланетная среда, окружающая Землю, состоит из твердых тел разных размеров, пылинок, атомов, молекул, элементарных частиц и т.д. Теперь же ко всему этому добавились искусственные спутники и другие объекты, занесенные в космос человеком.

Познание глубин Земли не менее сложно, чем изучение отдаленных областей Вселенной. Наиболее важные сведения о природе земных недр дает анализ сейсмических волн – механических колебаний, возникающих при землетрясениях или взрывах. Земные недра разделяют на три основные области: ядро, мантию и кору. Температура, плотность и давление растут с увеличением глубины. Температура в центре Земли достигает 10000 градусов. Земная кора на континентах имеет толщину до 65 км, а под океанами – до 8 км. Максимальная высота на поверхности Земли – гора Джомолунгма в Гималаях – 8848 м, самое глубокое место – Марианская впадина в Тихом океане – 11022 м. Под земной корой располагается мантия, самая мощная из твердых оболочек Земли. Она простирается до глубины 2900 км и составляет более 60% массы и около 80 % объема Земли. Ядро Земли изучено слабо. Считается, что оно состоит из двух частей: внешней (твердой) и внутренней (жидкой). Внешнее ядро оказывает воздействие на магнитное поле Земли.

Земля – самая крупная из внутренних планет Солнечной системы и самая массивная. Безусловно, она является уникальной планетой нашей системы, поскольку на ней созданы условия для жизни. Прежде всего, от других планет Землю отличает наличие богатой кислородом атмосферы и температура, делающая возможным существование жизни в том виде, в каком мы ее понимаем. Экосистема простирается от орбиты Венера до орбиты Марса. Экосфера Земли – это область, в которой солнечное излучение создает условия, подходящие для жизни. Характерной особенностью Земли является магнитное поле, связанное с плотным богатым железом ядром Земли.

Земля опять же уникальна тем, что большая часть ее поверхности покрыта водой. Хотя она самая большая из четырех внутренних планет, поверхность ее суши много меньше, чем у Венеры, и равна по площади поверхности Марса.

Так как Земля настолько исключительна, высказывались предположения, что она образовалась иначе, чем другие планеты, но это не так. Возраст Земли – по измерениям радиоактивным методом – составляет примерно 4,6 млрд. лет, и, как показало исследование лунных пород, возраст Луны такой же.

Положение Земли в середине экосферы и особенно ее размер и масса явились причиной образования у нее атмосферы особого типа, единственной в своем роде.

Вопрос о том, как возникла Земля, занимал умы людей на протяжении тысячелетий. Он оставался нерешенным, пока сравнительно недавно не были выдвинуты достаточно правдоподобные гипотезы. Но даже сегодня нельзя с уверенностью сказать, что главные проблемы решены.

### 4.3. Гипотезы о происхождении Земли и других планет

Современные теории предполагают, что некогда существовало что-то вроде «солнечной туманности», она содержала вещество, которое, концентрируясь, постепенно образовало планеты. Если так, то Солнце и планеты имеют одинаковое происхождение и состоят из одного и того же вещества.

Возраст Солнца 5 млрд лет. Диаметр в 109 раз больше земного, а масса в 333000 раз больше массы Земли. Температура центральных областей достигает 15 млн градусов, а давление – сотни миллиардов атмосфер. В этих условиях идут ядерные реакции синтеза ядер водорода в ядра гелия за счет которых и выделяется громадная энергия. Над ядром Солнца находится так называемая конвективная зона, а еще выше – атмосфера со слоями фотосферы, хромосферы и короны. Средняя температура поверхности Солнца – 6000 градусов. Если толщина короны достигает десятков солнечных радиусов, то толщина фотосферы всего 300 км. Установлены разные периоды колебания солнечной активности. Через каждые 11-12 лет усиливаются факелы и пятна в фотосфере, вспышки в хромосфере, протуберанцы (громадные плазменные образования) в короне. Все это оказывает заметное воздействие на атмосферу и биосферу Земли.

Сейчас Солнце представляет собой устойчивую звезду главной последовательности, но это не будет продолжаться бесконечно. Согласно существующей гипотезе, в далеком будущем – возможно, через 5 млрд. лет или около того – его структура должна измениться, поскольку «запас» водородного «горючего» начнет истощаться. Тогда Солнце должно начать расширяться, превращаясь в красного гиганта; наступит момент, когда оно будет излучать в 100 раз больше энергии, чем теперь. Действие этого расширения на внутренние планеты будет катастрофическим; даже если они не разрушатся, то потеряют атмосферу и чрезвычайно раскалятся. Затем Солнце сожмется и превратится в белый очень слабый карлик, окруженный уцелевшими членами планетной системы. Таким образом, существование солнечной системы в ее настоящем виде должно быть ограничено.

Солнечная система состоит из одной звезды – Солнца, девяти планет и ряда менее значительных тел – спутников планет. Солнце является самым массивным телом и единственным, обладающим собственным свечением. Остальные члены Солнечной системы светят отраженным солнечным светом.

Планеты делятся на 2 отчетливо различающиеся группы. В первую входят относительно небольшие планеты – Меркурий, Венера, Земля и Марс с диаметром от 12756 км (Земля) до 4880 км (Меркурий).

За Марсом находится широкий «провал», в котором движутся тысячи небольших тел, называемых *астероидами*, планетоидами или малыми планетами.

Далеко за основной зоной астероидов находятся четыре планеты-гиганта: Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун. Эти тела совершенно отличны от планет земной группы: они скорее газовые и жидкие, чем твердые, с очень плотными атмосферами. Их масса очень велика. Самая удаленная из известных планет – Плутон (открыта в 1930г.). Современная техника пока не позволяет ответить на вопрос: есть ли еще более удаленные планеты за орбитой Плутона.

*Кометы* также являются членами Солнечной системы. Они содержат как пылевидные частицы, так и летучие вещества вместе с разряженным газом. Наконец, существует множество метеоритных тел, которые можно рассматривать, как своеобразный мусор Солнечной системы. Кометы – обычно самые дальние объекты Солнечной системы. Некоторые из них удаляются от Солнца на 10000 млрд км – на расстояние одного светового года, т.е. расстояние, которое свет со скоростью 300000 км/с проходит за 1 год (1 световой год  $\sim 10^{13}$  км). Считается, что на этом удалении от Солнца и проходит граница Солнечной системы. Далее начинается сфера влияния других звезд.

*Звезды* – это светящиеся газовые (плазменные) шары, подобные Солнцу, образующиеся из газо-пылевой среды (главным образом из водорода и гелия) в результате *гравитационной конденсации*. При достижении в недрах звезд высокой плотности и температуры (около 10–12 млн К) начинаются термоядерные реакции синтеза элементов, которые являются основным источником энергии большинства звезд. Звезды классифицируют по светимости, массе, температуре поверхности, химическому составу, особенностям спектра.

Массы звезд составляют от 0,1 до 50 солнечных масс. Размеры диаметров звезд различаются очень сильно – от 10–20 км (нейтронные звезды) до сотен миллионов километров (красные сверхгиганты). Плотности вещества звезд колеблются от 1 г/см<sup>3</sup> до 10<sup>14</sup> г/см<sup>3</sup> (нейтронные звезды). Светимости звезд колеблются от 0,001 до 1 млн солнечной светимости, т.е. различаются на 9 порядков (в миллиард раз).

Звезды образуют *галактики*, включающие сотни миллиардов звезд, туманности, межзвездную среду, космические лучи, электромагнитные волны. Наша галактика выглядит как двояковыпуклая линза (диск), толщина которого 1,5 тыс. световых лет, а диаметр 100 тыс. световых лет. Полная масса галактики равна 150 млрд солнечных масс. Ближайшие к нам галактики, видимые невооруженным взглядом, – Магеллановы облака и Туманность Андромеды.

Самый большой объект в мире, включающий все известные современной науке, – это *Метагалактика*. Размеры ее 15-20 млрд световых лет, а возраст 15–20 млрд лет.

#### 4.4. Эволюция Вселенной и ее составляющих

Согласно современным научным представлениям все космические объекты и мегамир в целом претерпевают эволюцию. Одна из наиболее достоверных концепций эволюции Вселенной разработана в трудах А. Фридмана, А. Эйнштейна, Э. Хаббла, Ж. Леметра, Г.А. Гамова и других исследователей. Согласно ей Метагалактика находится в процессе расширения, разбегания галактик от какого-то первичного центра, в котором и зародилась наша Вселенная. Предполагается, что современная Вселенная произошла из материи, находящейся в особом, чрезвычайно раскаленном, сверхплотном состоянии. Примерно 15–20 млрд лет назад этот сгусток материи в силу еще неизвестных причин как бы взорвался и стал быстро расширяться с резким падением температуры. В ходе этого

процесса расширения Метагалактики, продолжающегося до сих пор, и сложилась та ее структура, которая наблюдается в настоящее время.

Космологическое расширение приводит к эффекту «разбегания» галактик со скоростями, возрастающими с расстоянием до галактик, что установлено Хабблом по *красному смещению* линий в их спектрах. Именно на истолковании экспериментально зафиксированного красного смещения спектральных линий галактик основана теория расширяющейся Вселенной. Однако такое истолкование не единственное и расширяющаяся Вселенная является одной из космологических моделей. Наряду с нею предложена также модель пульсирующей Вселенной, согласно которой расширение Вселенной должно смениться в будущем ее сжатием. Космологические модели Вселенной следуют из решения уравнений тяготения А. Эйнштейна в применении к Вселенной в целом. Для изотропной и однородной в больших масштабах Вселенной эти уравнения дают различные модели в зависимости от величины средней плотности  $\rho$  материи во Вселенной. Если  $\rho$  больше некоторого критического значения  $\rho_k$ , связанного с физической постоянной Хаббла, определяющей структуру и эволюцию Вселенной, то Вселенная «замкнута», что соответствует модели пульсирующей Вселенной. Если  $\rho \leq \rho_k$ , то Вселенная «открыта» и будет все время расширяться. Существующие ныне концепции звездной эволюции предполагают изменение со временем физических характеристик и химического состава звезд.

Изучают звездную эволюцию на основе сопоставления физических характеристик множества звезд, находящихся на разных стадиях эволюции. Основные этапы звездной эволюции – образование *протозвезды* (звездного зародыша) в результате *гравитационной конденсации* межзвездного газа и пыли, возникновение в центре сжимающейся звезды термоядерного источника энергии, превращении звезды в гиганта, а затем в постзвезду (звезду на заключительной стадии своего существования) – *белого карлика* (при медленном сжатии массы). При этом звезда продолжает светить уже не за счет ядерных реакций, а в результате освобождающейся в процессе сжатия гравитационной энергии. Диаметр белого карлика равен диаметру нашей Земли, температура достигает около миллиарда градусов, а плотность в сотни тысяч раз больше земной плотности. В течение одного миллиарда лет белый карлик медленно остывает, превращаясь в ничего не излучающий *черный карлик*. Такой характер эволюции на заключительном этапе существования звезды возможен для звезд солнечной массы. Эволюция массивных звезд (с массой выше двух солнечных масс) может *заканчиваться гравитационным коллапсом* – катастрофически быстрым сжатием с образованием *нейтронных звезд* или *черных дыр*. После исчерпания в таких звездах ядерного горючего они теряют свою механическую устойчивость и начинают с увеличивающейся скоростью сжиматься к центру. Если растущее внутреннее давление останавливает гравитационный коллапс, то центральная область звезды становится сверхплотной нейтронной звездой, что может сопровождаться взрывом – сбросом оболочки – и наблюдаться как вспышка сверхновой звезды. Однако, если радиус звезды уменьшился до значения гравитационного радиуса, то никакие силы не могут воспрепятствовать ее дальнейшему сжатию и превращению в черную дыру. Гравитационные радиусы обычных небесных тел ничтожно малы, например, для Солнца – 3 км, для Земли – 0,9 см. Если тело сожмется до размеров меньше его гравитационного радиуса, то никакое излучение или частицы не смогут преодолеть поле тяготения и выйти из-под сферы гравитационного радиуса к удаленному наблюдателю. Нейтронные звезды имеют плотность до 100 млн т/см<sup>3</sup>, диаметр до 20-30 км, они состоят из протонов и нейтронов, так как силы гравитации разрушили в них сложные ядра и вещество снова стало состоять из отдельных элементарных частиц. Открытые в 1967 г. пульсары (источники пульсирующего, периодически изме-

нящегося импульсного излучения) как раз и являются намагниченными вращающимися нейтронными звездами.

Таким образом, согласно современным представлениям звезды светят благодаря идущим внутри их ядерным реакциям, а ход их эволюции существенно зависит от начальной массы звезды: эволюция массивной звезды отличается от эволюции звезды меньшей массы. Общим является то, что все звезды начинают свое существование в облаках газа. В зависимости от массы звезды в конце эволюции становятся либо белыми каликами, либо нейтронными звездами, либо черными дырами.

## 5. Развитие представлений о движении, пространстве, времени, материи и их соотношении при переходе от механики Галилея-Ньютона к релятивистской картине мира

С древних времен категории пространство, время, движение, материя были объектами, изучаемыми естествоиспытателями и философами.

В соответствии с атомистическими взглядами древних натуралистов естествоиспытатели вплоть до двадцатого века отождествляли пространство с пустотой, считали его абсолютным, всегда и повсюду одинаковым и неподвижным, а время – протекающим равномерно.

Классическая физика рассматривала пространство и время как универсальную арену динамики физических объектов.

Галилей, Кеплер, Декарт заложили основы для создания классической механики и так называемой механической (механистической) картины мира, основоположником которой считают Исаака Ньютона.

Галилей сформулировал 4 аксиомы движения. Первая известна как закон инерции: свободное движение по горизонтальной плоскости происходит с постоянной по величине и направлению скоростью.

Вторая – свободно падающее тело движется с постоянным ускорением ( $V^2 - V_0^2 = 2gh$ ).

Третья – свободное падение тел можно рассматривать как движение по наклонной плоскости при угле  $90^\circ$ , а горизонтальной плоскости соответствует закон инерции.

Четвертая – принцип относительности, полученный путем абстракции.

Галилей доказал, что траектория падающего тела отклоняется от вертикальной траектории из-за сопротивления воздуха, и в безвоздушном пространстве тело упадет точно под той точкой, из которой началось падение.

Исаак Ньютон унаследовал все методы и знания предыдущего поколения и создал теорию, которая на два столетия определила развитие науки. В своем основном труде «Математические начала натуральной философии» (1687) Ньютон обобщил в качестве двух законов открытия Галилея, добавив к ним третий закон и закон всемирного тяготения. В своем труде Ньютон дает определение исходных понятий: количества материи, эквивалентного массе, плотности; количества движения, эквивалентного импульсу и различных видов силы. Затем идут три закона движения:

1. Всякое тело продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменить это состояние.
2. Изменение количества движения пропорционально приложенной движущей силе и происходит по направлению той прямой, по которой та сила действует.
3. Действию всегда есть равное и противоположное противодействие, иначе – действия двух тел друг на друга между собой равны и направлены в противоположные стороны.

Ареной движения физических объектов у Ньютона являются абсолютное пространство и время. Законы движения классической механики справедливы в инерциальных системах отсчета, которые определяются как системы, движущиеся инерциально по отношению к абсолютному пространству и времени.

Открытый Ньютоном закон всемирного тяготения – один из универсальных законов природы. Согласно ему все материальные тела притягивают друг друга, причем величина силы тяготения не зависит от физических и химических свойств тел, от состояния их

движения, от свойств среды, где находится тело. На Земле тяготение проявляется прежде всего в существовании силы тяжести, являющейся результатом притяжения всякого материального тела Землей.

Закон всемирного тяготения формулируется так: каждые две материальные частицы притягивают друг друга с силой, прямо пропорциональной их массам и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними.

Силы тяготения (и гравитационные поля) отдельных интегральных частиц обладают свойством аддитивности, то есть сила, действующая на некоторую частицу со стороны нескольких других частиц, равна геометрической сумме сил, действующих со стороны каждой частицы. Из этого следует, что тяготение между реальными материальными телами с учетом их размеров, формы и распределения плотности вещества можно определить, вычислив сумму сил тяготения отдельных малых частиц, на которые можно мысленно разбить тела. Таким путем установлено, что шарообразное тело притягивает точно такое же, как материальная точка, если расстояние измеряется от центра шара. В основном силы тяготения определяют характер движения небесных тел в космическом пространстве.

Таким образом, согласно представлениям классической механики Вселенная бесконечна, стационарна и вечна. Движения тел в ней описываются законами Ньютона. Ньютонская механика предполагала существование абсолютной системы отсчета и абсолютного движения. Пространство и время Ньютон рассматривал обособленно от движущейся материи. То есть пространство и время независимы от движущихся в них тел.

Естествознание XVIII–XIX вв., говоря об объективности пространства и времени, рассматривало их вслед за Ньютоном в отрыве друг от друга и как нечто самостоятельное, существующее совершенно независимо от движущейся материи. Это было результатом преобладания идеалистического мышления над материалистическим.

Представления классической механики об абсолютном пространстве и времени были поколеблены вследствие разногласий, возникших между механикой и оптикой, которая не укладывалась в классические представления о движении тел. Так, существовала проблема природы света и его передачи на расстояние, которая не могла быть разрешена на основе законов классической физики. Теория Ньютона сводилась в основном к движению и взаимодействию небесных тел в пустом пространстве, оставляя в стороне природу материи и происходящих в ней процессов.

После того, как физики пришли к выводу о волновой природе света, возникло понятие эфира – среды, в которой свет распространяется. Каждая частица эфира могла быть представлена как источник вторичных волн, и можно было объяснить огромную скорость света огромной твердостью и упругостью частиц эфира. Иными словами эфир был материализацией ньютоновского абсолютного пространства. Но это шло вразрез с основными положениями Ньютона о пространстве.

Революция в физике началась открытием Ремера – выяснилось, что скорость света конечна и равна примерно 300000 км/с. В 1728 году Брэдри открыл явление звездной абберации (изменение видимого положения светила на небесной сфере, вызванное конечным значением скорости света и движением наблюдателя вместе с Землей при ее обращении вокруг Солнца). На основе этих открытий было установлено, что скорость света не зависит от движения источника и/или приемника.

О. Френель показал, что эфир может частично увлекаться движущимися телами, однако опыт А. Майкельсона (1881 г.) полностью это опроверг. Таким образом возникла необъяснимая несогласованность, оптические явления все хуже сводились к механике. Но окончательно механистическую картину мира подорвало открытие Фарадея-Максвелла: свет оказался разновидностью электромагнитных волн. Многочисленные эксперимен-

тальные законы нашли отражение в системе уравнений Максвелла, которые описывают принципиально новые закономерности. Ареной этих законов является все пространство, а не одни точки, в которых находится вещество или заряды, как это принимается для механических законов.

Так возникла электромагнитная теория материи (теория электромагнитного поля). Таким образом, было признано существование полевой формы материи. Дальнейшее развитие физики происходило по пути пересмотра фундаментальных концепций классической физики, отказа от принятия каких-либо выделенных систем отсчета, отказа от абсолютного движения, ревизии концепции абсолютного пространства и времени. Это было сделано лишь в специальной теории относительности Эйнштейна.

Согласно современным представлениям всякую физическую величину, плавно изменяющуюся в пространстве и однозначно определенную во всех его точках, можно рассматривать как поле.

Электрические (или гравитационные) поля характеризуются вектором напряженности поля, равным по величине силе, действующей на пробный заряд (или массу пробного тела). Для гравитационного поля – это вектор ускорения, для электрического – вектор напряженности. Потенциальная энергия, приходящаяся на единицу массы (или заряда) определяет потенциал поля гравитации (или электрический). Электромагнитное поле обладает энергией и импульсом, которые обнаружены в эксперименте.

Таким образом, после создания теории электромагнитного поля дальнейшее развитие физики пошло по пути ревизии фундаментальных концепций классической физики, в частности отказа от абсолютного движения, от концепции абсолютного пространства и времени. Стала развиваться идея неотделимости материи, движения, пространства и времени друг от друга, которую признает диалектический материализм, считающий движение сущностью времени и пространства. Эта идея, опровергавшая идеалистические представления о пространстве и времени как о чистых абстракциях, независимых от материи, получила подтверждение в работах многих ученых-естествоиспытателей – физиков, химиков, математиков.

В создании современной теории пространства и времени большую роль сыграли идеи Лобачевского, Римана, Гаусса, Бойан. Открытие неевклидовой геометрии опровергло кантовское учение о пространстве и времени как о внеопытных формах чувственного восприятия. Исследования Бутлерова, Федорова и их последователей обнаружили зависимость пространственных свойств от физической природы материальных тел, обусловленность физико-химических свойств материи пространственным расположением атомов.

Между тем не требуется никакого сложного математического аппарата для обоснования неотделимости пространства от времени. В окружающем нас мире нет вещей, явлений, событий, которые существовали бы или происходили только во времени или только в пространстве. Раздельное существование данных категорий – всего лишь результат абстрактного мышления. Например, геометрия занимается изучением пространственных фигур и отношений, абстрагируясь при этом от времени.

Неотделимость пространства и времени друг от друга и от природы в целом доказывали Циолковский, Вернадский и др. В.И. Вернадский рассматривал пространство и время во взаимосвязи с биосферой, ввел понятие биологического времени.

Окончательно заставила пересмотреть представления о пространстве и времени, разработанные классической физикой, теория относительности Эйнштейна. *Специальная теория относительности Эйнштейна* основана на том, что все виды равномерного движения относительны. Это значит, что объект может находиться в состоянии равномерного

движения только по отношению к фиксированной системе отсчета. Классический опыт, выполненный Майкельсоном и Морли, подтвердил, что скорость света в вакууме всегда одна и та же независимо от скорости источника и наблюдателя, а также длины волн света. Исходя из этих результатов Эйнштейн вывел удивительный набор следствий. Он показал, что масса и длина объекта, а также временной интервал, связанный с ним, изменяются, если объект движется относительно наблюдателя.

Скажем, если бы астроному пришлось наблюдать за очень быстро движущимся космическим кораблем, то он обнаружил бы, что масса корабля возросла, размеры его в направлении движения уменьшились, а время на борту идет медленнее. Между тем в самом корабле ничего бы не изменилось.

Эйнштейн показал, что физические процессы в теле, движущемся со скоростью  $v$  относительно некоторой инерциальной системы отсчета, протекают в  $1/\sqrt{1-v^2/c^2}$  раз медленнее, чем в данной инерциальной системе отсчета; во столько же раз происходит сокращение продольных в направлении движения размеров тел. Масса  $m$  тела растет с увеличением его скорости по формуле  $m = m_0 / \sqrt{1-v^2/c^2}$ , где  $m_0$  – масса покоя тела. Полная энергия движущегося тела определяется соотношением Эйнштейна  $E = mc^2$ , покоящееся тело обладает энергией  $E_0 = m_0 c^2$ .

Эффекты специальной теории относительности невозможно наблюдать, пока скорость объекта не станет близкой к скорости света. Однако с помощью очень чувствительных атомных «часов» удалось обнаружить «замедление» времени даже в летящем самолете. Все эти эффекты становятся значительными для субатомных частиц, движущихся со скоростью, близкой к световой. Так, благодаря своей большой скорости очень нестабильные частицы в космических лучах живут дольше, чем можно было бы ожидать. Субатомные частицы можно ускорить искусственным путем до таких скоростей, что их массы возрастут в тысячи раз; для получения этого эффекта конструируются специальные ускорители частиц.

Знаменитая формула Эйнштейна  $E = mc^2$ , связывающая энергию  $E$  и массу  $m$  движущейся частицы со скоростью света  $c$ , объясняет, почему растет масса частицы, которой сообщают большую энергию. Поскольку величина  $c^2$  очень велика, большому приращению энергии соответствует весьма малое приращение массы.

По мере приближения скорости частицы к скорости света ее энергия беспредельно возрастает. Но как бы не возрастала энергия частицы, ее скорость никогда не может превысить скорость света.

Таким образом, специальная теория относительности базируется на двух принципах: 1) относительности любого равномерного прямолинейного движения и 2) постоянства скорости света в вакууме.

*Общая теория относительности.* Для расчета ускорения и силы тяготения в общей теории относительности Эйнштейна (1915) используется тот факт, что все тела у поверхности Земли падают с одинаковым ускорением. Другими словами, гравитационное поле Земли является свойством самого пространства вокруг нее. Эйнштейн связал это свойство с кривизной пространства: большему искривлению соответствует большая гравитационная сила.

Если наряду с искривлением пространства допустить искривление и времени, то для описания движения в гравитационном поле можно привлечь идею относительности движения. Величину искривления пространства-времени, вызванного массивными телами, можно вычислить, и Эйнштейн показал, как кривизна зависит от близости массивных тел.

Наблюдаемые слабые отклонения в движении планет от предсказаний Ньютона объясняются общей теорией относительности; в настоящее время она признана как наиболее удовлетворительная среди подобных теорий. Подтверждением ее является также эффект искривления луча света вблизи массивного тела. Свет имеет энергию, а следовательно и массу. Поэтому он движется по искривленной траектории в пространстве, искаженным присутствием тела. Искривление светового луча вблизи Солнца действительно наблюдалось при затмениях.

Некоторые звезды, полностью растратив свое ядерное горючее, могут сжиматься в предельно плотные тела, создающие сильнейшие гравитационные поля; такие объекты могут служить наиболее ценной экспериментальной базой для проверки общей теории относительности. Из этой теории следует, что очень массивные звезды должны были бы сжиматься настолько, что скорость убегания их поверхности оказалась бы даже больше скорости света, и тогда ничто уже не могло покинуть их поверхность, даже свет. Поэтому такие объекты получили название «черные дыры». Возможными кандидатами на роль черных дыр в нашей Галактике являются переменные рентгеновские звезды типа Лебедя X-1.

Таким образом, теория относительности Эйнштейна – это физическая теория, рассматривающая пространственно-временные свойства физических процессов. Теория, описывающая свойства пространства-времени в приближении, когда полями тяготения можно пренебречь, называется специальной теорией относительности (СТО). Свойства пространства-времени при наличии полей тяготения исследуются в общей теории относительности (ОТО), называемой также теорией тяготения Эйнштейна. Физические явления, описываемые СТО, называют релятивистскими (относительными) и проявляются при скоростях, близких к скорости света в вакууме.

Теория относительности выявила ограниченность представлений классической физики об «абсолютных» пространстве и времени, неправомочность их обособления от движущейся материи и ограниченность применения ньютоновских законов.

Если гравитационное взаимодействие относительно слабое и тела движутся медленно по сравнению со скоростью света в вакууме ( $c$ ), то справедлив закон всемирного тяготения Ньютона. В случае сильных полей и скоростей, сравнимых с  $c$ , необходимо пользоваться ОТО, являющейся обобщением ньютоновской теории тяготения на основе СТО.

Теория Эйнштейна описывает тяготение как воздействие физической материи на геометрические свойства пространства-времени. В таком искривленном пространстве движение тел при отсутствии внешних сил кроме гравитационной происходит по геодезическим линиям. В сильном поле тяготения геометрия обычного трехмерного пространства оказывается неевклидовой, а время течет медленнее, чем вне поля. Таким образом, ОТО предполагает четырехмерное пространство, в котором четвертой координатой является время. Четырехмерный мир нельзя представить наглядно, однако это не абстракция. Мы живем геометрически в трехмерном пространстве, но все физические процессы в этом мире связаны со временем, а сам ход времени для наблюдателя зависит от свойств пространства, от скорости процессов.

Итак, в ОТО установлено, что метрические свойства определяются распределением и взаимодействием тяготеющих масс, а силы тяготения зависят от свойств пространства.

СТО и ОТО ознаменовали переход от веками установившихся представлений о веществе, движении, пространстве и времени к принципиально новым положениям и новой структуре всей физики.

Вклад в развитие пространственно-временных представлений применительно к микромиру внесла квантовая физика. Продвигаясь в глубь материи, ученые перешли рубеж  $10^{-13}$  см и начали исследовать физические процессы в области субатомных простран-

ственно-временных отношений. Здесь иные пространственно-временные понятия. Так, специфике микромира не соответствуют обыденные представления о соотношении части и целого. В этих условиях были предприняты различные попытки принципиально нового истолкования пространства и времени, а второе – с гипотезой о возможной макроскопической природе пространства и времени.

Таким образом, макромир – это объект классической механики, мегамир – релятивистской механики, микромир – квантовой механики. Вместе с тем в последнее время наука приходит к представлению о диалектической взаимосвязи элементов различных уровней целостного мира.

## 6. Основные принципы и закономерности в природе

С понятиями «пространство», «время», «движение», «материя» связаны принципы относительности, симметрии, взаимодействия и др.

### 6.1. Принцип относительности

Относительное (релятивное) сплошь пронизывает материальный мир и человеческую жизнь, поскольку реальные предметы, явления, процессы, существа, включая и людей, пребывают в различных системах многообразных внешних и внутренних отношений.

Положение «все в мире относительно» верно, поскольку материальный мир весь соткан из многообразных отношений, образующих неисчерпаемое множество материальных систем разной степени сложности. Но нельзя абсолютизировать релятивизм.

Для изучения материального мира понятия абсолютности и относительности имеют принципиальное значение. Действительно, в абсолютном проявляется сущность предметов (материальных тел) и физических явлений независимо от их относительного движения.

Галилей первым установил относительность механического движения в его отношении к механическому покою, показав, что покой тождественен равномерному (без ускорения) и прямолинейному перемещению тел относительно друг друга. Тела, находящиеся в таком состоянии составляют основу инерциальных систем отсчета. Смысл принципа относительности Галилея состоит в следующем: законы механики имеют одинаковую форму во всех инерциальных системах, т.е. все механические процессы в инерциальных системах протекают одинаково. В таких системах пространственно-временные свойства тел (их размеры, состояние, время существования, временные промежутки между ними) не зависят от скорости их движения, от того, находятся они в движении или нет. Но скорость их движения для разных систем отсчета выражается по-разному: скорость движения внутри системы отсчета алгебраически складывается со скоростью перемещения систем отсчета относительно друг друга. Об этом обычно говорят так: в механике Галилея-Ньютона относительной величиной является только скорость.

Физический релятивизм связывают с теорией относительности, именуемой иначе релятивистской теорией.

В специальной теории относительности Эйнштейна принцип относительности формулируется в более общем виде: не только механические, но и все физические процессы в инерциальных системах протекают одинаково. В данной теории этот принцип неразрывно связан с другим – принципом постоянства скорости света в вакууме, ее независимости от скорости движения источника света (или наблюдателя).

Согласно выводам Максвелла, подтвержденным лабораторными опытами, свет является, как уже было сказано, волной электромагнитного поля (особой формой материи). Световой волне для распространения не требуется специальной материальной среды – «эфира». Свет – это и есть материальная среда, которая с постоянной скоростью  $C$  (300000 км/с) распространяется в пустоте, вакууме.

Таким образом, СТО Эйнштейна базируется на двух принципах относительности, а именно относительности равномерного прямолинейного движения и постоянства скорости света в вакууме.

Помимо относительности расположения, движения и покоя наблюдателей различных инерциальных систем из двух указанных принципов (постулатов) следует, что относительными (в смысле изменяющимися, различающимися при переходе от одной системы

отсчета к другой) оказываются и размеры тел, и длительность их существования, и одновременность или разновременность событий.

## 6.2. Принцип симметрии

Симметрия, симметрично протекающие процессы широко распространены в природе. Наиболее наглядным и часто приводимым примером симметрии служит снежинка: угол между гранями снежинки составляет  $120^{\circ}$ , потому что в молекуле воды два атома водорода образуют угол около  $120^{\circ}$  с вершиной в атоме кислорода. Кристаллическая решетка льда состоит из множества таких молекул, расположенных с удивительной правильностью, и отражает их симметрию.

Симметрии мы можем наблюдать повсюду в процессах, явлениях, объектах окружающего нас мира: день – ночь, восход – заход, прилив – отлив, положительный и отрицательный электрический заряды, северный и южный полюса, симметричное строение растений и животных. Симметрия имеет место и в искусстве стихосложения.

В естественнонаучных теориях и математике существует множество симметрий. Учение о симметрии, как известно, исторически было разработано, главным образом, минерологами и математиками. Математика описывает симметрию при помощи теории групп, относящейся к высшим разделам алгебры. Значительный вклад в ее разработку внесла выдающаяся женщина-математик Эмми Нетер (1882 – 1935). Теория групп – это одно из многих созданий математики XIX в., нашедших широкое применение в науке. Она является неотъемлемой частью физики и химии, и прежде всего разделов этих наук, исследующих тонкие симметрии молекул и кристаллов и их энергетических состояний.

Группа симметрии любого предмета состоит из операций, которые можно производить над ним: поворотов, отражений в плоскости и т.д.

Бесконечно повторяющаяся решетка может обладать симметрией, как и любой предмет. Операции симметрии, применимые к предметам, распространяются и на бесконечные решетки. Вместе с тем такие решетки остаются внешне неизменными под действием ряда других операций симметрии. Одна из них – «трансляция» – сдвиг решетки в каком-то направлении. Каждую решетку можно разделить на повторяющиеся ячейки. Сдвиг на одну ячейку – операция симметрии.

Принцип симметрии лежит в основе физики элементарных частиц и проявляется в существовании «пар» – частицы и античастицы, а также во взаимопревращаемости частиц. Первым было открыто превращение электрона и позитрона в кванты электромагнитного поля – фотоны, и обратный процесс «порождения» пар из фотонов, обладающих достаточно большой энергией. Принцип симметрии заключен в уже упоминавшейся теории кварков, с которой связаны проблемы систематизации элементарных частиц. Сегодня известно множество элементарных частиц, но законы, управляющие их возникновением и свойствами, не ясны. Согласно названной теории (или, вернее сказать, гипотезе) частицы состоят из «кварков». Их классифицируют на три группы: d-, u- и s-кварки, которые, комбинируясь по три, образуют десять частиц, называемых *гиперонами*. Такая классификация, основанная на принципах симметрии, правильно предсказывает заряд каждого гиперона.

Самую смелую идею симметрии высказал Альберт Эйнштейн: скорость света должна быть одинаковой для всех наблюдателей независимо от того, с какой скоростью они движутся. Эйнштейн в явном виде сформулировал постулат о симметрии пространства, то есть об эквивалентности направлений и различных точек пространства.

Замечательная идея симметрии заключена в фундаментальной теореме, доказанной Э. Нетер в 1918 году и носящей теперь ее имя. Эта теорема утверждает, что существова-

ние любой конкретной симметрии – в пространстве-времени, степенях свободы элементарных частиц и физических полей – приводит к соответствующему закону сохранения, причем из этой же теоремы следует и конкретная структура сохраняющейся величины. Согласно теореме Нетер, из инвариантности (неизменности, независимости) относительно сдвига во времени – сдвиговая симметрия (что выражает физическое свойство равноправия всех моментов времени – однородность времени) – следует закон сохранения энергии; относительно пространственных сдвигов (свойство равноправия всех точек пространства – однородность пространства) – закон сохранения импульса или количества движения; относительно пространственного вращения – осевая симметрия (изотропность пространства) – закон сохранения момента количества движения и другие, подчиняющиеся законам сохранения.

### 6.3. Принцип взаимодействия

В широком смысле *взаимодействие* – категория, отражающая процессы воздействия объектов друг на друга, их взаимную обусловленность и порождение одним объектом другого.

Как уже было сказано, естествознанию известны четыре типа взаимодействия: гравитационное, электромагнитное, сильное, слабое. Сильное и слабое взаимодействия наблюдаются на уровне микромира – между субатомными частицами. *Сильное* действует на крайне коротких расстояниях (около  $10^{-15}$  м) между частицами в атомных ядрах и обеспечивает «склеивку» ядер. Интенсивность слабого взаимодействия, обуславливающего бета-распад, на 10-11 порядков меньше интенсивности ядерных сил. *Электромагнитное* взаимодействие примерно в 100 раз слабее сильного, однако радиус его практически не ограничен. Самым слабым является *гравитационное* взаимодействие, его интенсивность составляет всего лишь  $10^{-43}$  от интенсивности электромагнитного. Гравитация наблюдается на макроуровне и, очевидно, не играет роли в мире элементарных частиц, хотя, возможно, его природа до конца нам неизвестна.

Согласно существующим представлениям указанные четыре вида фундаментальных взаимодействий осуществляются путем обмена соответствующими частицами: электромагнитное – фотонами, гравитационное – гипотетическими гравитонами (экспериментально пока не установленными), сильное –  $\pi$ -мезонами, слабое предположительно переносят векторные бозоны. Причем только гравитационное взаимодействие порождает притяжение между одинаковыми частицами, остальные три вида взаимодействий обуславливают отталкивание одноименных частиц.

Таким образом, указанные четыре типа взаимодействий присущи различным формам материи, однако между ними, очевидно, существует внутреннее единство, раскрытие которого – одна из задач современной физики.

Итак, *взаимодействие* – это объективная и универсальная форма движения, развития, которая определяет существование и структурную организацию любой материальной системы.

### 6.4. Принципы суперпозиции, неопределенности, дополнительности

Эти принципы являются одними из основополагающих в теоретической физике. *Принцип суперпозиции* определяет результирующий эффект от наложения (суперпозиции) нескольких независимых воздействий как сумму эффектов, вызываемых каждым воздействием в отдельности. Он справедлив для систем и полей, описываемых линейными урав-

нениями; очень важен в механике, теории колебаний и волновой теории физических полей. В квантовой механике принцип суперпозиции относится к волновым функциям: если физическая система может находиться в состояниях, описываемых двумя или несколькими волновыми функциями, то она может также находиться в состоянии, описываемом любой линейной комбинацией этих функций.

*Принцип неопределенности* впервые сформулировал немецкий физик В. Гейзенберг в виде соотношения неточностей (неопределенностей) при определении сопряженных величин в квантовой механике, который теперь обычно называют принципом неопределенности.

Этот принцип, как и принцип дополнительности, уже упоминались при рассмотрении вопроса о роли квантовой физики в развитии представлений о микромире. Суть принципа неопределенности состоит в том, что характеризующие физическую систему так называемые дополнительные физические величины (например, координата и импульс) не могут одновременно принимать точные значения. Он отражает двойственную корпускулярно-волновую природу элементарных частиц и теоретико-вероятностное, статистическое описание их взаимодействий.

Согласно *принципу дополнительности* Нильса Бора при экспериментальном исследовании микрообъекта могут быть получены точные данные либо о его энергиях и импульсах, либо о поведении в пространстве и времени. Эти данные, полученные при взаимодействии микрообъекта с соответствующими измерительными приборами, «дополняют» друг друга.

Принципы неопределенности и дополнительности являются фундаментальными в квантовой механике.

## 7. Закон сохранения энергии. Принцип возрастания энтропии

Неотъемлемым свойством (атрибутом) материи является движение; оно неуничтожимо как сама материя. Мерой движения материи является энергия.

С научной точки зрения различают две формы энергии – потенциальную (скрытую) и кинетическую (энергию движения).

Потенциальную энергию можно рассматривать как скрытую форму энергии. Потенциальная энергия, заключенная в пище или топливе, представляет собой химическую энергию, запасенную в этих веществах.

Полная энергия покоящейся системы называется ее внутренней энергией. К потенциальной энергии системы относится только та часть внутренней энергии, которая способна совершать работу.

Мы постоянно наблюдаем превращение одного вида энергии в другой. Химическая энергия угля, выделяемая при его сгорании, превращается в тепло и энергию излучения. Химическая энергия автомобильного топлива при его сгорании преобразуется в кинетическую энергию молекул газа, которая переходит в полезную механическую энергию.

Любое превращение энергии сопровождается ее частичной потерей: КПД преобразования всегда ниже 100%. При сгорании угля только примерно 20% химической энергии превращается в полезное тепло; КПД электродвигателя, который преобразует электрическую энергию в механическую, около 80%.

Закон сохранения энергии обычно звучит так: «энергия не возникает из ничего и не исчезает бесследно». При преобразовании одного вида энергии в другой исходная энергия больше полученной полезной энергии, так как часть энергии расходуется бесполезно.

Способы передачи тепловой энергии от одной области к другой и превращение тепла в другие формы энергии исследует термодинамика (буквально «движение тепла»). В процессе тепловых превращений температура, давление и объем – все вместе или по отдельности – могут различным образом изменяться. Термодинамика в основном занимается математическим описанием этих и других параметров, предсказывая направление их изменений.

Формирование термодинамики как науки связано с требованиями развивающейся промышленности: разработки способов повышения технических возможностей тепловых машин, новых методов получения полезной работы с использованием теплоты. Все это явилось следствием промышленной революции, начавшейся в 60-е годы XVIII века и связанной, прежде всего, с созданием первой паровой машины, первого паровоза. В результате были созданы специальные лаборатории для исследования веществ и тепловых процессов, стала развиваться термодинамика, которая первоначально занималась превращениями теплоты, а затем включила в круг своих вопросов превращение энергии во всех ее формах.

Рассмотрим более подробно кинетическую и потенциальную энергию. Процесс выравнивания температур объясняют с помощью кинетической энергии. Кинетическая энергия газов объясняет также, почему при смешивании нагретого и холодного газов их температура, в конце концов, выравнивается, и устанавливается некоторое среднее ее значение. Молекулы нагретого газа посредством многих столкновений передают свою кинетическую энергию молекулам холодного газа, пока средние кинетические энергии обоих газов не сравняются. Все молекулы движутся с различными скоростями, величины которых, меняются после каждого столкновения. Поэтому температура газа (или любого другого вещества) является мерой средней кинетической энергии молекул.

Изменения состояния, которые вещество претерпевает при нагревании, также можно объяснить на основе кинетической теории. В твердом теле атомы или молекулы прочно

связаны друг с другом и колеблются только около каких-то средних положений. При нагревании тела кинетическая энергия его молекул или атомов возрастает, и они начинают колебаться более интенсивно. В результате расстояние между частицами увеличивается, и наконец силы притяжения, действующие между ними, оказываются не в состоянии удерживать их вблизи фиксированных положений. Молекулы могут теперь скользить и меняться местами, – твердое тело плавится, превращаясь в жидкость.

Количество теплоты, необходимое для превращения вещества, находящегося в прочносвязанном состоянии, в слабосвязанное жидкое состояние, называется *теплотой плавления*. Если поступление теплоты продолжается, то кинетическая энергия атомов или молекул возрастает: они движутся внутри жидкости с все большей скоростью. Вместе с тем увеличивается число молекул, оторвавшихся от поверхности жидкости (растет давление пара). Наконец, когда температура достигает точки кипения, число атомов, имеющих энергию, достаточную для того, чтобы вырваться из жидкости, настолько возрастает, что давление пара сравнивается с атмосферным. В газообразном веществе атомы или молекулы движутся почти независимо. Для превращения жидкости в точке кипения в газ требуется определенная энергия, которая называется *теплотой парообразования*.

Кроме изменения состояния вещества (для этого ему необходимо сообщить некоторое количество теплоты) при поступлении теплоты происходит постепенное повышение температуры тела. Изменение температуры вещества непосредственно зависит от количества теплоты, сообщенной телу; теплота измеряется в джоулях или калориях (1 ккал=4,2 Дж). Количество теплоты, необходимое для увеличения температуры одного грамма любого вещества на 1<sup>0</sup>С, называется *удельной теплоемкостью вещества*.

Количество теплоты, необходимое для нагревания определенного количества вещества на 1<sup>0</sup>С, называется *теплоемкостью данного количества вещества*.

Теплота может передаваться от одного тела (или части его) к другому тремя способами: путем *теплопроводности*, *конвекции* и *излучения*. Два первых способа связаны с тем, что атомы, получив кинетическую энергию от источника теплоты, могут при столкновении передавать ее соседним атомам. В прочно связанном твердом теле столкновения происходят только между соседними атомами, поэтому передача тепла в твердом теле обусловлена *теплопроводностью*.

Жидкая или газообразная среда обладает подвижностью, и сама может перемещаться как целое, перенося атомы, имеющие высокую кинетическую энергию, в более холодные области, где они передают энергию (т.е. тепло) другим атомам, – это *конвекция*. Однако тепло может передаваться и без непосредственного контакта между атомами. Например, солнечное тепло достигает Земли, несмотря на почти абсолютный космический вакуум. Это способ передачи тепла через *излучение*.

В основе термодинамики лежат несколько законов или начал термодинамики. Если смотреть исторически, то сначала были открыты три закона, получившие название первого, второго и третьего начал термодинамики. Затем был установлен еще один закон. Его называют нулевым началом термодинамики.

Если два тела – горячее и холодное – привести в контакт, то в конце концов они приобретут одинаковую температуру. Горячее тело теряет больше тепловой энергии, чем получает, а холодное тело поглощает тепло. Оба тела поглощают и испускают энергию непрерывно, хотя в неравных количествах, и процесс обмена продолжается до тех пор, пока их температуры не сравняются. Однако и после этого каждое тело будет продолжать испускать и поглощать равные количества тепла – говорят, что тела находятся в тепловом равновесии. Нулевое начало утверждает, что если каждое из двух тел находится в тепло-

вом равновесии с неким третьим телом, то между ними также существует тепловое равновесие.

Первое начало термодинамики в действительности состоит из двух частей: первая – закон сохранения энергии, вторая – определение «тепловой энергии» и способов превращения разных видов энергии друг в друга. Если системе сообщить некую тепловую энергию, то, согласно первому началу, это эквивалентно изменению внутренней энергии, благодаря которой система может совершать работу против внешних сил.

Так, в бензиновом двигателе смесь воздуха и бензина воспламеняется после сжатия. При горении смеси в ходе химической реакции высвобождается тепловая энергия. Вследствие этого газы расширяются и совершают работу, двигая поршень. Поскольку температура сгоревших газов выше, чем у исходной смеси перед возгоранием, происходит изменение внутренней энергии бензина в автомобильном двигателе. В сумме это изменение энергии плюс совершенная работа равны высвобожденной тепловой энергии.

Таким образом, первое начало термодинамики может быть сформулировано так: «количество тепла  $Q$ , полученное системой, идет на приращение ее внутренней энергии ( $U_2 - U_1$ ) и на производство внешней работы  $A$ . В результате получим математическое выражение первого начала термодинамики:  $Q = U_2 - U_1 + A$ .

В середине XIX века английский ученый Джоуль установил эквивалентность механической работы ( $A$ ) и теплоты ( $Q$ ):

$$J = A/Q$$

где  $J$  – механический эквивалент теплоты – постоянная, не зависящая от способа и вида устройств для превращения работы в теплоту. То есть, при всевозможных взаимных превращениях различных видов энергии переход от одного вида энергии в другой совершается в строго эквивалентных количествах; в изолированной системе сумма энергий есть величина постоянная.

Существует еще одна частная формулировка первого начала термодинамики: *в адиабатически изолированной системе при переходе из одного определенного состояния в другое определенное состояние работа не зависит от того, как совершается процесс, а зависит только от начального и конечного состояния системы.*

Таким образом, общее уравнение первого начала можно записать так:

$$Q - A = \Delta U,$$

где  $\Delta U = U_2 - U_1$  (изменение внутренней энергии).

И, наконец, дадим третью формулировку первого закона: *внутренняя энергия изолированной системы постоянна.*

Вслед за нулевым началом, которое определяет температуру тела, и первым началом, описывающим превращение энергии, идет второе начало термодинамики, которое указывает направление потока тепловой энергии между телами с различными температурами. Согласно второму началу *само по себе тепло может переходить только от горячего тела к холодному*, то есть процесс передачи тепла происходит направленно (постулат Клаузиуса). Передача тепла ускоряет движение молекул в более холодном теле, увеличивая внутренний «беспорядок» в нем.

Следовательно, должен существовать какой-то параметр системы, который характеризовал бы ее внутреннее состояние (порядок или беспорядок) и принимал бы разные

значения в начале и конце процесса (дозволенного первым началом). Этот параметр называется энтропией (греч. – превращение).

Впервые понятие энтропии было введено Клаузиусом в 1860 году. Он математически определил энтропию как сумму приведенных теплот. Клаузиус посчитал, что существует некоторая величина  $S$ , которая подобно энергии, давлению, температуре характеризует состояние газа, т. е. является функцией состояния системы. Когда к газу подводится некоторое количество теплоты  $\Delta Q$ , то энтропия  $S$  возрастает на величину, равную  $\Delta S = \Delta Q / T$ , где  $T$  – температура газа.

Установлено, что все тепловые машины, способные совершать работу, потребляют больше энергии, чем превращают в полезную работу. Даже если энергия не теряется за счет трения или не излучается, как в радиаторе отопления, полезная механическая энергия всегда оказывается меньше энергии, полученной от источника тепла. Энтропия системы отражает существование этой «недоступной» энергии, а второе начало показывает, что энтропия не может уменьшаться. Увеличение «недоступной» энергии означает переход атомов в более неупорядоченное состояние, и мерой «недоступной» энергии служит энтропия.

Клаузиус показал, что в термически изолированных системах энтропия при обратимых процессах не изменяется, а при реальных и необратимых – ее изменение всегда положительно. Поэтому она является как бы мерой отклонения реальных процессов от идеальных.

Таким образом, второе начало термодинамики утверждает, что *энтропия изолированной системы может только возрасть или оставаться постоянной*. Иными словами, в случае обратимых процессов  $S = \text{const}$  ( $\Delta S = 0$ ). При обратимых процессах получаем закон возрастания энтропии:  $\Delta S > 0$ .

Третье начало термодинамики утверждает, что *вещество невозможно охладить до абсолютного нуля*. Такая температура могла бы быть, например, у газа с нулевым давлением. В этом случае все молекулы газа прекратили бы свое движение, и их энергия стала бы равной нулю, поэтому дальнейшее изъятие энергии и связанное с ним охлаждение оказалось бы невозможным. По мере приближения к абсолютному нулю ( $-273,15^{\circ}\text{C}$ ) охлаждение вещества становится все более затруднительным.

Таким образом, согласно третьему началу термодинамики, абсолютный нуль, температура  $-273,15^{\circ}\text{C}$ , при которой все молекулы вещества должны были бы перестать двигаться, недостижим. Поэтому молекулы всегда находятся в непрерывном движении, называемым «тепловым»; его интенсивность возрастает при нагревании тела. Косвенные доказательства существования такого движения впервые были получены Робертом Броуном в 1827 г. Он обнаружил, что маленькие частицы пылицы, взвешенные в воде, совершают непрерывные скачкообразные движения. Такое движение, возникающее в результате неравномерной бомбардировки каждой частички молекулами жидкости, принято называть броуновским движением. Чем меньше частица, тем интенсивнее движение.

Третье начало термодинамики может быть сформулировано в виде постулата Планка: «Любое вещество имеет определенную положительную энтропию, но при абсолютном нуле энтропия может стать равной нулю, и она равна нулю для чистых, правильно образованных кристаллических веществ» ( $S_0 = 0$ ).

С учетом ограничений, определяемых законами термодинамики, система может претерпевать ту или иную последовательность изменений состояния (характеризуемого давлением, температурой и объемом). В тех случаях, когда эта последовательность изменений замыкается, и система возвращается к исходному состоянию, она может совершить полезную работу. Мерой передаваемого разными способами движения является работа.

Последовательность изменений системы, возвращающейся в исходное состояние, называется тепловым циклом. Теоретически максимальное значение КПД такой «тепловой машины» достигается в цикле Карно, названном так в честь открывшего его французского инженера Сади Карно (1796-1832). Если бы удалось сконструировать машину, работающую циклически, в которой в каждом цикле производилось бы больше энергии в виде работы, чем потреблялось бы в виде тепла, то оказалось бы возможным реализовать идею вечного двигателя. Первое начало термодинамики утверждает, что это невозможно, а второе начало отрицает даже возможность превращения тепла в точно эквивалентное ему количество механической работы.

Законы (начала) термодинамики, понятие энтропии сыграли в дальнейшем развитии науки определяющую роль. Второе начало термодинамики устанавливает в природе наличие *фундаментальной асимметрии*, т. е. однонаправленности всех самопроизвольно происходящих процессов. Об этой асимметрии, выделенной Клаузиусом и Кельвином, говорят все окружающие нас явления. Хотя количество энергии в замкнутых системах сохраняется, но распределение энергии меняется необратимым способом. Распространение принципа возрастания энтропии на всю Вселенную привело Клаузиуса и Кельвина к гипотезе «тепловой смерти Вселенной», вызвавшей бурные дебаты в научных кругах.

Необратимое возрастание энтропии в изолированной системе, которая не обменивается энергией с окружающей средой, следует рассматривать как проявление все увеличивающегося хаоса. Дальнейшее развитие принципа необратимости, принципа возрастания энтропии состояло в распространении этого принципа на бесконечную Вселенную в целом. Уильям Томсон экстраполировал принцип возрастания энтропии на крупномасштабные процессы, протекающие в природе. Клаузиус распространил этот принцип на Вселенную, что привело его к гипотезе о тепловой смерти Вселенной. Все физические процессы протекают в направлении передачи тепла от более горячих тел к менее горячим; это означает, что медленно, но верно идет процесс выравнивания температуры во Вселенной. Следовательно, будущее вырисовывается перед нами в достаточно трагических тонах: исчезновение температурных различий и превращение всей мировой энергии в теплоту, равномерно распределенную во Вселенной. Отсюда Клаузиус делает выводы о том, что: «1. Энергия мира постоянна. 2. Энергия мира стремится к максимуму».

С научной точки зрения возникают проблемы правомерности следующих экстраполяций, высказанных Клаузиусом:

1. Вселенная рассматривается как замкнутая система.
2. Эволюция мира может быть описана как смена его состояний.
3. Для мира как целого состояние с максимальной энтропией имеет смысл, как и для любой конечной системы.

Эти проблемы представляют несомненную трудность и для современной физической теории. Их решение следует искать в общей теории относительности и развивающейся на ее основе современной космологии. Л. Ландау и Е. Лившиц считают, что в общей теории относительности мир как целое должен рассматриваться «не как замкнутая система, а как система, находящаяся в переменном гравитационном поле; в связи с этим применение закона возрастания энтропии не приводит к выводу о необходимости статистического равновесия».

Начиная с 70-х годов XX века бурно развивается направление, называемое *синергетикой*, в фокусе внимания которого оказываются сложные системы с самоорганизующимися процессами, системы, в которых эволюция протекает от хаоса к порядку, от симметрии ко все возрастающей сложности.

Синергетика в переводе с греческого языка означает содружество, коллективное поведение. Термин этот впервые был введен Хакеном. Как новационное направление в науке синергетика возникла в первую очередь благодаря выдающимся достижениям в области неравновесной термодинамики, достигнутым И. Пригожиным. Им было показано, что в неравновесных открытых системах возможны эффекты, приводящие не к возрастанию энтропии и стремлению термодинамических систем к состоянию равновесного хаоса, а к самопроизвольному возникновению упорядоченных структур, к рождению порядка из хаоса.

Проблемы будущего развития Вселенной изучает молодая наука – космология. Современная космология предлагает в качестве одной из вероятных моделей эволюции Вселенной так называемую инфляционную теорию вздутия Вселенной, согласно которой эта эволюция предстает как синергетический самоорганизующийся процесс. Согласно представления ряда ученых наряду с процессами рассеяния материи в космосе происходят и обратные процессы ее концентрации. Философ и астрофизик А.П. Трофименко представляет взаимоотношения форм движения и энергии в космических масштабах следующим образом. Рассеянная энергия излучения, концентрируясь в черных дырах, превращается в кинетическую энергию. Затем кинетическая энергия рассеиваемой материи коллапсара (своего рода антипода черной дыры) переходит в гравитационную потенциальную энергию. Распад рассеянного вещества на отдельные облака и их дальнейшая концентрация (сжатие) ведет к непрерывному переходу потенциальной энергии в энергию теплового движения. Этот процесс, нарастая, приводит к образованию звездных объектов, в которых тепловая форма движения дает жизнь ядерной форме. В результате ядерных реакций в звездах создаются устойчивые термодинамические потенциалы. Так в принципе может восстанавливаться термодинамическая активность материи.

## 8. Химия как естественная наука. Ее роль в развитии естествознания

### 8.1. Понятие об объектах, изучаемых химией. Становление химии как науки

*Химия* – это естественная наука, изучающая химические превращения материи и исследующая условия, при которых эти превращения происходят. Химия занимается так же физическими явлениями природы, сопровождающими химические изменения материи. Эти изменения или превращения материи происходят в результате химических взаимодействий между частицами разной степени сложности, представляющими по меньшей мере три качественно различных подуровня материи (объекты которых находятся на границе макро- и микроуровней): 1) атомный уровень; 2) молекулярный уровень; 3) надмолекулярный уровень – коллоидные образования (мицеллы), молекулярные комплексы и макромолекулы полимеров. Третий уровень является объектом изучения коллоидной химии.

На всех этих уровнях химические процессы представляют собой химическую форму движения, усложняющуюся вместе с усложнением химических частиц.

Таковы общие современные представления о предмете химии и объектах, ею изучаемых. Однако химия как естественная наука сформировалась не сразу, а прошла длительный путь становления и развития.

В III–IV веках зародилась предшественница химии – алхимия, задачей которой было превращение неблагородных металлов в благородные (однако алхимия подготовила экспериментальную базу для становления химии как науки). Начиная с эпохи Возрождения, химические исследования все в большей мере стали использовать для практических целей (металлургия, стеклоделие, керамика, получение красок и так далее).

Во второй половине XVII века Роберт Бойль (английский химик и физик) дал первое научное определение понятия «химический элемент».

Превращение химии в подлинную науку завершилось во второй половине XVIII в., когда М. В. Ломоносовым и А.Л. Лавуазье (независимо друг от друга) был сформулирован закон сохранения массы вещества при химических реакциях.

В начале XIX века Джон Дальтон ввел понятие «молекула». Атомно-молекулярные представления утвердились в шестидесятых годах XIX века. В этот период А.М. Бутлеров создал теорию строения химических соединений, а Д.И. Менделеев открыл периодический закон.

В современной химии постепенно оформились самостоятельные области химической науки: неорганическая химия, органическая химия, физическая химия, аналитическая химия, коллоидная химия и другие ответвления науки.

На стыке химии и других областей знаний возникли биохимия, агрохимия, геохимия и другие. На базе законов химии сложились такие технические науки и практические области деятельности человека, как, например, химическая технология, металлургия и другие.

Таким образом, химия в XX веке сложилась как активный элемент системы «общество – природа».

### 8.2. Законы сохранения в химии

Существуют физические и химические изменения вещества.

Физическим изменением называют такое, при котором внутреннее строение, состав и свойства вещества не подвергаются изменению.

Химическими изменениями называют такие, когда в результате химической реакции (взаимодействие не менее двух веществ) происходит изменение не только физических свойств реагирующих веществ, но меняется их химический состав и структура.

Химические процессы подчиняются всеобщим законам природы:

1. закон сохранения массы вещества,
2. закон сохранения энергии.

Закон сохранения массы вещества установили М.В. Ломоносов и А.Л. Лавуазье почти независимо друг от друга.

Закон сохранения массы в химических процессах можно сформулировать так: «Сумма масс исходных веществ (соединений) равна сумме масс продуктов химической реакции».

Количественным выражением закона сохранения массы вещества применительно к производственному химическому процессу является материальный баланс, в котором подтверждается, что масса веществ, поступивших на технологическую операцию (приход), равна массе полученных веществ (расход).

$$M_T + M_J + M_G = M_T' + M_J' + M_G',$$

где  $M_T$ ,  $M_J$ ,  $M_G$  – массы твердых, жидких и газообразных компонентов производственного химического процесса соответственно.

Закон сохранения энергии действует во всех случаях и повсюду, где одна форма энергии переходит в другую.

Специфическим видом энергии является химическая энергия, которая освобождается или расходуется при каждой химической реакции.

Химическую энергию, как любой вид энергии, можно превратить в механическую (использование взрывчатых веществ), тепловую (сжигание топлива), электрическую (гальванические элементы), и так далее; или синтез радиоактивных изотопов.

Измерить химическую энергию непосредственно нельзя. Ее величина определяется как величина тепловой энергии в кДж.

Различают химические реакции с выделением тепла (экзотермические) и с поглощением тепла (эндотермические).

Количественным выражением закона сохранения в химическом производстве является тепловой (энергетический) баланс. Применительно к тепловым процессам химической переработки закон сохранения энергии формулируется так: «Количество тепловой энергии, принесенной в зону взаимодействия веществ, равно количеству энергии, вынесенной веществами из этой зоны».

$$Q_f + Q_z + Q_v = Q_f' + Q_p'$$

где  $Q_f$  – физическая теплота, введенная в процесс с исходными веществами;  $Q_z$  – теплота экзотермических реакций;  $Q_v$  – теплота, введенная в процесс извне;  $Q_f'$  – физическая теплота, введенная с продуктами реакции;  $Q_p'$  – потери теплоты в окружающую среду.

### 8.3. Основы атомно-молекулярного учения. Химические соединения, системы, реакции и процессы (связи, строение, энергетика)

Ведущей идеей атомно-молекулярного учения является идея дискретности (прерывности строения) вещества. Вещество не заполняет целиком занимаемое им пространство, оно состоит из отдельных находящихся на очень малом расстоянии друг от друга молекул.

Число видов молекул исчисляется количеством возможных соединений (порядка миллиона), число атомов равно числу химических элементов (в настоящее время известно 112).

Одноименные атомы образуют молекулы элементов, а разноименные – молекулы соединений.

Атомы элементов не меняются в результате химического процесса (за исключением ядерных реакций). Молекулы при любой химической реакции изменяются.

Атомный радиус незаряженного (электрически нейтрального) атома, то есть среднее расстояние от совокупности электронов до ядра, примерно в 10000 раз больше, чем размеры ядра. Таким образом, пространство внутри атома в значительной мере оказывается пустым. Вследствие этого, когда два атома сближаются, взаимодействие их электронов будет намного более вероятным, чем непосредственный контакт между двумя ядрами.

Число протонов в атоме равно его *атомному номеру*, а общая масса входящих в его состав субатомных частиц определяет его *атомную массу*. Простейший из атомов – водород – состоит из 1 протона и 1 электрона. Если к ним добавить 1 нейтрон, получится дейтерий, 2 нейтрона – тритий (изотопы водорода).

*Изотопы* одного и того же элемента обладают различной массой, но их химические свойства одинаковы.

Таким образом, под *элементом* понимают совокупность атомов, имеющих одинаковое число протонов в ядрах. Изменение числа нейтронов приводит к появлению изотопов.

В природе существует большое число устойчивых (стабильных) изотопов. Однако изотопы элементов, в ядрах которых содержится примерно 90 и более протонов (например, изотопы урана), неустойчивые; их атомы распадаются, превращаясь в атомы других элементов. Превышение числа нейтронов над протонами в ядре вызывает нестабильность. На нестабильности ядер тяжелых элементов основано действие ядерных реакторов и ядерного оружия.

Электрон в атоме водорода «распределен» в пределах сферической оболочки, окружающей ядро.

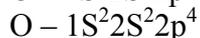
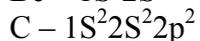
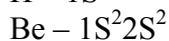
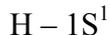
Область вокруг ядра, где с наибольшей вероятностью можно обнаружить электрон, и представляет собой *электронную орбиталь*.

В 1925 г. швейцарский физик Вольфганг Паули сформулировал правила заполнения электронных оболочек. Основное правило гласит: *в одном и том же атоме не может быть двух электронов, находящихся в одинаковых квантовых состояниях*. Квантовые состояния электронов в атоме определяются набором из 4-х квантовых чисел. Первое из них, главное квантовое число, описывает среднее удаление электрона от ядра. Второе квантовое число относится к форме орбитали, которая далеко не всегда бывает сферической. Третье из чисел определяет пространственную ориентацию орбитали. Наконец, четвертое квантовое число характеризует спин электрона, который может быть только  $+1/2$  или  $-1/2$ .

Возможные значения второго и третьего квантовых чисел зависят от значения главного квантового числа: если оно равно 1, то существует только 2 возможных квантовых состояния (и, следовательно, 1 орбиталь, электроны на которой имеют разные значения спина), если же оно равно 2, то существует 8 квантовых состояний и т. д. в соответствии с формулой  $2n^2$ , где  $n$  – главное квантовое число.

Энергия электрона зависит от величины двух квантовых чисел, а поскольку поведение электрона в основном определяется его энергией, химики разработали символический сокращенный способ описания энергетических состояний электронов с помощью цифры и следующей за ней буквы. Цифра совпадает с главным квантовым числом, а величины (1, 1, 2, и 3) для второго квантового числа по традиции обозначаются латинскими

буквами s, p, d и f. Зная количество электронов на различных орбиталях, можно предсказать свойства любого отдельного атома.



Располагая элементы в порядке возрастания атомных масс, Д.И. Менделеев построил периодическую систему элементов. В отличие от таблиц, предлагавшихся другими химиками, его таблица имела ряд пропусков. В тех случаях, когда различие в значениях атомных масс двух соседних известных элементов казалось непропорционально большим, Менделеев предполагал, что между ними должен находиться элемент с промежуточным значением атомной массы. Поскольку элементы в таблице Менделеева были объединены в семейства со сходными свойствами, он смог предсказать свойства некоторых еще неизвестных элементов. Незадолго до конца XIX в. его предсказания подтвердились открытием ряда «недостающих» элементов.

Ныне установлено, что физический смысл периодического закона заключен не в атомных массах, а в атомных номерах, т. е. в основе построения периодической системы лежит число протонов в ядрах атомов. Периодичность в изменении свойств элементов является результатом сходства строения их электронных оболочек.

Если атомы имеют на самой удаленной от ядра (внешней) электронной оболочке одно и то же число электронов, их химические свойства должны быть сходными. На протяжении многих лет считали, что элемент с номером 92 (уран) является самым тяжелым, обладает наиболее массивными из всех, встречающихся на Земле, атомами. Предполагалось, что с увеличением размеров атомов элементы становятся менее устойчивыми и атомы более тяжелых элементов, если они и существовали на Земле, подверглись распаду. Однако, начиная с 1940 г. химики США и СССР начали получать трансурановые элементы искусственно. Глен Сиборг (род. в 1912 г.), используя периодические законы, предсказал возможные свойства трансурановых элементов вплоть до элемента с номером 168. К сожалению, лишь немногие из этих элементов достаточно устойчивы, чтобы можно было выяснить, насколько согласуются их реальные свойства с предсказанными Сиборгом.

Другая гипотеза Сиборга подтвердилась. Поскольку элементы, входящие в одну и ту же группу периодической системы, обладают сходными свойствами, они часто встречаются вместе в одних и тех же природных минералах. Сиборг предположил, что если какие-либо следы трансурановых элементов еще остались на Земле, то их можно будет найти в минералах, богатых другими элементами той же группы. И действительно, в 1971 г. в образце урановой руды был обнаружен природный плутоний (Pu).

Периодический закон позволяет объединить отдельные элементы в группы или семейства.

Элементы, у которых на внешней электронной оболочке имеется 1 или 2 электрона, образуют так называемое семейство s-элементов (щелочные и щелочноземельные металлы, H, He). Теряя 1 или 2 электрона, они образуют положительные ионы с зарядом + 1, + 2).

У более тяжелых элементов энергия электронов на внешних оболочках изменяется несколько более сложным образом. У многих элементов s-орбитали заполнены полностью, а d-орбитали – лишь частично. Часть таблицы Менделеева, начиная со Sc (скандия) включает 10 переходных элементов, у которых происходит постепенное заполнение d-орбиталей; их химические свойства определяются также наличием d-электронов.

Лантаноиды образуют дополнительные подгруппы: у них начинается заполнение f-орбиталей, над которыми расположены d-орбитали с одним электроном из десяти возможных и полностью завершенная s-орбиталь.

Переходные элементы и лантаноиды называют редкоземельными (редко встречающимися в природе). Они относятся к d-элементам. К ним же относится подгруппа актиноидов (в нее входят U и Pu).

Остальные переходные элементы – металлы также относятся к d-элементам.

Переходные элементы характеризуются способностью образовывать положительные ионы или входить в состав отрицательных ионов. Это связано с более сложным поведением электронов на d-орбиталях. Так, для железа существуют ионы  $Fe^{2+}$  и ионы  $Fe^{3+}$ .

Справа от переходных элементов в периодической системе расположены p-элементы. Во главе групп стоят В, С, N, O, F, Ne. Их химические свойства определяются прежде всего наличием 3-х p-орбиталей, которые могут иметь максимум 6 электронов. Слева направо по ходу этих групп происходит заполнение p-орбиталей, пока не достигается «полный октет» (2s-6р-электронов) у благородных (инертных) газов.

У галогенов не хватает 1 электрона до завершения октета, приобретая его, они становятся отрицательно заряженными ионами с зарядом -1.

Если два атома сближаются настолько, что их электронные облака перекрываются, то они начинают притягиваться – возникает *химическая связь*.

Орбитали каждого атома при этом преобразуются в общую орбиталь, образуется *молекула*. Электроны, участвующие в образовании химической связи, переходят с прежних атомных орбит на общую единую *молекулярную орбиталь*.

Если пара электронов находится в общем владении двух атомов, то говорят о *ковалентной связи* (у аммиака (NH<sub>3</sub>) три ковалентные связи N с H), при которой атомы удерживаются за счет образовавшихся общих орбиталей.

Если электроны одного атома полностью переходят на орбитали других атомов, образуются соединения с *ионной связью* (NaCl), удерживающиеся за счет сил электростатического притяжения.

Третий вид связи – *координационный*. Связь подобна ковалентной, только при этом оба «обобщенных» электрона, участвующих в образовании химической связи, предоставляются лишь одним из атомов. Второй атом, обладавший незаполненной оболочкой, принимает эти электроны, в результате чего образуются комплексные или координационные соединения (у аммиака (NH<sub>3</sub>) N имеет 2 свободных электрона из пяти, отдает их, например, Cu, образуя  $Cu[NH_3]CuSO_4 + H_2O$  – голубой кристаллогидрат, бесцветные молекулы H<sub>2</sub>O «координируются» своими свободными парами электронов).

Одним из основных направлений химии является изучение *строения молекул*, которое зависит от характера связи между атомами. Например, NaCl (ионная связь) имеет кубическую кристаллическую решетку. В ее узле каждый ион натрия Na<sup>+</sup> окружен 6 ионами хлора.

Молекулы координационных соединений обычно имеют какую-либо из геометрических форм (плоский квадрат, октаэдр, тетраэдр, тетрагональная пирамида и другие). Форма ковалентных молекул зависит от формы электронных орбиталей.

Особую большую группу химических соединений образуют *органические соединения*.

Открытия, приведшие к созданию промышленного органического синтеза, были сделаны в конце XIX века. Было установлено, что из побочного продукта, образующегося при получении кокса – каменноугольной смолы – можно производить красители, аспирин, сахарин, взрывчатые вещества (тротил). Общим фрагментом молекул многих продуктов переработки каменноугольной смолы является бензол C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> и его производные. Сейчас бензол получают также при переработке нефти. В некоторых соединениях бензольные кольца «спаяны» между собой и образуют полициклические углеводороды, например, нафталин, бензпирен (канцерогенное вещество) или препарат ЛСД, вызывающий галлюцинации.

В химии органического синтеза важное место принадлежит не только циклическим соединениям, но и нециклическим – линейным, как предельным, так и непредельным (с двойной и тройной связью). В состав молекул органических веществ, кроме С и Н, часто входят  $O_2$  и  $N_2$ . К таким соединениям принадлежат широко распространенные в природе жиры, воск, сахар, белки.

Органические соединения лежат в основе одной из наиболее важных отраслей современной промышленности – бурно развивающегося производства и использования синтетических полимеров (очень большие молекулы, построенные из повторяющихся одинаковых небольших фрагментов – мономеров).

Пространственная или сетчатая структура образуется в результате реакций полимеризации или поликонденсации.

Одно из наиболее перспективных направлений органической химии – синтез кремнийорганических соединений.

В полимерах, называемых силикатами, имеются длинные цепи из чередующихся атомов кремния и кислорода. В силиконах, вырабатываемых промышленностью, обычно присутствуют органические группировки. Силиконы находят применение в медицине, например для изготовления искусственных клапанов сердца.

Неорганические и органические соединения вступают в химические реакции. Явления, при которых одни вещества превращаются в другие, отличающиеся от исходных составом и свойствами, и при этом не происходит изменения состава ядер атомов, называются *химическими реакциями*. Сами реакции, их направление, протекание, скорость изучаются химической термодинамикой, химической кинетикой, электрохимией.

Чтобы молекулы реагирующих веществ могли преодолеть энергетический барьер им нужно сообщить энергию активации  $E_a$ . Один из способов активации химических частиц – увеличение температуры: при повышении температуры повышается кинетическая энергия частиц, то есть число активных частиц резко возрастает, благодаря чему увеличивается скорость реакции.

Энергия активации зависит от природы реагирующих веществ и служит характеристикой каждой реакции. Скорость реакции непосредственно зависит от значения энергии активации: если оно мало, то за определенное время протекания реакции энергетический барьер преодолеет большое число частиц и скорость реакции будет высокой, но если энергия активации велика, то реакция идет медленно.

Итак, молекулы, обладающие достаточной энергией активации, вступают в химические реакции. Существует бесчисленное множество реакций, которые можно классифицировать по различным признакам. Так, по признаку выделения или поглощения теплоты реакции разделяют на экзотермические и эндотермические. По признаку изменения числа исходных и конечных веществ реакции подразделяют на следующие типы: соединения, разложения, замещения и обмена. По признаку обратимости реакции делят на обратимые и необратимые. По признаку изменения степени окисления атомов, входящих в состав реагирующих веществ, различают реакции, протекающие без изменения степени окисления атомов, и окислительно-восстановительные реакции. Кроме того, по виду фаз реакции подразделяют на гомогенные и гетерогенные, а по количеству участвующих фаз – на однофазные и многофазные. Реакции можно подразделять по порядку, молекулярности и многим другим факторам.

Направление и скорость реакции также зависит от множества факторов, в том числе от таких, как температура, давление, использование катализаторов и ингибиторов.

#### 8.4. Химическая технология. Химическая промышленность

На базе химии, ее законов сложились химическая технология, химическая промышленность.

Химическая технология – прикладная научная дисциплина о процессах, методах и средствах переработки сырья в конечный химический продукт.

Химическая технология – это научная база химической промышленности, которая в целом является одной из крупнейших отраслей народного хозяйства (состоящей из пятнадцати специализированных отраслей).

В химическую промышленность входят:

- горно-химическая промышленность,
- основная химия,
- промышленность химических волокон,
- промышленность синтетических смол и пластических масс,
- промышленность пластмассовых изделий,
- лакокрасочная промышленность,
- промышленность химических реактивов и особо чистых веществ,
- промышленность синтетических красителей,
- промышленность бытовой химии и другие отрасли.

В нефтехимическую промышленность входят прежде всего производство синтетического каучука и производство продуктов основного органического синтеза.

Говоря о химии и химической промышленности, об их огромной роли в техническом прогрессе нельзя, однако, не сказать о том, что с ее развитием связаны проблемы загрязнения окружающей среды (атмосферы, гидросферы, литосферы и биосферы в целом). В результате этого влияния возникло такое ранее неизвестное явление, как снижение биологической активности всего живого на земле.

Таким образом, химия наряду с другими отраслями промышленности, нарушает сложившееся в течении миллионов лет равновесие природных ресурсов, негативно влияет на здоровье самого человека.

Поэтому экологические проблемы являются сегодня одними из основных проблем химической технологии, и химического производства. Пути их решения:

- комплексное использование сырья и энергии;
- совершенствование химических технологий с учетом требований экологической безопасности;
- применение малоотходных и безотходных технологий;
- совершенствование систем и средств очистки и так далее.

#### 8.5. Состояние современной химии, тенденции развития

Современную химию отличает тесная взаимосвязь с другими науками, особенно с физикой, биологией и многими техническими дисциплинами. Широко распространено междисциплинарное сотрудничество и специализация. В результате выделяются на стыке наук новые дисциплины, например, физическая химия (электрохимия и химическая термодинамика), коллоидная химия и др. Химия разрабатывает и предлагает для других наук новые продукты и методы. С другой стороны, благодаря физическим методам, новейшим видам аппаратуры и оборудования (создаваемых с помощью прикладных технических наук), активно развивается сама.

В настоящее время возникло много новых химических наук, направлений. Например, на стыке химии и биологии сформировалась биохимия. Она относится к достаточно молодым наукам, считают, что у нее большое будущее.

Проблемы биохимии можно свести к двум основным: во-первых, каким образом клетки живого организма вырабатывают энергию, необходимую для поддержания его жизнедеятельности; во-вторых, каким образом действуют вещества, получившие название ферментов, которые служат катализаторами во многих химических реакциях.

К новым специальным областям химии относятся радиационная химия (наука о воздействии радиоактивного излучения на химические реакции), плазмохимия (химия сверхвысоких температур), лазерная химия (теснейшим образом связанная с физикой, использующая ее методы). Науками будущего называют космохимию и фотохимию.

Таким образом, спектр химических наук чрезвычайно широк. Они все более активно внедряются в самые различные отрасли производства, сельского хозяйства и быта. Активно развивается экспериментальная база.

В наше время химики используют разнообразные химические и физико-химические методы, позволяющие следить за протеканием реакций и исследовать их продукты. К ним относятся традиционные качественные и количественные методы анализа, оптические методы, спектральные методы (ИК-спектроскопия, УФ-спектроскопия), электрохимические (кондуктометрия, кулонометрия, потенциометрия, амперометрия и др.). Применение, например, хроматографических методов анализа основано на том, что различные вещества диффундируют или абсорбируются на различных поглотителях с разной скоростью. Каждое вещество обладает специфическим, характерным только для него спектром поглощения. На этом основаны спектроскопические методы. При масс-спектроскопии образец вещества бомбардируют электронами относительно низкой энергии. Возникает излучение, которое наблюдают с помощью призм или дифракционных решеток.

К числу новейших методов относится ядерный магнитный резонанс (ЯМР) и мессбауэровская спектроскопия.

На основе указанных современных методов исследования ученые развивают и теоретическую химию. Нужно подчеркнуть, что химия относится к тем наукам, для которых научный эксперимент имеет первостепенное значение.

В заключении, анализируя состояние современной химии и перспективы ее развития, следует сказать, что химия сегодня – это высокоразвитая наука, которая включает в себя сотни научных направлений и тысячи научных школ. Ей известны миллионы органических и неорганических соединений и множество современных научных методов для их изучения. Современная химия активно взаимодействует со смежными науками – физикой, биологией, минералогией, кристаллографией и другими. В основу современной химии легло возникшее на рубеже XIX–XX в.в. учение о сложном строении вещества. На протяжении всех последующих лет химия как наука обогащалась новым содержанием, усиливала свое практическое влияние. Химические изделия и методы в решающей мере определяют лицо нашего мира. Все сферы жизни и деятельности людей самым тесным образом связаны с химической продукцией.

Химические продукты и процессы применяются во многих отраслях материального производства. Помимо уже названных следует отметить производства стекла, керамики, цемента, минеральных удобрений, металлургию, целлюлознобумажную промышленность, фармакологию и другие.

Одна из основных стратегических задач современной химии заключается в разработке новых способов конверсии вещества и энергии для крупнотоннажного безотходного производства ценных веществ.

## 9. Особенности биологического уровня организации материи, его эволюция

### 9.1. Эволюция материи. Возникновение биосферы

Природа жизни, ее происхождение, разнообразие живых существ и объединяющая их структурная и функциональная близость занимает одно из центральных мест в биологической проблематике.

Теории, касающиеся возникновения Земли и жизни на Земле, разнообразны и далеко не достоверны.

Среди главных теорий возникновения жизни следует упомянуть следующие:

- 1) жизнь была создана сверхъестественным существом в определенное время (креационизм);
- 2) жизнь возникла неоднократно из неживого вещества (самопроизвольное зарождение);
- 3) жизнь существовала всегда (теория стационарного состояния);
- 4) жизнь занесена на нашу планету извне (панспермия);
- 5) жизнь возникла в результате процессов, подчиняющихся химическим и физическим законам (биохимическая эволюция).

Последняя теория на сегодняшний день считается наиболее достоверной. Согласно этой теории биосфера Земли возникла и сформировалась в итоге длительного процесса развития материи. Считается, что возникновение жизни на Земле было обусловлено оптимальной массой данной планеты (не больше и не меньше), позволяющей ей за счет земного тяготения удерживать сформировавшуюся атмосферу и составом самой атмосферы. Полагают, что когда в силу каких-то космических событий возникла Земля, она была лишена жизни из-за высокой температуры и ядовитой атмосферы. Прежде чем на остывающей Земле могли возникнуть хотя бы самые простые живые существа, должна была завершиться эволюция химических элементов жизни. Этот этап и дал начало процессу, в результате которого губительная атмосфера из водорода, метана, аммиака и водяного пара, характерная для первозданной Земли, переродилась в животворную атмосферу из кислорода, углекислого газа и азота, способствующую образованию более сложных соединений – белков, нуклеиновых кислот и жиров – будущих носителей жизни.

В целом, можно, по-видимому, выделить три основные стадии эволюционного процесса: добиотическую, биотическую и социальную.

*Добиотическая (абиотическая) эволюция материи* включала следующие этапы:

- образование тяжелых элементов из водорода в недрах звезд;
- взрывы звезд и обогащение межзвездной среды разнообразием химических элементов;
- возникновение под влиянием различных источников энергии простейших органических соединений;
- формирование планет, содержащих разнообразные органические соединения;
- образование абиотического круговорота веществ на поверхности планет, вызванного излучением центрального светила (круговорот воды, абиогенная миграция химических элементов, абиогенные химические реакции);
- аккумуляция лучистой энергии в органических соединениях в результате химических реакций;
- возникновение круговорота соединений углерода, включающего реакции накопления лучистой энергии центрального светила и ее освобождения (зародыш биотического круговорота биосферы).

Этапами *биотической эволюции* являлись:

- усложнение и усовершенствование компонентов биотического круговорота – формирование биосферы, появление размножающихся живых существ, биогенная миграция атомов как выражение жизнедеятельности;
- возникновение многоклеточных организмов и дальнейшее усложнение биотического круговорота биосферы;
- дифференциация живого, выражающаяся, с одной стороны, в увеличении многообразия форм, с другой – в усложнении строения (в том, что получило название морфофизиологического прогресса).

В период *социальной эволюции* происходило формирование и развитие человеческого общества. Трудовая деятельность людей становится фактором эволюции биосферы. Биосфера превращается в единство абиотического, биотического и социального; переходит в новое состояние – в ноосферу.

Химический синтез на формирующейся Земле, должно быть, зависел от таких естественных источников энергии, как ультрафиолетовые и тепловые излучения солнца, молнии, вулканическое тепло и радиоактивность.

## 9.2. Эволюционное учение и генетика

На протяжении столетий сущность жизни оставалась для биологов загадкой, хотя и была общеизвестна главная особенность всех живых организмов – способность к воспроизведению себе подобных.

Считается, что первые живые организмы появились в океане. В 1923 году академик А.И. Опарин высказал мнение, что атмосфера первичной Земли была не такой, как сейчас. Исходя из теоретических соображений, он полагал, что органические вещества могли создаваться в океане из более простых соединений; энергию для этих реакций синтеза, вероятно, доставляла интенсивная солнечная радиация (главным образом ультрафиолетовая), свободно достигаемая Земли из-за отсутствия озонового слоя, который образовался позже.

По мнению Опарина, именно в океане постепенно накопились органические вещества и образовался тот «первичный бульон», в котором могла возникнуть жизнь. Опарин полагал, что решающая роль в превращении неживого в живое принадлежала белкам. Белковые молекулы способны к образованию гидрофильных комплексов с молекулами воды. Слияние таких комплексов друг с другом приводит к отделению коллоидов от водной среды – процесс, называемый *коацервацией*.

А.И. Опарин предположил, что в массе коацерватных капель должен был идти отбор наиболее устойчивых в существовавших условиях. Способность к избирательной адсорбции постепенно преобразовывалась в устойчивый обмен веществ. Вместе с этим в процессе отбора оставались лишь те капли, которые при распаде на дочерние сохраняли особенности своей структуры, то есть приобретали свойство самовоспроизведения – важнейшего признака жизни.

Эту гипотезу происхождения жизни признают многие ученые, хотя некоторые считают ее положения малоубедительными. Таким образом, гипотеза Опарина завоевала широкое признание. Однако существенным ее недостатком является то, что она не дает убедительного объяснения, как произошел качественный скачок от неживого к живому, то есть переход от сложных органических веществ к простым живым организмам. Тем не менее, мысль о том, что жизнь возникла не внезапно, а сформировалась в ходе эволюции, положенная в основу гипотезы А.И. Опарина, является весьма достоверной.

*Теория эволюции* занимает особое место в изучении истории жизни. Эволюция подразумевает всеобщее постепенное развитие, упорядоченное и последовательное. Применительно к живым организмам эволюцию можно определить как развитие сложных организмов из предшествующих, более простых организмов с течением времени.

Существуют убедительные факты палеонтологической летописи, свидетельствующие, что эволюция была процессом постепенного развития. Впервые эволюционная гипотеза в развернутом виде была высказана французским биологом *Ж.Б. Ламарком*. Он допускал, что простейшие организмы постоянно самозарождаются из неживой природы и способны изменяться под действием среды, становясь все более сложными. У животных активное упражнение органов ведет к их совершенствованию, а ослабленное их употребление – к деградации. Приобретенные в ходе индивидуального развития свойства, по Ламарку, передаются потомству. Таким образом, в основе эволюционной гипотезы Ламарка лежали две предпосылки: упражнение и неупражнение частей организма и наследование приобретенных признаков. То есть, с точки зрения ламаркизма, длина шеи и ноги жирафа – результат того, что многие поколения его предков питались листьями деревьев, за которыми им приходилось тянуться все выше и выше. Ламарк был деистом, допуская и творение мира Богом и развитие природы по ее собственным законам (тоже созданным творцом). Взгляды Ламарка на механизм изменения живых организмов не получили признания, так как приобретенные признаки затрагивают *фенотип* (совокупность всех признаков организма, сформировавшихся в процессе его индивидуального развития), но не являются генетическими и, не оказывая влияния на *генотип* (наследственную основу организма), не могут передаваться потомству. Например, занятие физическими упражнениями может увеличить объем мышц только у данного человека, но не у его потомства.

Тем не менее, теория Ламарка подготовила почву для принятия эволюционной концепции и стала исторической предпосылкой для признания впоследствии наследования генетических особенностей при половом размножении.

*Чарльз Дарвин* и *Альфред Уоллес* высказали идею эволюции путем естественного отбора. Основные положения теории Дарвина – *изменчивость живых организмов, борьба за существование, естественный отбор*.

Согласно теории Дарвина, все начинается с изменения отдельных особей, индивидуальная изменчивость – основа эволюционного процесса. Дарвин выделил две основные формы изменчивости – определенную и неопределенную. *Определенная изменчивость* возникает как прямой результат конкретных воздействий внешней среды. В исчезновении вызвавших ее условий определенная изменчивость организмов не передается их потомкам. Неопределенная изменчивость не имеет прямого приспособительного значения, возникает случайно у немногих особей, но устойчиво передается потомству. Именно неопределенная изменчивость играет главную роль в видообразовании.

Неизбежность борьбы за существование Дарвин выводил из противоречия между потребностями организмов и ограниченностью средств для их удовлетворения. Особо важное значение имеет внутривидовая конкуренция, в ходе которой отбираются особи с наиболее полезными приспособлениями. Именно по этому пути и происходит образование новых видов. Естественный отбор означает дифференцированную размножаемость организмов с разной степенью приспособленности к условиям среды (выживание наиболее приспособленных). Причем приспособленность может быть самой разной. В одних случаях выживают самые сильные, в других – самые мелкие, в третьих – самые высокоорганизованные, а нередко и самые примитивные. Основные положения теории Ч. Дарвина были опубликованы в 1859 г. в книге «Происхождение видов путем естественного отбора или сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь». В 1871 г. Дарвин опубли-

ковал труд «Происхождение человека и половой отбор», в котором общая теория эволюции конкретизирована в процессе решения вопроса о естественном происхождении человека от животного мира.

Теория эволюции Дарвина была расширена и разработана в сфере современных научных данных.

Итак, эволюционирующей единицей является *вид*, поскольку именно он представляет собой совокупность размножающихся особей. Виды, у которых предполагается существование общего предка, объединяются в один род. Близкие роды объединяются в более крупные *семейства*, а семейства в *отряды* (для животных) и *порядки* (для растительности).

Родственные отряды или порядки являются членами одного *класса*, а классы образуют самую крупную единицу – *тип*.

Вспомним, что на основании изучения земной коры ученые выделяют три основные геологические эры; палеозой («древняя жизнь»), мезозой («средняя жизнь»), и кайнозой («новая жизнь»).

Первыми живыми существами были бактерии и одноклеточные водоросли, появление которых датируется примерно 3.5 млрд. лет назад. Затем появлялись группы рыб и амфибий (середина палеозоя), рептилий (доминирующая группа в мезозое), млекопитающие (в кайнозое). Эволюционный путь млекопитающих был увенчан возникновением около миллиона лет назад вида *Homo erectus* – человека прямоходящего. Таким образом, для того, чтобы появился первый человек, потребовалось более 4 млрд. лет эволюции жизни.

Основными единицами жизни являются *клетки*. Самые простые живые организмы состоят из одной клетки, более сложные – из тысяч и миллионов клеток. Но для всех них характерна способность к размножению, а также способность передвигаться, реагировать на воздействие внешних факторов, расти и поглощать энергию для своих нужд из окружающей среды.

Для поддержания жизни должно существовать равновесие между способностью организма производить энергию и потреблять ее, например, при росте, движении, сохранении и образовании клеток. Во всяком живом организме, будь то растение или животное, существует как набор ферментов для синтеза новых молекул, так и сбалансированная с ним система ферментов, разрушающая молекулы с освобождением энергии. Совокупность этих двух систем и формирует *обмен веществ в организме*.

Несмотря на огромное многообразие живых организмов, все они состоят в сущности из одних и тех же молекулярных строительных блоков: белков, углеводов, нуклеиновых кислот и жиров. Нуклеиновые кислоты являются носителями генетической информации, передающейся от родителей потомству. Белки осуществляют строительные функции и кроме того, служат катализаторами (ферментами) в бесчисленном множестве химических реакций, которые и делают организм живым. Углеводы и жиры – это источники энергии и строительные блоки для всех живых существ.

Центральным событием в химической эволюции жизни было образование нуклеиновых кислот, поскольку именно их молекулы наделены способностью к самовоспроизведению. Эта способность и оказалась решающей.

Возвращаясь к гипотезам о происхождении жизни на Земле, и в частности к гипотезе академика А.И. Опарина, следует отметить, что их существенные недостатки были связаны с тем, что они не могли опереться на современную молекулярную биологию. И это вполне естественно, так как механизм передачи наследственных признаков (особенно роль нуклеиновых кислот) стал в известной степени ясным сравнительно недавно.

Остановимся более подробно на механизме функционирования клетки и находящихся в ней нуклеиновых кислот. Внутри большинства клеток находится самое главное образование – ядро. В нем хранится генетическая информация (закодированная в генах), которая локализована в особых структурах, называемых хромосомами, в виде *дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК)*. Чрезвычайно важную роль в деятельности клетки играют белки. Помимо выполнения функции катализаторов реакций, протекающих в клетке, белки могут действовать и как гормоны, но в этом случае они должны быть видоизменены, прежде чем будут выведены из клетки. Преобразования белков и их транспорт осуществляются с помощью мембранной структуры – комплекса Гольджи.

Молекула ДНК имеет два свойства, позволяющих ей играть главную роль в процессах жизни: способна хранить информацию и создавать точные копии самой себя. В сложной структуре ДНК заложен специфический код для синтеза клеточного белка. Информация о биосинтезе белков закодирована в генах – достаточно длинных отрезках лестницы ДНК. Переносчик программы для синтеза белка – РНК (вещество, химически подобное ДНК). Передача генетических элементов является причиной наследственности.

Генетика – довольно молодая наука, но возможности передачи потомству определенных свойств были оценены уже давно. Основоположником генетики можно считать австрийского монаха и исследователя Грегора Менделя, изучавшего наследственные признаки, используя в качестве экспериментального материала горох. опыты Менделя послужили основой для понимания законов наследственности. Наследственные признаки определяются не отдельными генами, а их комбинациями.

Как следует из теории Дарвина, наследственность связана с «неопределенной изменчивостью», которая может передаваться потомкам. Как уже было сказано,

ключевой принцип дарвинизма – *постепенная изменчивость*. В противоположность этому в случае явных различий между видами говорят о *прерывистой изменчивости*, что стало первым серьезным вызовом дарвинизму.

Так нидерландский ботаник *де Фриз* заметил, что в популяциях растений время от времени появляются особи, сильно отличающиеся от остальных. Де Фриз назвал этот феномен «мутацией» и разработал совершенно новую концепцию эволюции путем прерывистой изменчивости.

Теперь, зная о наличии хромосом и оперируя понятием гена, генетики могли рассматривать эволюцию в ракурсе более значительных «скачков». Используя рентгеновское «излучение» или некоторые химические препараты, можно было вызвать изменения в хромосомах, или их перегруппировку, что приводило к существенному изменению внешних признаков.

В настоящее время генетики пришли к выводу, что резкой границы между *классическим дарвинизмом* и *мутационной теорией* провести нельзя – они перекрываются. Совокупность новых идей стали называть *неодарвинизмом*, поскольку принцип отбора остается. Таким образом, генетика на молекулярном уровне представляет прочный фундамент для современного дарвинизма.

В результате созданных в 70-е годы XX века техники выделения гена из ДНК, а также методики размножения нужного гена возникла *генная инженерия*. Внедрение в живой организм чужеродной генетической информации и приемы, заставляющие организм эту информацию реализовывать, составляют одно из самых перспективных направлений в развитии *биотехнологии*. Методами генетической инженерии удалось получить интерферон и инсулин. Объектом биотехнологии выступает сегодня не только отдельный ген, но и клетка в целом.

*Клеточная инженерия* открывает широкие возможности практического использования биомассы культивируемых клеток и создания на их основе промышленных технологий. Клеточная инженерия позволяет получать совершенно новые организмы, не существовавшие в природе. Но при этом возникает опасность, что искусственно созданные организмы могут вызывать непредсказуемые и необратимые последствия для всего живого на земле, в том числе и для человека.

Генная и клеточная инженерия обратили внимание человечества на необходимость общественного контроля за всем, что происходит в науке.

## 10. Современная экология, ее структура и задачи

### 10.1. Понятие об экологии и ее структуре

Термин «экология» (от греч. «oikos» – дом, жилище, «logos» – учение) предложен в 1866 г. немецким ученым Э. Геккелем для обозначения одного из разделов биологической науки, изучающего взаимоотношения растений и животных со средой обитания. В дальнейшем этот термин приобрел более широкое значение. Свое развитие как отдельная наука экология получила в XX веке, когда воздействие человека на природу стало так велико, что потребовало детального изучения законов взаимодействия человека и природы.

Современная всеобщая, или большая экология – это научное направление, рассматривающее некую значимую совокупность природных и отчасти социальных явлений и предметов.

В настоящее время экология разделилась на ряд научных отраслей и дисциплин, подчас далеких от первоначального понимания экологии как биологической науки об отношениях живых организмов с окружающей средой. Хотя в основе всех современных направлений экологии лежат фундаментальные идеи *биоэкологии*.

В свою очередь биоэкология сегодня – это тоже совокупность различных научных направлений. Так например, выделяют *аутэкологию*, исследующую индивидуальные связи отдельного организма со средой, *популяционную экологию*, занимающуюся отношениями между организмами, которые относятся к одному виду и живут на одной территории; *синэкологию*, комплексно изучающую группы, сообщества организмов и их взаимосвязи в природных системах (экосистемах).

Выделяется экология *теоретическая*, вскрывающая общие законы жизни, и экология *прикладная*, призванная помочь применить эти законы в хозяйственной практике людей.

К современным направлениям экологии относятся: учение о биосфере (теоретическое направление), географическая экология, экология промышленная (инженерная), экология сельскохозяйственная, экология человека – социальная, которые составляют прикладную экологию, и в свою очередь разделяются на более узкие направления.

Прикладная экология, основанная прежде всего на разных отраслях биологии, тесно связана с другими естественными науками – физикой, химией, геологией, географией, математикой. Современная кризисная ситуация требует экологизации всех наук и всей человеческой деятельности, то есть учета законов и требований экологии.

Прикладная экология, кроме того, неотделима от морали, права, экономики, так как только в союзе с ними можно коренным образом изменить отношение людей к природе.

### 10.2. Экологические системы и их устойчивость

Сообщество взаимодействующих живых организмов, состоящих из *продуцентов* (производителей – растений, создающих органическое вещество из неорганического), *консументов* (потребителей – животных, питающихся растениями и другими животными) и *редуцентов* (восстановителей, представленных простейшими организмами, разлагающими остатки органического вещества), называется *биоценозом* (по определению академика В.Н. Сукачева).

Территория с присущими ей абиотическими факторами, занятая определенным биоценозом называется *биотопом*.

Биоценоз представлен приспособленными друг к другу растительностью, животными и микроорганизмами. Совокупность биотопа и биоценоза составляет *биогеоценоз*.

Близким по смыслу, а в большинстве случаев и взаимозаменяемым понятием является *экосистема*. Однако биогеоценоз всегда связан с определенной частью земной поверхности с однородными природными условиями («ге» – Земля), а экосистемой может быть любая система живых и неживых компонентов: и любой биогеоценоз, и космический корабль.

Другими словами под *экосистемой* понимают совокупность живых и неживых элементов, между которыми имеет место обмен веществом и энергией, обладающую стабильностью.

Экосистема представляет собой необходимую форму существования жизни. Любой организм способен развиваться только в экосистеме, а не изолированно. В свою очередь каждый биогеоценоз (экосистема) соподчинен и взаимосвязан с другими. Более мелкие и простые экосистемы входят в более крупные и сложные и все вместе составляют общую систему жизни – биосферу, которая сама является глобальным биогеоценозом.

Человек, воздействуя на какой-либо один компонент природы, например, вырубая деревья, тем самым влияет на весь биогеоценоз леса, нарушая происходящие в нем круговорот вещества, без которого количество питательных веществ и энергии быстро иссякнет.

Описанный процесс отражает действие *закона внутреннего динамического равновесия*, согласно которому вещество, энергия, информация и качество отдельных природных систем и биосферы в целом взаимосвязаны и любое изменение одного из этих показателей вызывает изменение всех других показателей. Причем в соответствии с принципом Ле Шателье-Брауна эти изменения происходят в направлении, обеспечивающем сохранение общей суммы вещественно-энергетических и динамических качеств систем, то есть ее устойчивости. Таким образом, экосистемы сопротивляются воздействиям, нарушающим их стабильность. Динамическое равновесное состояние экосистемы называется *гомеостазом*.

Однако, если антропогенная нагрузка превысит способности природы к самоочищению и самовосстановлению и принцип Ле Шателье-Брауна перестанет действовать, то это может привести к полной гибели соответствующей экосистемы или биосферы в целом.

### 10.3. Учение о биосфере и ноосфере

Учение о биосфере относится к одному из направлений современной всеобщей или большой экологии.

Термин «биосфера» вошел в науку в конце прошлого столетия. Основоположителем современных представлений о «сфере жизни» был выдающийся естествоиспытатель, академик *В.И. Вернадский* (1863-1945), вложивший в старое узкое понятие биосферы новое содержание. Согласно воззрениям В.И. Вернадского с момента возникновения жизни на нашей планете (ориентировочно 3,5 миллиарда лет назад) происходил процесс длительного формирования определенного единства живой и косной материи.

Поверхность Земли Вернадский рассматривал как качественно своеобразную оболочку, развитие которой в значительной мере определяются деятельностью живых организмов. Эти организмы, существующие, стареющие и умирающие в течение сотен миллионов лет формируют химическое состояние наружной коры нашей планеты, порождают всеобщий планетарный процесс – миграцию химических элементов, движение земных атомов. Таким образом сущность учения Вернадского заключается в том, что высшая форма развития материи на Земле – жизнь – опосредует другие планетарные процессы.

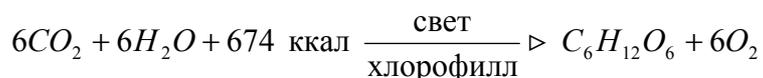
Итак, биосфера – это наружная оболочка Земли, область распространения жизни, которая включает все живые организмы и все элементы неживой природы, образующей среду обитания живых. Границы биосферы охватывают всю гидросферу, то есть водную

оболочку (до глубины 12 километров) и нижний слой атмосферы (высотой до 15 километров). Нижняя граница биосферы в литосфере проходит, как считают, на глубине до 5 километров.

Основой динамического равновесия и устойчивости биосферы является *круговорот веществ и превращение энергии*. Хорошо известны глобальные процессы круговорота воды на Земле: круговорот кислорода, углерода, азота, минеральных веществ. До появления жизни на Земле действовали одни *абиотические факторы среды* (совокупность условий неорганической среды, влияющих на организм). С момента появления жизни на Земле к абиотическим факторам прибавились *биотические факторы среды* (совокупность влияний, оказываемых на организм жизнедеятельностью других организмов), а с появлением человека – *антропогенные факторы*, связанные с вмешательством человека в природные процессы, протекающие в биосфере.

Решающее значение в истории образования биосферы имело появление на Земле автотрофных растений, способных синтезировать органическое вещество из минерального (питающиеся неорганическим веществом). Хлорофиллсодержащие растения улавливают энергию солнечных лучей и используют ее на осуществление реакций фотосинтеза. При этом они используют для построения органического вещества углекислоту воздуха, воду, минеральные вещества. (Хлорофилл – это зеленый пигмент растений, который поглощает энергию солнечного света и трансформирует ее в химическую энергию органических веществ.)

Суммарно реакция фотосинтеза выражается следующим уравнением:



Вернадский сделал философское обобщение. Он показал, что благодаря фотосинтезу меняется весь облик Земли. В результате фотосинтеза на суше ежегодно создается  $1,5 \cdot 10^{10} - 5,5 \cdot 10^{10}$  тонн растительной биомассы. А в морях и океанах в 5-6 раз больше, чем на суше.

Именно благодаря растениям на Земле началось бурное развитие различных форм жизни и активный обмен веществом и энергией между живой и неживой природой.

В.И. Вернадский, разрабатывая учение о биосфере, ввел в науку понятие «живое вещество», то есть вещество, обладающее жизнью как некоторым ему присущим свойством. Одновременно – это «совокупность организмов», населявших в то или иное время нашу планету и «участвующих в геологических процессах». Живое вещество представлено биомассой растений, биомассой животных, биомассой бактерий.

Под *биомассой* понимают обычное количество организмов (по массе или объему) в  $1 \text{ м}^3$  или на  $1 \text{ м}^2$  площади. Количество биомассы, образовавшейся за определенное время, называется *продуктивностью*.

Живое вещество находится в состоянии постоянного обмена веществом и энергией с геохимической средой. Оно ежегодно поглощает и ассимилирует огромное количество химических элементов и выделяет в окружающую среду новые. Формирование наружных оболочек Земли, толщи известняков, значительной части железных рудников, нефти – все это результат деятельности живого вещества. Иными словами «живое вещество» рассматривается В.И. Вернадским в качестве свободной энергии в биосфере.

Исключительно важное свойство биосферы и живого вещества – *высокая степень организованности*, которая проявляется как во взаимосвязи между отдельными блоками биосферы – гидросферой, атмосферой, литосферой, сферой органической жизни – так и в

ее непрерывном становлении, движении всех самых мельчайших материальных и энергетических частей. Таким образом, биосфера – не хаос разрозненных составляющих, а некоторое единое и связанное целое.

В состав живого вещества, геохимически изменяющего процессы, происходящие в земной коре, Вернадский включил и человеческое общество, рассматривая систему природы и систему общества в единстве.

Можно говорить о нескольких уровнях организованности биосферы.

*Термодинамический уровень* организованности биосферы проявляется, например, в специфике градиентов температуры в гидросфере, атмосфере и литосфере.

*Физический или агрегатный уровень* организованности – в наличии разных фазовых состояний вещества (твердого, жидкого, газообразного), одновременно характеризующих и его разное химическое состояние.

На *химическом уровне* организованности гидросферы, атмосферы и литосферы эти сферы рассматриваются как сложные химические тела, имеющие свою горизонтальную, вертикальную (пространственную), а также временную структуру.

Эволюционно сложившееся динамическое равновесие в системе биосфера – живое вещество существовало в течении всех геологических периодов и впервые было нарушено техногенной деятельностью человека.

Эволюция биосферы зависит от биогеохимических функций живого вещества. Вернадский выделяет пять групп функций:

- газовые;
- концентрационные;
- окислительно – восстановительные;
- биогеохимические органического мира;
- биогеохимические, связанные с воздействием человека на окружающую среду.

Совокупность всех этих функций определяют основные биогеохимические проявления живого вещества в биосфере.

В результате возрастающего антропогенного воздействия на физико-географическую оболочку Земли возникло качественно новое состояние биосферы – *ноосфера* («ноос» – разум в пер. с греч.) – «мыслящая оболочка, сфера разума, высшая стадия развития биосферы, связанная с возникновением и становлением в ней цивилизованного человечества, с периодом, когда разумная человеческая деятельность становится главным определяющим фактором развития на Земле».

Понятие «ноосфера» впервые введено в прошлом веке французскими учеными Ле Руа и Тейяр де Шарденом. Под этим термином они понимали особую оболочку Земли, включающую общество с индустрией, языком, хозяйственной деятельностью, религией и всеми иными атрибутами. Ноосфера рассматривалась в качестве некоего «мыслящего пласта», разворачивающегося над биосферой, вне ее. В.И. Вернадский считал, что ноосфера – это новое геологическое явление на Земле. В ней человек становится мощной биологической силой. Но мыслить и действовать человек, как и все живое, может только в области распространения жизни, то есть в биосфере, с которой он неразрывно связан и из которой не может уйти.

Таким образом, биосфера является единственным местом обитания человека и других живых организмов, причем из построения В.И. Вернадского и ряда других ученых следует закон незаменимости биосферы: биосфера – это единственная система, обеспечивающая устойчивость среды обитания при любых возникающих возмущениях. Нет никаких оснований надеяться на построение искусственных сообществ, обеспечивающих стабилизацию окружающей среды в той же степени, что и естественные сообщества.

Из этого закона следует, что конечная задача охраны природы – это сохранение биосферы как естественного и единственного места обитания человеческого общества.

В настоящее время влияние производственной и техногенной деятельности человека на природу вызывает ряд экологически опасных и необратимых процессов в биосфере (тепловые загрязнения, парниковый эффект, нарушение кислородно-углекислотного баланса в воздушном бассейне, вымирание биологических видов, обеднение генофонда, химический мутагенез в органическом мире). В связи с освоением космоса техногенное воздействие человека вышло за рамки биосферы и приобрело межпланетные масштабы.

С позиций В.И. Вернадского на данном этапе эволюции жизни развитие должно пойти по пути *ноогенеза*, являющегося этапом разумного регулирования взаимоотношений человека и природы. На этом этапе предстоит не только исправить уже имеющиеся нарушения в природе, отклонения от разумных и целесообразных отношений между обществом и природой и предотвращать подобные нарушения и отклонения в будущем.

Таким образом, *закон ноосферы* В.И. Вернадского имеет следующую формулировку: биосфера неизбежно превратится в ноосферу, то есть в сферу, где разум человека будет играть доминирующую роль в развитии системы человек – природа.

Этот закон справедлив, хотя некоторые современные ученые рассматривают его как социальную утопию. Но совершенно очевидно, что если человечество не начнет регулировать свою численность, управлять собственным воздействием на природу, опираясь на ее законы, то оно обречено на гибель. Поэтому смысл закона ноосферы видится в том, что люди будут управлять не природой, а прежде всего собой.

Таким образом, современная биосфера является результатом длительной эволюции всего органического мира и неживой природы. В ее эволюции принимает участие и человек. Если в начальный период своего развития воздействие человека на природу было незначительным, то по мере развития производительных сил общества оно все более возрастало и в настоящее время это воздействие по масштабам приближается к действию геологических процессов. Биосфера Земли по определению В.И. Вернадского становится ноосферой. Под ноосферой подразумевается материальная оболочка Земли, измененная в результате воздействия человека на природу.

#### 10.4. Инженерная (промышленная) экология

В последнее время, говоря об экологии, как правило, подразумевают инженерную (промышленную) экологию. Связано это с тем, что в наш динамический век наряду с восхищением успехами человека и его познаниями природы – во всем мире растет серьезная озабоченность людей состоянием окружающей их природной среды.

Причиной этого является ухудшение качества окружающей человека природной среды в результате индустриализации и урбанизации его образа жизни, истощение традиционных энергетических и сырьевых ресурсов, нарушение естественных экологических балансов, уничтожение отдельных видов животных и растений, отрицательные генетические последствия загрязнения природы. Многие из этих факторов начинают приобретать глобальный характер.

Ученые считают, что если человеком не будут предприняты меры по предотвращению загрязнения окружающей среды, то существующий экологический кризис может перерасти в экологическую катастрофу. Современное экологическое состояние территории России российские экологи определяют как критическое.

Ни на одном этапе цивилизации не скапливалось столько отходов и не выбрасывалось в воздух и воду такое количество загрязняющих и отравляющих веществ. В этих ус-

ловиях большинство населения не осознали приближения экологической катастрофы, оно стало безучастно к сохранению природы и защите окружающей среды. Специалисты полагают, что эта неосознанность возникла вследствие предельно низкого уровня экологической культуры и экологического воспитания и образования населения Российской Федерации.

Существующий сейчас экологический кризис можно определить как критическое состояние окружающей среды, которое угрожает существованию человека, вызванное расточительным использованием природных ресурсов (воды, воздуха, растительного и животного мира) и загрязнением окружающей среды.

Общество и окружающая среда – это совокупность природных условий, среды обитания и производственной деятельности человека. В естественнонаучном плане под природой следует понимать совокупность четырех оболочек Земли: литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы. Биосфера («сфера жизни») органически входит в состав первых трех оболочек. В узком значении термин «природа» используется как своеобразный эквивалент понятия «биосфера».

В биосфере существуют различные природные комплексы из живых представителей одного вида растений, животных или микроорганизмов и среды их обитания, в которых все составные части связаны обменом веществ и энергии – экосистемы. В них устанавливается постоянный баланс процессов синтеза и распада органических веществ, который под воздействием внешних факторов приспособляется путем своей перестройки, или разрушается, тогда наступает экологический кризис. Существуют и искусственно создаваемые экосистемы, которые обеспечивают непрерывный процесс обмена веществ и энергии как внутри природы, так и между ней и человеком.

Рассмотрим воздействие антропогенных факторов на биосферу на некоторых примерах, имеющих земной глобальный характер. Из вышеперечисленных факторов, являющихся причиной ухудшения качества окружающей среды, наиболее серьезным является загрязнение атмосферы, в которой за последние 10 лет накопилось около 20 млн. т пылевых частиц, 600 тыс. т меди, 4,5 млн. т свинца, 3 млн. т цинка. Наиболее загрязняющими отраслями являются горнодобывающая, металлургия, энергетика, химическая промышленность. Причинами многих проблем в России, в том числе экологических, являются отсутствие экологических и хозяйственных механизмов.

Серьезную проблему представляет также разбазаривание невозполнимых природных ресурсов, которое проявляется в вывозе по дешевым ценам минерального и лесного сырья, топлива (экспорт России на 80 % состоит из сырьевых природных ресурсов, а, например, стран Латинской Америки – на 50 %), неправильной эксплуатации земельных ресурсов, в экспорте другими странами экологически опасных технологий и товаров, захоронении токсичных химических и радиоактивных отходов. Эта опасность, к сожалению, возросла с развитием предпринимательства. Таким образом, задачи охраны окружающей среды имеют первостепенное значение.

Сущность понятия «охрана окружающей природной среды» можно сформулировать так: это система мер, направленных на поддержание рационального взаимодействия между деятельностью человека и окружающей природной средой, обеспечивающая сохранение и восстановление природных богатств, рациональное использование природных ресурсов, предупреждающая прямое и косвенное вредное влияние результатов деятельности общества на природу и здоровье человека.

Ухудшение природной среды объясняется следующими причинами:

- а) недостаточность знаний об экологических системах, о границах их устойчивого функционирования (способности выдерживать антропогенную нагрузку);

- б) неумение прогнозировать изменения окружающей среды и их влияние на здоровье человека;
- в) ведомственная и узкопрофессиональная ограниченность в решении экономических инженерно-технических вопросов, недооценка мер предупреждения деградации и защиты природной среды и природно-хозяйственных объектов;
- г) незначительность разработок или отсутствие основ как технологических схем безотходных производств, так и экономических исследований, направленных на выработку критериев равновесия окружающей среды;
- д) неподготовленность производства: не все предприятия оборудованы очистными сооружениями, а имеющиеся сооружения маломощны и недостаточно эффективны;
- е) низкая квалификация кадров, работающих на очистных сооружениях;
- ж) определенная психологическая неподготовленность и инерционность.

Для улучшения состояния биосферы предлагаются следующие *методы защиты*:

- 1) применение безотходных и малоотходных технологий, новых знаний и методов для наиболее рационального использования природных ресурсов, энергии и защиты природной среды; для осуществления полной комплексной переработки используемого сырья без отходов в замкнутой технологической цепи;
- 2) разработка и применение норм предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в атмосфере, рабочей зоне, почве, водоемах и продуктах питания;
- 3) разработка и применение норм предельно допустимых выбросов (ПДВ) и сбросов (ПДС), мест размещения отходов по каждому экологически опасному предприятию;
- 4) использование способности элементов биосферы самоочищаться (высотные трубы для рассеивания вредных примесей в атмосфере, канализация в морские глубины вдали от берега, разбавление стоков чистой водой и др.).

Рассматривая вопросы экологического состояния и охраны биосферы, необходимо оценивать *качество природной среды*, которое зависит, прежде всего, от наличия и концентрации в ней тех или иных загрязнений.

*Загрязнение* – это принесение в среду или возникновение в ней новых, обычно не характерных для нее физических, химических, информационных или биологических агентов, или превышение в рассматриваемое время естественного средне – многолетнего уровня концентрации перечисленных агентов в среде, нередко приводящих к негативным последствиям. Загрязнение бывает антропогенное, военное, вторичное, глобальное (фоново-биосферное, которое в свою очередь, делится на естественное, катастрофическое, локальное, механическое, микробиологическое, и т.п.).

Рассмотрим проблему загрязнения отдельных компонентов биосферы.

*Атмосферный воздух*. Важнейшие климатические и экологические особенности Земли в решающей степени определяются наличием и свойствами ее газовой оболочки – атмосферы. В современном газовом составе атмосферы, который отличается большим постоянством, содержится по объему (%): азота – 78.08, кислорода – 20.9 и небольшое количество других газов.

Под *загрязнением атмосферы* следует понимать изменение ее состава при поступлении примесей естественного или антропогенного происхождения. Вещества – загрязнители бывают двух видов: газы и аэрозоли. К последним относятся диспергированные твердые частицы размером 0.5 мкм и менее, выбрасываемые в атмосферу и находящиеся в ней длительное время во взвешенном состоянии.

К основным загрязнителям атмосферы относятся  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}$ , малые газовые составляющие, способные оказывать влияние на температурный режим тропосферы: галогенуглеводы (фреоны), метан и тропосферный озон.

Один из основных по массе загрязнителей атмосферы –  $\text{CO}_2$ . По объему выбросов углерода (1 т С соответствует 3.75 т  $\text{CO}_2$ ) первое место занимают США, затем страны Европейского союза, а далее следует бывший СССР.

Основной аэрозоль атмосферы – сернистый ангидрид ( $\text{SO}_2$ ), несмотря на большие масштабы его выбросов в атмосферу, является короткоживущим газом (4-5 сут.).

На практике для определения степени загрязнения атмосферного воздуха используют *нормирование*, а именно два вида нормативов: ПДКсс – *среднесуточные* – для оценки осредненных за продолжительный период (от суток до года) концентраций, и ПДКмр – для оценки непосредственно *измеренных максимальных разовых концентраций* (при 20 – минутной экспозиции).

Нормирование загрязнений атмосферного воздуха в нашей стране введено с 1943 г. Тогда впервые были разработаны и внедрены в практику природоохранной деятельности нормативы предельно допустимых концентраций в воздухе населенных пунктов, исходя из гигиенических требований. Они сейчас охватывают более 2500 различных веществ по содержанию в продуктах питания, в воздухе, почве, воде.

*Предельно допустимая концентрация* – максимальная концентрация примеси в атмосфере, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии, или на протяжении всей жизни человека не оказывает на него вредного воздействия, включая отдаленные последствия, и на окружающую среду. Эта величина обоснована клиническими и санитарно – гигиеническими исследованиями; носит законодательный характер. В России, как правило, ПДК соответствуют самым низким значениям, которые рекомендованы Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ).

*Предельно допустимые выбросы* – предельное количество вредного вещества, разрешаемое к выбросу от данного источника, которое не создает приземную концентрацию, опасную для людей, животного и растительного мира.

Контроль загрязнения атмосферы на территории России осуществляется почти в 350 городах (с населением более 100 тыс. жителей). Максимальные разовые концентрации таких загрязнителей воздуха как пыль, оксид углерода, диоксид азота, аммиак, сероводород, фенол, фторид водорода, превышают соответствующие ПДКмр более чем в 75% городов, контролируемых по данной примеси. Более 50 млн. человек испытывают воздействие различных вредных веществ, содержащихся в воздухе в концентрациях 10 ПДК.

На загрязнение воздушного бассейна большое влияние оказывает выпадение кислотных соединений. Сегодня сернокислотные и азотные выпадения охватили значительные территории РФ. Сернокислотные выбросы Норильска доносятся серно кислотными дождями до Канады.

Таким образом, глобальный характер загрязнения атмосферы проявляется в его масштабности: во-первых, в количествах загрязнителей и, во-вторых, в расстояниях, на которые они переносятся.

*Водные ресурсы.* Одним из главных свойств воды как компонента эколого-географической среды является ее незаменимость.

Качество воды большинства водных объектов не отвечает нормативным требованиям. В целом около 50% населения России продолжают использовать для питья воду, не соответствующую гигиеническим требованиям по различным показателям качества (санитарно-химическим, бактериологическим).

Основными источниками загрязнения гидросферы являются:

- 1) сточные воды промышленных предприятий объемом несколько млрд. км<sup>3</sup> в год;
- 2) городские сточные воды;
- 3) канализационные воды животноводческих хозяйств;
- 4) дождевые и талые воды с растворенными химическими веществами, образующиеся в городах и на полях;
- 5) водный транспорт;
- 6) естественные осадки из атмосферы.

Загрязнители, попадающие в гидросферу, также способны переноситься на большие расстояния.

*Радиоактивное загрязнение.* Радиоактивное загрязнение природных сред на территории РФ в настоящее время обусловлено следующими источниками:

- 1) глобально распределенными долгоживущими радиоактивными изотопами – продуктами испытаний ядерного оружия;
- 2) выбросом радиоактивных веществ из четвертого блока Чернобыльской АЭС в апреле – мае 1986 г.;
- 3) плановыми и аварийными выбросами радиоактивных веществ в окружающую среду от предприятий атомной промышленности;
- 4) выбросами в атмосферу и сбросами в водные системы радиоактивных веществ с действующих АЭС в процессах их нормальной эксплуатации.

После аварии на Чернобыльской АЭС на территории 14 областей РФ образовались зоны с повышенным радиоактивным загрязнением (Брянская, Белгородская, Воронежская, Калужская, Курская, Липецкая, Ленинградская, Орловская, Рязанская, Тамбовская, Тульская, Пензенская, Смоленская, Ульяновская). По воздействию на окружающую природную среду аварию на Чернобыльской АЭС следует рассматривать как глобальную, т.к. радиоактивные осадки, хотя и с меньшей плотностью, распространились по всему северному полушарию. Серьезную проблему представляет загрязнение территории России экспортными радиоактивными отходами, а также отходами, накапливаемыми в хранилищах российских АЭС. Отработавшего ядерного топлива накопилось на площадках АЭС сверх количеств, определенных проектами. Характерно, что накопление происходит в густонаселенных районах России, где в основном расположены АЭС.

Эта проблема актуальна для всех стран, эксплуатирующих ядерную энергетику. Например, в Швеции, энергетика которой на 50% атомная, к 2010 году накопится примерно 200 тыс. м<sup>3</sup> требующих захоронения радиоактивных отходов, из них 15% содержат долгоживущие изотопы – остатки концентрированного ядерного горючего, требующие особо надежного захоронения.

Определяющая роль в решении всех указанных экологических проблем принадлежит законодательной базе. За последние годы в РФ принят ряд законов, проведены мероприятия, направленные на стабилизацию и улучшение экологической обстановки в России. Среди них особое место отводится формированию системы *экологического мониторинга*, в которую входят:

- служба наблюдения за загрязнением окружающей среды Росгидромета;
- служба мониторинга лесного фонда РФ;
- служба мониторинга водных ресурсов;
- служба санитарно-гигиенического контроля среды обитания человека и его здоровья и др.

*Мониторингом окружающей среды* называют регулярные, выполняемые по заданной программе наблюдения природных сред, природных ресурсов, растительности и животного мира, позволяющие выделить их состояние и происходящие в них процессы под влиянием антропогенной деятельности.

Вновь разработаны и введены следующие законодательные документы, акты, мероприятия:

- 1) закон об охране окружающей природной среды;
- 2) базовые нормативные платы за выбросы, сбросы загрязненных веществ; за размещение отходов;
- 3) экологическая паспортизация промышленных предприятий;
- 4) критерий отнесения отдельных территорий к зонам ЧС и экологического бедствия и т.д.

Экологическая паспортизация в РФ начала проводиться с 1990 г. в соответствии с постановлением совета Министров РСФСР от 16 марта 1990 г. № 93. Методической основой проведения экологической паспортизации является ГОСТ 17.0.0.04 – 90 «Паспорт промышленного предприятия. Основные положения».

Улучшение качества окружающей среды связано, в первую очередь, с решением проблемы создания малоотходных и безотходных технологий. Ее решение в ряде стран рассматривается как стратегическое направление рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды.

### 10.5. Экология и здоровье человека

Психическое и физическое самочувствие человека, его настроение, деловая активность в решающей степени зависят от состояния его здоровья. В Уставе Всемирной организации здравоохранения дано следующее определение: «*Здоровье* является состоянием полного физического, душевного и социального благополучия, а не только отсутствием болезней и физических дефектов».

Конечно, на состояние здоровья нации влияет много разных факторов: климатических, социально-экономических и прочих, но вклад экологического фактора составляет не менее 25–30%, а по таким заболеваниям как онкологические и аллергические – в несколько раз больше.

В настоящее время в окружающую среду попадает все больше антропогенных веществ, являющихся не просто загрязняющими, но и токсичными, канцерогенными (способствующими развитию рака и других злокачественных новообразований), аллергенными (вызывающими реакцию организма в виде удушья, зуда, насморка) и мутагенными (вызывающими мутации, то есть резкие наследственные изменения, способные привести к вырождению) для человека и других животных организмов.

Поэтому для выживания человечества, а возможно, и всей биосферы требуется срочный пересмотр приоритетов развития. В настоящее время и тем более в будущем экология должна подстраиваться под нужды экономики и политики, а наоборот, то есть необходим экоцентрический подход. Богатство любой страны должно оцениваться не количеством произведенных материальных благ, как это принято сейчас, а уровнем здоровья населения.

Если оценивать нашу страну по этому показателю, то она окажется одной из самых нищих, так как по продолжительности жизни Россия стоит на 51 месте в мире, к 60 годам жизни число хронических заболеваний в среднем равняется трем; большинство людей имеют какие-либо отклонения в психике, 60% населения страдает аллергией и т.д.

Сам факт загрязнения окружающей среды, и в частности атмосферы, сейчас хорошо известен, но отдаленное действие этого загрязнения на жизнь и здоровье человека все еще полностью не установлено или не понято. Так, постоянное вдыхание определенных видов пыли приводит к развитию легочных заболеваний (хронический бронхит, рак легкого, эмфизема, асбестоз). Наибольшую опасность представляет пыль, содержащая мельчайшие частицы кремния или асбеста. Возникающие при этом заболевания относят к пневмокониозам.

Действие химических загрязнений зависит от следующих факторов:

- химических свойств;
- размера частиц (пыль);
- концентрации;
- продолжительности воздействия;
- способа внедрения.

В зависимости от химических свойств химические препараты специфически воздействуют на те или иные органы.

Чрезвычайно опасными для человека являются *параметрические загрязнения окружающей среды*: повышенный радиационный фон, уровни шума и электромагнитных колебаний.

Итак, основная экологическая задача на сегодняшний день – снижение уровня различных загрязнений в биосфере, улучшение качества природной среды. От решения экологических проблем в значительной мере зависит здоровье нации, поэтому необходима экологизация социальной политики государства.

В заключении раздела сформулируем *основные задачи современной экологии*:

- 1) исследование закономерностей организации жизни, в том числе в связи с антропогенными воздействиями на природные системы;
- 2) создание научной основы рациональной эксплуатации природных ресурсов;
- 3) прогнозирование изменений природы под влиянием деятельности человека;
- 4) сохранение среды обитания человека, а следовательно его здоровья и жизни.

## **11. Развитие принципов единства природы, всеобщего эволюционизма. Формирование современной научной картины мира.**

Изучение уровней живой и неживой природы приводит к выводу о том, что они не являются чем-то разрозненным и хаотичным, каждый из них представляет собой единое целое. Вместе с тем они находятся в тесной взаимосвязи. Единство природы выражается, прежде всего, в ее материальности. Природа представляет собой различные формы существования живой и неживой материи. Наряду с целостностью, органический и неорганический миры дискретны, то есть состоят из отдельно существующих частей. Вся живая и неживая материя построена из молекул и атомов.

Основное свойство живой материи – обмен веществом и энергией – проявляется путем контакта с внешней средой, в том числе с неорганическим миром. Растения (продуценты) получают основные вещества и энергию из неорганической природы и передают ее животным (консументам), а те в свою очередь – редуцентам, которые окончательно превращают органическое вещество вновь в неорганическое, таким образом осуществляется непосредственная связь живой и неживой природы в так называемых *трофических* (или пищевых) цепях. Итак все организмы прямо и косвенно связаны как со своими партнерами по сообществу, так и с неживой природой, в том числе с ее климатическими, географическими и другими физическими и химическими факторами. В этом многообразии отношений находит выражение взаимосвязь и взаимообусловленность абиотических и биотических факторов среды. Единство органического и неорганического мира подтверждается существующей теорией биохимической эволюции, согласно которой жизнь возникла из неорганического вещества, что и положило начало развитию органического мира.

И, наконец, единство живой и неживой природы проявляется во всеобщем эволюционизме. Современное естествознание все настойчивее обращается к идеям глобальной эволюции. Если в недавнем прошлом «идеологию» эволюционизма исповедовали в основном лишь науки биологического профиля, (то есть речь шла об эволюции только живой природы), то в настоящее время эту идею стали активно использовать науки, традиционно изучающие статичную, якобы неразвивающуюся неорганическую природу. К таким наукам прежде всего относится космология.

Рассмотренные принципы единства природы, всеобщего эволюционизма используются для построения современной научной картины мира (НКМ).

Естествознание наряду с другими науками (прежде – философскими) по мере своего развития стремилось систематизировать полученные знания, причем в такой форме, которая позволяла бы охватывать картину исследуемой реальности как целое, т.е. воссоздать научную картину мира – целостную систему представлений об общих свойствах и закономерностях развития природы и общества.

Исторически первой формой картины мира была натурфилософия, содержащая наряду с примитивными и фантастическими представлениями много осмысленного и разумного (например, идеи античного атомизма Демокрита). Постепенно происходил переход от натурфилософской к естественнонаучной картине мира.

В истории научного знания классическая механика была первой теоретически развитой областью естествознания, ставшей основой механистической картины мира.

Дальнейшее изменение системы представлений об обществе и природе происходило по мере перехода от метафизического к диалектическому мышлению, становления экспериментального естествознания, признания единства человека и природы.

Общенаучная картина мира изменялась под влиянием выдающихся научных открытий, в результате которых коренным образом пересматривались представления о мире.

К таким научным достижениям следует отнести гелиоцентрическую систему Коперника; теорию электромагнитного поля Д.К. Максвелла; периодический закон Д.И. Менделеева; открытие законов термодинамики; открытия в области микромира; создание квантовой механики и теории относительности.

Помимо общенаучной картины мира как целостной системы знаний традиционно существуют НКМ, построенные на базе систематизации знаний одной или нескольких фундаментальных естественнонаучных дисциплин – физических, биологических, астрономических. Сегодня существуют различные НКМ: вероятностно-статистическая, эволюционистская, экологическая, информационно-кибернетическая и т.п. Каждая картина формируется на базе определенного господствующего «видения» предметной области исследования или стиля мышления.

На современном этапе развития научного знания, когда природа и общество в реальности стали взаимообуславливающими сторонами, центром научной картины мира в подлинном смысле становится человек.

В связи с возрастающим влиянием человеческой деятельности на развитие и существование окружающего мира все большее число последователей сегодня стремится выработать новые общетеоретические ориентации в науке. Поиски эти привели к появлению экологического стиля мышления, влияющего на формирование современной научной картины мира.

Экология, изучающая строение и функции природы, законы существования живых организмов в естественной среде обитания, рассматривается ныне как эталонная наука для научного знания вообще. По мнению ряда зарубежных ученых сегодня лидером в науке должна стать экология и в силу объекта своего познания, и в связи с выработкой нового рационального видения мира. Так, один из известных экологов Ю. Одум пишет: «Исключительность и великая сила экологии состоит в том, что это наука синтетическая, способная объединить, как мы уже замечали, естественные и гуманитарные науки».

Современная экологическая ситуация демонстрирует, что человечество стало важнейшим фактором существования биосферы. Поэтому многие ученые полагают, что естественнонаучные обобщения В.И. Вернадского о биосфере и ноосфере должны составлять мировоззренческий и методологический фундамент современной научной картины мира.

## **Контрольные тесты для самостоятельной оценки качества освоения дисциплины**

### **1. Этапы развития научного познания:**

- 1) наблюдение, описание, измерение, эксперимент;
- 2) наблюдение гипотеза, эксперимент, теория, закон природы;
- 3) анализ, синтез, абстрагирование, обобщение;
- 4) формализация, идеализация, аналогия, моделирование;
- 5) мифологическое созерцание, религиозное мировоззрение, научное мировоззрение.

### **2. Единый научный метод эмпирического и теоретического уровней познания:**

- 1) формализация;
- 2) идеализация;
- 3) наблюдение;
- 4) моделирование;
- 5) эксперимент.

### **3. Автор первой атомистической теории**

- 1) Анаксимандр;
- 2) Фалес;
- 3) Гераклит;
- 4) Демокрит;
- 5) Пифагор.

### **4. Согласно воззрениям Левкиппа и Демокрита сущее (мир) состоит из:**

- 1) элементов-стихий
- 2) огня и воды
- 3) земли и воздуха
- 4) атомов и пустоты
- 5) апейронов

### **5. Эллинистический (эллинистический) период развития натурфилософии характеризовался:**

- 1) появлением атомистики;
- 2) развитием элементаризма;
- 3) появлением идеи континуальности материи;
- 4) развитием математики и механики;
- 5) систематизацией накопленных знаний Аристотелем.

### **6. Научные методы, наиболее характерные для естествознания Нового времени:**

- 1) наблюдение
- 2) классификация
- 3) индукция и дедукция
- 4) аналогия и моделирование
- 5) анализ и эксперимент

**7. Основные отличительные черты гелиоцентрической системы мира Коперника от геоцентрической системы Птолемея:**

- 1) различие между земной и небесной материей;
- 2) наличие центра Вселенной;
- 3) вращение планет и небесной сферы вокруг Земли;
- 4) Земля шарообразна и находится в центре небесного свода;
- 5) Принцип относительности движения обращения Земли вокруг Солнца.

**8. Закон инерции Галилея:**

- 1) для поддержания равномерного движения необходима постоянная сила;
- 2) равномерное прямолинейное движение реализуется при приложении периодически действующей силы;
- 3) силы действия и противодействия равны по величине;
- 4) равномерное прямолинейное движение, так же, как и покой, реализуется при отсутствии всяких сил.
- 5) Сила тяготения между телами пропорциональна массам этих тел.

**9. Понятие абсолютного пространства в Механистической картине мира:**

- 1) абсолютное пространство – неподвижное, постоянное, не связанное со временем вместительность тел, от которых оно не зависит;
- 2) Абсолютное пространство взаимосвязано с движущимися в нем материальными объектами;
- 3) Абсолютное пространство изменяется во времени;
- 4) Движение является сущностью абсолютного пространства;
- 5) Абсолютное пространство анизотропно.

**10. Внедрение каких методов дало толчок бурному развитию естественных наук в XIX веке?**

- 1) анализа и синтеза;
- 2) методов теоретического уровня;
- 3) диалектического метода и научного эксперимента;
- 4) универсальных методов;
- 5) развитие теологии.

**11. Кого считают родоначальником экспериментального естествознания в Европе?**

- 1) Лавуазье;
- 2) Фарадея;
- 3) Ломоносова;
- 4) Бэкона;
- 5) Ньютона.

**12. Дайте современную формулировку периодического закона химических элементов:**

- 1) Свойства элементов зависят от их атомных весов.
- 2) Свойства элементов зависят от числа электронов на их внешней орбите.
- 3) Свойства элементов находятся в периодической зависимости от числа протонов в ядре (то есть от заряда ядра).
- 4) Свойства элементов зависят от числа нейтронов в ядре.
- 5) Свойства элементов находятся в периодической зависимости от их атомных масс.

**13. Чем была подтверждена гипотеза о расширяющейся Вселенной?**

- 1) специальной теорией относительности Эйнштейна;
- 2) однородностью и изотропностью Вселенной;
- 3) «красным смещением» линий спектра в длинноволновую (красную) область по мере удаления источника колебаний;
- 4) кривизной пространства;
- 5) релятивистской теорией тяготения.

**14. Источник энергии звезд:**

- 1) ядерные реакции деления;
- 2) реакции распада ядер тяжелых элементов;
- 3) термоядерные реакции синтеза изотопов водорода с образованием гелия;
- 4) реакции взаимопревращения элементарных частиц;
- 5) флуктуация.

**15. Заключительный этап эволюции массивных звезд (с массой свыше двух солнечных масс), если сжатие ядра неостановимо:**

- 1) белый карлик;
- 2) черный карлик;
- 3) нейтронная звезда;
- 4) черная дыра;
- 5) пульсар.

**16. Пространственно-временные представления применительно к микромиру изучает:**

- 1) классическая механика;
- 2) специальная теория относительности;
- 3) релятивистская механика;
- 4) квантовая механика;
- 5) общая теория относительности Эйнштейна.

**17. Какая теория или закон послужили основой для появления гипотезы о «тепловой смерти» Вселенной?**

- 1) Закон сохранения энергии
- 2) Закон сохранения массы
- 3) Теория относительности Эйнштейна
- 4) Второе начало (закон) термодинамики
- 5) Третье начало термодинамики

**18. Кем и как впервые была показана связь различных форм материи – вещества и поля?**

- 1) П.Н. Лебедевым, доказавшим существование светового давления;
- 2) Планком, использовавшем представления о дискретных порциях (квантах) энергии;
- 3) Эйнштейном при объяснении явления фотоэффекта;
- 4) Максвеллом, заложившим основы физического учения о поле как особой форме материи;
- 5) Луи де Бройлем, который высказал гипотезу о существовании волновых свойств у корпускулярной материи.

**19. Как названы частицы, участвующие в сильных взаимодействиях?**

- 1) нуклоны
- 2) электроны
- 3) нейтрино
- 4) лептоны
- 5) адроны

**20. Какой ученый при создании модели атома учел квантовый характер получения и поглощения энергии?**

- 1) Томпсон
- 2) Резерфорд
- 3) Планк
- 4) Бор
- 5) Эйнштейн

**21. Какая химическая связь образуется за счет полного перехода электронов одного атома на орбитали других атомов?**

- 1) ковалентная;
- 2) координационная;
- 3) ионная;
- 4) полярная;
- 5) неполярная.

**22. Что называют химическим элементом?**

- 1) Совокупность атомов, имеющих одинаковое число нуклонов в ядрах;
- 2) Совокупность атомов, имеющих одинаковое число протонов в ядрах;
- 3) Совокупность атомов, имеющих одинаковое число нейтронов в ядрах;
- 4) Атомы, обладающие одинаковыми химическими свойствами;
- 5) Атомы, обладающие одинаковым числом электронов на внешней орбитали.

**23. Как называют реакции, протекающие с поглощением тепла?**

- 1) нейтрализации;
- 2) комплексообразования;
- 3) экзотермические;
- 4) соединения;
- 5) эндотермические.

**24. Какие ученые первыми сформулировали закон сохранения массы применительно для химических реакций?**

- 1) Гесс;
- 2) Менделеев;
- 3) Ломоносов;
- 4) Клаузиус;
- 5) Лавуазье.

**25. Какое из указанных положений (предпосылок) является отличительным и лежит в основе эволюционной гипотезы Ламарка?**

- 1) естественный отбор;

- 2) принцип расхождения признаков;
- 3) происхождение человека от общего с обезьяной предка;
- 4) приобретенные в ходе индивидуального развития свойства (при упражнении, совершенствовании органов) передаются потомству;
- 5) способность организмов передавать свои свойства и признаки последующему поколению.

**26. Какой структурный элемент клетки является переносчиком одного наследственного признака?**

- 1) ДНК;
- 2) белки;
- 3) жиры;
- 4) гены;
- 5) хромосомы.

**27. Какая из ниже перечисленных теорий происхождения жизни считается сегодня наиболее достоверной?**

- 1) креацианизм (божественное происхождение);
- 2) многократное самопроизвольное зарождение жизни из неживого вещества;
- 3) жизнь существовала всегда (теория стационарного состояния);
- 4) панспермия (внеземной источник жизни);
- 5) жизнь возникла в результате процессов, подчиняющихся физическим и химическим законам.

**28. Каким термином названа совокупность биоценоза во взаимодействии с окружающей средой на определенной территории?**

- 1) круговорот веществ;
- 2) биосфера;
- 3) ноосфера;
- 4) биогеоценоз;
- 5) биоценоз.

**29. Как названа наука, изучающая сложные системы с самоорганизующимися процессами, в которых эволюция протекает от хаоса к порядку, от симметрии ко все возрастающей сложности?**

- 1) общая экология;
- 2) кибернетика;
- 3) синергетика;
- 4) детерминизм;
- 5) этология.

### Вопросы к экзамену (зачету)

1. Роль натурфилософии в становлении естествознания
2. Основные этапы древнегреческой натурфилософии
3. Первая атомистическая теория Демокрита
4. Классификация общенаучных методов, используемых в естествознании
5. Общенаучные методы эмпирического и теоретического уровней познания
6. Состояние и особенности современного естествознания. Направления развития фундаментальных наук
7. Развитие естественных наук в восточной культуре
8. Создание классической механики и экспериментального естествознания – основные достижения XVII века
9. Гео- и гелиоцентрическая картина мира
10. Основные достижения естествознания Нового времени
11. Развитие науки в XIX веке
12. Великие научные открытия рубежа XIX и XX веков
13. Структурные уровни организации материи
14. Развитие представлений о микромире
15. Модели строения атома
16. Роль квантовой физики в изучении микромира
17. Объекты микро-, макро- и мегамиров и науки, их изучающие
18. Происхождение, развитие и строение Земли
19. Теории эволюции Вселенной и ее составляющих
20. Красное смещение
21. Звездная эволюция и ее основные этапы в зависимости от массы звезды
22. Механистическая картина мира. Принципы дальнего действия и ближнего действия
23. Открытие полевой формы материи. Типы физических полей
24. Развитие представлений о пространстве и времени при переходе от механики Галилея-Ньютона к релятивистской теории
25. Исследования в области электромагнитного поля, положившие начало изменению механистической картины мира
26. Корпускулярно-волновой дуализм
27. Корпускулярная и континуальная концепции строения материи, их развитие в естествознании
28. Пространственно-временные представления в специальной и общей теории относительности Эйнштейна
29. Концепция пространства и времени от Демокрита до Эйнштейна
30. Четыре типа фундаментальных взаимодействий в естествознании, их природа и характер
31. Принципы относительности в механике Галилея-Ньютона и релятивистской теории Эйнштейна
32. Принципы симметрии в природе и естествознании
33. Принципы неопределенности, дополненности, суперпозиции
34. Начала термодинамики
35. Энергия, теплота, работа. Взаимопревращения различных видов энергии. Способы передачи тепла
36. Второе начало термодинамики, понятие энтропии. Гипотеза «тепловой смерти» Вселенной

37. Потенциальная и кинетическая энергия. Роль кинетической энергии в процессах передачи тепла и переходах агрегатных состояний вещества
38. Принцип возрастания энтропии и синергетика
39. Законы сохранения в химии.
40. Основные понятия химии, изучаемые ею объекты. Химические элементы, соединения, энергетика химических процессов
41. Представления об атомно-молекулярном учении. Электронная теория.
42. Типы химических связей и химических реакций
43. Развитие идей атомизма в естествознании
44. Периодический закон Д.И. Менделеева и его роль в развитии естествознания
45. Особенности биологического уровня организации материи
46. Основные этапы эволюции материи
47. Теория возникновения жизни.
48. Теория биохимической эволюции А.И. Опарина
49. Основные принципы эволюционной гипотезы Ламарка и эволюционной теории Дарвина
50. Понятие о биосфере и ноосфере в теории В.И. Вернадского
51. Клетка – основа жизни и единства живых организмов
52. Эволюция и генетика
53. ДНК – основа генетического материала
54. Постепенная и прерывистая изменчивость. Неодарвинизм
55. Основные признаки живых организмов
56. Человек и биосфера, их взаимное влияние
57. Самоорганизация в живой и неживой природе. Единство мира. Принцип всеобщего эволюционизма
58. Взаимосвязь естествознания с другими науками, с культурой в целом и человеком.
59. Задачи фундаментальных наук и естествознания в целом.

**Список литературы**

1. Карпенков С.Х. Концепции современного естествознания: Учебник для вузов. – М.: Академический Проект, 2004.
2. Концепции современного естествознания: Учебное пособие / Под ред. С.И. Самыгина – Ростов-на-Дону: Феникс, 2003.
3. Концепции современного естествознания: Учебник для вузов / Под ред. В.Н. Лаврененко, В.П. Ратникова. – М.: ЮНИТИ-Дана, 2001.
4. Лобачев А.И. Концепции современного естествознания: учебник для вузов. – М.: ЮНИТИ-Дана, 2001.
5. Антонов А.С. Генетические основы эволюционного процесса. – М., 1995.
6. Ахундов М.Д. Пространство и время в физическом познании. – М., 1982.
7. Борисов Е.Ф. экономическая теория. Курс лекций для студентов вузов. – М., 1996.
8. Вернадский В.И. Научная мысль как планетное явление. – М., 1991.
9. Гиренок Ф.И. Экология. Цивилизация. Ноосфера. – М., 1987.
10. Голин Г.М. Хрестоматия по истории физики: Классическая физика. – Минск, 1979.
11. Грибанов Д.П. Философские взгляды А. Эйнштейна и развитие теории относительности. – М., 1987.
12. Добротин Р.Б. Химическая форма движения материи. – Л., 1967.
13. Дорфман Я.Г. Всемирная история с начала XIX до середины XX вв. – М., 1979.
14. Дубинин Н.П. Генетика и человек. – М., 1978.
15. Камшилов М.М. Эволюция биосферы. – М., 1974.
16. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. «Синергетика и прогнозы будущего». – М.: Наука, 1997.
17. Капица П.М. Эксперимент, теория, практика. – М., 1987.
18. Князев В.Н. Концепция взаимодействия в современной физике. – М., 1991.
19. Кочергин А.Н. Научное познание: формы, методы, подходы. – М., 1991.
20. Кудрявцев П.С. Курс истории физики. – М., 1992.
21. Кузнецов В.И. Диалектика развития химии. – М., 1973.
22. Кузнецова Н.И. Наука в ее истории. – М., 1982.
23. Курдюмов С.П., Князева Е.Н. «Законы эволюции и самоорганизации сложных систем». М.: Наука, 1994.
24. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. – М., 1964.
25. Мелехова О.П. «Биология в фундаментальном образовании гуманитариев». Биология, гуманитарные науки и образование. – М.: МГУ, 1997.
26. Михайловский В.Н., Хон Г.Н. Диалектика современной научной картины мира. – Л., 1989.
27. Мэров М.Я. Планеты солнечной системы. – М., 1971.
28. Научно-технический прогресс. Словарь. – М., 1987.
29. Небел Б. Наука об окружающей среде. Как устроен мир. – М.: Мир, 1993
30. Новиков И.Д. Эволюция Вселенной. – М., 1990.
31. Общая биология. Пособие для учителя / Под ред. Н.П. Дубининой. – М., 1980.
32. Одум Ю. Основы экологии. – М, 1975.
33. Оллер З. Химия на пути в третье тысячелетие. – М., 1995.
34. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. – М., 1986.
35. Протасов В.Ф., Молчанов А.В. Экология, здоровье и природопользование в России. – М., 1995.
36. Розенталь И.Л. Элементарные частицы и структура Вселенной. – М., 1984.

37. Сачков Ю.В. Естествознание в системе культуры // Философия, естествознание, социальное развитие. – М., 1989.
38. Современное естествознание в системе науки и практики / Под ред. Ю.В. Сачкова. – Минск, 1990.
39. Степин В.С., Кузнецова Л.Ф. Научная картина мира в культуре техногенной цивилизации. – М., 1994.
40. Фен Дж. Машины. Энергия. Энтропия. – М., 1986.
41. Философские проблемы естествознания / Под ред. С.Т. Мелюхина. – М., 1985.
42. Шварц С.С. Экологические закономерности эволюции. – М., 1980.
43. Шумлянский И.И. Картина мироздания. – М., 1990.
44. Эллиот Дж., Добер П. Симметрия в физике. Том 1. – М., 1983.

**С.И. Алексеев**

*Руководство по курсу*

## 1. Общие сведения о курсе «Концепции современного естествознания»

Курс «Концепции современного естествознания» разработан доцентом кафедры доцентом кафедры «Общей теории систем и системного анализа» Алексеевым С.И., кандидатом технических наук.

Перечень научно-методических работ Алексеева С.И. для изучения курса «Концепции современного естествознания»

- 1) Алексеев С.И. Методические указания по курсу «**Концепции современного естествознания**» – М.: издательство МЭСИ, 2000. – 54 с.
- 2) Алексеев С.И. Руководство по изучению дисциплины «**Концепции современного естествознания**» – Московский государственный университет экономики, статистики и информатики., 2001, 2002. – 34 с.
- 3) Алексеев С.И. **Концепции современного естествознания**. Уч. пособие. – М., Московский государственный университет экономики, статистики и информатики., 2001, 2002. – 53 с.
- 4) Алексеев С.И. Практикум по курсу «**Концепции современного естествознания**». – М., Московский государственный университет экономики, статистики и информатики., 2002. – 15 с.
- 5) Алексеев С.И., Юрина Н.М. **Концепции современного естествознания**: Учеб. пособие. – М.: издательство МЭСИ, 2004. – 86с.

## 2. Цели и задачи изучения курса

Целью курса является раскрытие и освещение важнейших концепций современного естествознания, имеющих важное значение для формирования научного мировоззрения и общей культуры студентов.

Задачей изучения дисциплины «Концепции современного естествознания» является реализация требований, установленных в квалификационной характеристике, при подготовке специалистов экономических специальностей вузов.

В результате изучения дисциплины студент получает:

- представление о современной картине мира, парадигмах естествознания, полагаемых в ее основу в процессе истории своего развития;
- фундаментальных концепциях системного подхода, самоорганизации и эволюции, позволяющих с единых позиций объяснить гармоничность законов природы, обеспечивая взаимопонимание между гуманитарным и естественно-научным познанием.

## 3. Требования для усвоения курса

Для изучения курса «Концепции современного естествознания» необходимо знать основы физики, химии, биологии в объеме средней школы, иметь представление об элементах вероятностного подхода к исследуемым объектам.

## 4. Перечень основных тем

### 4.1 Тема 1. Единство науки и научный метод

В этой теме важно уяснение особенностей методов познания, используемых в различных областях знаний, выявление общих принципов методов познания, уяснения сути научного метода познания.

Изучив данную тему студент

- должен знать классификацию методов познания и их особенности;
- должен уметь обосновать выбор метода исследования при решении различного рода задач

4.1.1. При изучении темы № 1 необходимо

- Акцентировать внимание на понятиях:  
**метод познания, научный метод**
- пользоваться литературой:
  1. Алексеев С.И. Методические указания по курсу «**Концепции современного естествознания**» – М.: издательство МЭСИ, 2000. – (с. 4).
  2. Алексеев С.И., Юрина Н.М. **Концепции современного естествознания**: Учеб.пособие. – М.: издательство МЭСИ, 2004. – (с. 17-23).
  3. Щенникова Л.С., Щенников А.А. «**Концепции современного естествознания**»: Учебно-практическое пособие/Московский государственный университет экономики, статистики и информатики. – М.: МЭСИ, 1999. – (с. 5).
  4. Рузавин Г.И. – Методы научного исследования. – М., Мысль, 1974. – (с. 21-32).
  5. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного: Введение. – М.: Мир, 1990, 342 с.
  6. Кузнецов В.И., Идлис Г.М., Гутина В.Н. – Естествознание – М., Агар, 1996.
  7. Моисеев Н.Н. Идеи естествознания и общественные науки. – М.: ВЦ РАН, 1991. – 55 с.
  8. <http://nrc.edu.ru/est/> Систематическое изложение учебного материала по концепциям современного естествознания: методология науки, картина мира современной физики, эволюция Вселенной, биологическая картина мира.
  9. Карпенков С.Х. **Основные концепции естествознания**. – М.: Культура и спорт, ЮНИТИ, 1998. – 208 с.

4.1.2. Для самооценки темы 1 необходимо ответить на вопросы 1-19:

1. По каким основаниям можно классифицировать методы познания?
2. Каковы особенности статистических методов познания?
3. Каковы особенности вероятностных методов познания?
4. Каковы особенности индуктивных методов познания?
5. Каковы особенности дедуктивных методов познания?
6. Каковы особенности аналитических методов познания?
7. Каковы особенности синтетических методов познания?
8. Каковы особенности логических методов познания?
9. Каковы особенности методов моделирования ?
10. Каковы особенности методов классификации?
11. Каковы особенности методов генерализации ?
12. Каковы особенности методов типологизации?
13. Чем метод типологии отличается от классификации?
14. Какие методы относятся к теоретическим методам познания?

15. Какие методы относятся к эмпирическим методам познания?
16. Какие методы относятся к универсальным методам познания?
17. В чем суть принципа верификации?
18. Что представляет собой научный метод познания?
19. Чем обосновывается единство науки?

Формы самостоятельной работы:

1. Изучение учебного материала
2. Чтение основной и дополнительной литературы
3. Выполнение тестовых заданий
4. Посещение Интернет-сайтов по данной тематике
5. Выполнение индивидуальных заданий с целью закрепления знаний по теме
6. Участие в чатах. Тема для обсуждения- «Особенности научных методов познания»
7. Участие в итоговом форуме для анализа рассматриваемых в нем проблем с использованием изученных принципов, концепций, парадигм современного естествознания и выработки собственных суждений

#### 4.2. Тема 2. Естественнонаучный подход к изучению природы

В этой теме важно уяснение особенностей естественнонаучного подхода в познании, его принципиального отличия от гуманитарного подхода. Необходимо знать основные элементы вероятностного оценивания, типовые законы распределения случайных величин, точечное и интервальное оценивание, свойства оценок: несмещенность, состоятельность, эффективность; элементы логики: понятие, суждение, умозаключение, логические операции обобщения и ограничения понятий, имеющих важную роль при формировании умозаключений и оценивании параметров изучаемых явлений.

Изучив данную тему студент

- должен знать особенности естественно-научного подхода;
- должен уметь применять элементы естественно-научного подхода на практике

4.2.1. При изучении темы № 2 необходимо

- акцентировать внимание на понятиях:

<b>Эталон</b>	<b>Множество</b>	<b>Суждение</b>
<b>Воспроизводимость</b>		<b>Субъект</b>
<b>Измерение</b>		<b>Предикат</b>
<b>Вероятность</b>		<b>Существенный признак</b>
<b>Статистика</b>		<b>Общий признак</b>
<b>Оценка</b>		<b>Силлогизм</b>
<b>Распределение величин</b>		<b>Телеология</b>
<b>Оценивание</b>		<b>Понимание</b>
<b>Эффективность</b>		<b>Объяснение</b>
<b>Состоятельность</b>		<b>Предвидение</b>
<b>Несмещенность</b>		<b>Прогноз</b>
<b>Точечная оценка</b>		<b>Смысл</b>
<b>Интервальная оценка</b>		

• пользоваться литературой:

1. Алексеев С.И. Методические указания по курсу «**Концепции современного естествознания**» – М.: издательство МЭСИ, 2000. – (с. 4-8).
2. Алексеев С.И., Юрина Н.М. **Концепции современного естествознания**: Учеб. пособие. – М.: издательство МЭСИ, 2004. – (с. 36-42).
3. Щенникова Л.С., Щенников А.А. «**Концепции современного естествознания**»: Учебно-практическое пособие/Московский государственный университет экономики, статистики и информатики. – М.: МЭСИ, 1999. – (с. 6-16).
4. Фейнберг Е.Л. Две культуры. Интуиция и логика в искусстве и науке. – М.: Наука, 1992. – 255 с.
5. Гетманова А.Д. Логика. – М.: Новая школа, 1995. – 416 с.
6. <http://nrc.edu.ru/est/pos/index.html> Учебное пособие по концепциям современного естествознания.

4.2.2. Для самооценки темы 2 необходимо ответить на вопросы 1-26:

1. Каковы особенности естественнонаучного подхода?
2. Каковы особенности гуманитарного подхода?
3. Что понимается под воспроизводимостью измеряемых величин?
4. Какая математическая модель считается правильной?
5. Что такое существенный признак исследуемого объекта?
6. Какие наблюдения считаются независимыми?
7. Чем отличается случайная величина от детерминированной?
8. Каковы типовые законы распределения случайных величин?
9. В чем суть метода понимания?
10. В чем суть понятия «смысл события»?
11. Что понимают под интерпретацией?
12. Поясните суть метода предвидения?
13. Какова вероятность точечной оценки?
14. Чем отличается точечная оценка от интервальной?
15. Какая оценка считается несмещенной?
16. Какая оценка считается состоятельной?
17. Какая оценка считается эффективной?
18. Что такое субъект суждения?
19. Что такое предикат суждения?
20. В чем смысл логической операции обобщения понятия?
21. В чем смысл логической операции ограничения понятия?
22. Что понимается под объемом понятия?
23. Что понимается под содержанием понятия?
24. Как изменяются объем и содержание понятия при обобщении понятия?
25. Как изменяются объем и содержание понятия при ограничении понятия?
26. Какова структура простейших логических умозаключений?

Формы самостоятельной работы:

1. Изучение учебного материала
2. Чтение основной и дополнительной литературы
3. Выполнение тестовых заданий
4. Посещение Интернет-сайтов по данной тематике
5. Выполнение индивидуальных заданий с целью закрепления знаний по теме

6. Участие в чатах. Тема для обсуждения- «Особенности естественнонаучного подхода в познании»
7. Участие в итоговом форуме для анализа рассматриваемых в нем проблем с использованием изученных принципов, концепций, парадигм современного естествознания и выработки собственных суждений

#### 4.3. Тема 3. Дифференциация и интеграция знаний

В этой теме важно уяснение двух различных тенденций, происходящих одновременно в любой области знаний: дифференциации и интеграции знаний. В процессе интеграции знаний происходит «перенос знаний» в другие науки. Целесообразно определить, что может заимствовать специалист неестественник из естественных наук. Кроме того, в этой теме необходимо усвоить принципы системного подхода как наиболее общего и современного метода познания.

Изучив данную тему студент

- должен знать особенности дифференциации и интеграции знаний;
- должен уметь применять на практике понятия, методы других наук при решении различного рода задач

4.3.1. При изучении темы № 3 необходимо

- акцентировать внимание на понятиях:

**Дифференциация знаний**

**Интеграция знаний**

**Кумуляция знаний**

- пользоваться литературой:
  1. Алексеев С.И. Методические указания по курсу «**Концепции современного естествознания**» – М.: издательство МЭСИ, 2000. – (с.8-9).
  2. Рузавин Г.И. – **Концепции современного естествознания** – .М., Культура и спорт, ЮНИТИ ,1997. – (с. 21-23).
  3. <http://nrc.edu.ru/est/pos/index.html> Учебное пособие по концепциям современного естествознания.

4.3.2. Для самооценки темы 3 необходимо:

1. В чем суть процесса дифференциации знаний?
2. В чем суть процесса интеграции знаний?
3. 3)Поясните термин «кумуляция знаний»?
4. Что может заимствовать экономика из естественных наук?
5. В чем суть системного метода?
6. Каковы принципы системного подхода?
7. В чем суть принципа целостности?
8. В чем суть принципа совместимости?
9. В чем суть принципа развития?
10. В чем суть принципа эмерджентности?
11. В чем суть принципа лабилизации функций?
12. В чем суть принципа вариантности?

Формы самостоятельной работы:

1. Изучение учебного материала
2. Чтение основной и дополнительной литературы
3. Выполнение тестовых заданий
4. Посещение Интернет-сайтов по данной тематике
5. Выполнение индивидуальных заданий с целью закрепления знаний по теме
6. Участие в чатах. Тема для обсуждения- «Особенности системного подхода в познании»
7. Участие в итоговом форуме для анализа рассматриваемых в нем проблем с использованием изученных принципов, концепций, парадигм современного естествознания и выработки собственных суждений

#### 4.4. Тема 4. **Механистическая картина мира**

В этой теме важно уяснение концепций механистической картины мира (МКМ), разработанной И.Ньютоном и вполне пригодной при анализе макрообъектов.

Изучив данную тему студент

- должен знать особенности и границы применимости МКМ;
- должен уметь использовать на практике методы МКМ.

##### 4.4.1. При изучении темы № 4 необходимо

- акцентировать внимание на понятиях:

**Обратимость времени**  
**Детерминированный процесс**  
**Независимый процесс**  
**Инерциальные системы**  
**Макромир**  
**Механистическая картина мира**  
**Концепция фатализма**

- пользоваться литературой:
  1. Алексеев С.И. Методические указания по курсу «**Концепции современного естествознания**» – М.: издательство МЭСИ, 2000. – (с. 9-12).
  2. Щенникова Л.С., Щенников А.А. «**Концепции современного естествознания**»: Учебно-практическое пособие/Московский государственный университет экономики, статистики и информатики. – М.: МЭСИ, 1999. – (с. 13-14).
  3. Рузавин Г.И.- **Концепции современного естествознания**. – М., Культура и спорт, ЮНИТИ, 1997. – (с. 35-45).
  4. <http://nrc.edu.ru/est/pos/index.html> Учебное пособие по концепциям современного естествознания.

##### 4.4.2. Для самооценки темы 4 необходимо:

1. Какое движение считается механическим?
2. Каковы начальные условия для получения однозначного решения уравнений движения?
3. В чем суть концепции обратимости времени?
4. Каковы особенности механистической картины мира (МКМ)?
5. Как связаны пространство и время в МКМ?

6. В чем суть концепции фатализма?
7. Что считается макромиром?
8. Что считается макрообъектом?
9. Что считается микромиром?
10. Что считается микрообъектом?
11. Какая система отсчета считается инерциальной?
12. В чем суть принципа вариантности?
13. В чем суть принципа линейности?
14. Можно ли операторы интегрирования и дифференцирования считать линейными операторами?

Формы самостоятельной работы:

1. Изучение учебного материала
2. Чтение основной и дополнительной литературы
3. Выполнение тестовых заданий
4. Посещение Интернет-сайтов по данной тематике
5. Выполнение индивидуальных заданий с целью закрепления знаний по теме
6. Участие в чатах. Тема для обсуждения – «Особенности механистической картины мира»
7. Участие в итоговом форуме для анализа рассматриваемых в нем проблем с использованием изученных принципов, концепций, парадигм современного естествознания и выработки собственных суждений

#### 4.5. Тема 5. Электромагнитная картина мира

В этой теме важно уяснение концепций электромагнитной картины мира (ЭКМ), разработанной Максвеллом, ее отличие от механистической картины мира и границы применимости обеих картин.

Изучив данную тему студент

- должен знать особенности и границы применимости ЭКМ;
- должен уметь использовать на практике методы ЭКМ.

##### 4.5.1. При изучении темы № 5 необходимо

- акцентировать внимание на понятиях:

<b>Степень свободы</b>	<b>Дискретность</b>
<b>Непрерывность</b>	<b>Поле</b>
<b>Свободный заряд</b>	<b>Связанный заряд</b>
<b>Микрополе</b>	<b>Макрополе</b>
<b>Близкодействие</b>	<b>Магнитный поток</b>
<b>Напряженность поля</b>	<b>Магнитная индукция</b>
<b>Макроток</b>	<b>Ток смещения</b>
<b>Циркуляция вектора</b>	<b>Диэлектрическая проницаемость среды</b>
<b>Проводимость</b>	<b>Магнитная проницаемость среды</b>

- пользоваться литературой:

1. Алексеев С.И. Методические указания по курсу «Концепции современного естествознания» – М.: издательство МЭСИ, 2000. – (с. 12-14).

2. Рузавин Г.И. – **Концепции современного естествознания.** – М., Культура и спорт, ЮНИТИ, 1997. – (с. 46).
3. <http://nrc.edu.ru/est/pos/index.html> Учебное пособие по концепциям современного естествознания.

4.5.2. Для самооценки темы 5 необходимо:

1. В чем суть электромагнитной теории?
2. Какими показателями характеризуются электрические свойства среды?
3. Какими показателями характеризуются магнитные свойства среды?
4. Какие заряды считаются свободными?
5. Какие заряды считаются связанными?
6. В чем особенность макроскопической теории?
7. В чем суть принципа близкодействия?
8. Чем поле отличается от вещества?
9. Поясните термин «степень свободы»?
10. Сколько степеней свободы имеет материальная точка в трехмерном пространстве?
11. Сколько степеней свободы имеет макрообъект в трехмерном пространстве?
12. Как число степеней свободы связано с количеством измерений?
13. Как зависимость измерений влияет на количество степеней свободы?
14. Что характеризует проницаемость среды?
15. Что является силовой характеристикой электрического поля?
16. Что является силовой характеристикой магнитного поля?
17. Что является энергетической характеристикой электрического поля?

Формы самостоятельной работы:

1. Изучение учебного материала
2. Чтение основной и дополнительной литературы
3. Выполнение тестовых заданий
4. Посещение Интернет-сайтов по данной тематике
5. Выполнение индивидуальных заданий с целью закрепления знаний по теме
6. Участие в чатах. Тема для обсуждения – «Особенности электромагнитной картины мира»
7. Участие в итоговом форуме для анализа рассматриваемых в нем проблем с использованием изученных принципов, концепций, парадигм современного естествознания и выработки собственных суждений

#### 4.6. Тема 6. **Революция в естествознании XIX–XX вв.**

В этой теме важно уяснение сути революционных открытий в естествознании, сделанных в XIX–XX вв. и связанных со строением вещества и его взаимосвязи с энергией: Э.Резерфордом, Н.Бором, Луи де Бройлем, В.Гейзенбергом. Эти открытия легли в основу квантовой механики и привели к тому, что концепция детерминизма, господствующая в естествознании, сменилась концепцией случайности.

Изучив данную тему студент

- должен знать суть революционных открытий в естествознании XIX–XX вв.;
- Должен уметь объяснять явления, происходящие в микромире с позиции концепции случайности.

4.6.1. При изучении темы № 6 необходимо

- акцентировать внимание на понятиях:

**Квант**

**Волновая функция**

**Принцип дополнительности**

**Квантовые числа**

**Квантово-волновой дуализм**

**Принцип неопределенности**

**Принцип соответствия**

**Концепция случайности**

- пользоваться литературой:

1. Алексеев С.И. Методические указания по курсу «**Концепции современного естествознания**» – М.: издательство МЭСИ, 2000. – (с. 15-16).
2. Алексеев С.И., Юрина Н.М. **Концепции современного естествознания: Учеб. пособие.** – М.: издательство МЭСИ, 2004. – (с. 43-47).
3. Рузавин Г.И. – **Концепции современного естествознания.** – М., Культура и спорт, ЮНИТИ, 1997. – (с. 80-88).
4. <http://nrc.edu.ru/est/pos/index.html> Учебное пособие по концепциям современного естествознания.

4.6.2. Для самооценки темы 6 необходимо:

1. В чем суть принципа неопределенности?
2. Каковы особенности планетарной модели атома?
3. Что определяет длина волны де Бройля?
4. В чем суть принципа дополнительности?
5. В чем суть принципа соответствия?
6. Каков физический смысл волновой функции в квантовой механике?
7. Какие теории можно считать корпускулярными?
8. Приведите примеры корпускулярных свойств света?
9. Какие теории можно считать волновыми?
10. Приведите примеры волновых свойств света?
11. Что представляет собой квантово-волновой дуализм?
12. Каким образом согласно принципу дополнительности соотносится старая и новая теория?

Формы самостоятельной работы:

1. Изучение учебного материала
2. Чтение основной и дополнительной литературы
3. Выполнение тестовых заданий
4. Посещение Интернет-сайтов по данной тематике
5. Выполнение индивидуальных заданий с целью закрепления знаний по теме
6. Участие в чатах. Тема для обсуждения – «Революционные открытия в естествознании XIX–XX вв.»
7. Участие в итоговом форуме для анализа рассматриваемых в нем проблем с использованием изученных принципов, концепций, парадигм современного естествознания и выработки собственных суждений

#### 4.7. Тема 7. **Концепция относительности пространства и времени**

В этой теме важно уяснение концепции относительности пространства и времени, разработанной Эйнштейном.

Изучив данную тему студент

- должен знать суть концепции относительности пространства и времени;
- должен уметь применять на практике элементы концепции относительности пространства и времени.

##### 4.7.1. При изучении темы № 7 необходимо

- акцентировать внимание на понятиях:

**Инерциальные системы**

**Преобразования Лоренца**

**Инвариантность**

**Классическая механика**

**Принцип относительности**

**Преобразования Галилея**

**Релятивизм**

**Релятивистская механика**

- пользоваться литературой:

1. Алексеев С.И. Методические указания по курсу «**Концепции современного естествознания**» – М.: издательство МЭСИ, 2000. – (с. 16-18).
2. Алексеев С.И., Юрина Н.М. **Концепции современного естествознания**: Учеб. пособие. – М.: издательство МЭСИ, 2004. – (с. 36-43).
3. Щенникова Л.С., Щенников А.А. «**Концепции современного естествознания**»: Учебно-практическое пособие/Московский государственный университет экономики, статистики и информатики. – М.: МЭСИ, 1999. – (с. 16).
4. Рузавин Г.И. – **Концепции современного естествознания** – М., Культура и спорт, ЮНИТИ, 1997. – (с. 58-79).
5. <http://nrc.edu.ru/est/pos/index.html> Учебное пособие по концепциям современного естествознания.

##### 4.7.2. Для самооценки темы 7 необходимо:

1. В чем суть принципа относительности Галилея?
2. Как пространство и время соотносятся в классической механике?
3. В чем суть концепции относительности А.Эйнштейна?
4. Как пространство и время соотносятся в релятивистской механике?
5. Что позволяют сделать преобразования Лоренца?
6. Каковы условия перехода преобразований Лоренца в преобразования Галилея?
7. Что происходит со временем в релятивистской механике при движении со скоростью близкой к скорости света?
8. Что происходит со временем в релятивистской механике при движении со скоростью близкой к скорости света?
9. Что происходит с массой тела в релятивистской механике при движении тела со скоростью близкой к скорости света?
10. Что происходит с энергией тела в релятивистской механике при движении тела со скоростью близкой к скорости света?
11. Что происходит с размерами тела в релятивистской механике при движении со скоростью близкой к скорости света?

Формы самостоятельной работы:

1. Изучение учебного материала
2. Чтение основной и дополнительной литературы
3. Выполнение тестовых заданий
4. Посещение Интернет-сайтов по данной тематике
5. Выполнение индивидуальных заданий с целью закрепления знаний по теме
6. Участие в чатах. Тема для обсуждения – «Проблема соотношения пространства и времени»
7. Участие в итоговом форуме для анализа рассматриваемых в нем проблем с использованием изученных принципов, концепций, парадигм современного естествознания и выработки собственных суждений

4.8. Тема 8. **Концепция необратимости и термодинамика**

В этой теме важно уяснение концепций термодинамического подхода к описанию природных процессов, понятий энтропии и негэнтропии, классификации термодинамических систем и оценки их состояния в процессе эволюционирования.

Изучив данную тему студент

- должен знать суть концепций необратимости и термодинамики;
- должен уметь оценить состояние систем, пользуясь термодинамическими понятиями.

4.8.1. При изучении темы № 8 необходимо

- акцентировать внимание на понятиях:

<b>Энтропия</b>	<b>Абсолютная температура</b>
<b>Вероятность</b>	<b>Внутренняя энергия</b>
<b>Порядок</b>	<b>Замкнутая система</b>
<b>Хаос</b>	<b>Закрытая система</b>
<b>Работа</b>	<b>Открытая система</b>
<b>Тепло</b>	<b>Термодинамика</b>
<b>“тепловая смерть”</b>	<b>Стрела времени</b>

- пользоваться литературой:
  1. Алексеев С.И. Методические указания по курсу **«Концепции современного естествознания»** – М.: издательство МЭСИ, 2000. – (с. 18-20).
  2. Алексеев С.И., Юрина Н.М. **Концепции современного естествознания: Учеб. пособие.** – М.: издательство МЭСИ, 2004. – (с. 47-53).
  3. Щенникова Л.С., Щенников А.А. **«Концепции современного естествознания»:** Учебно-практическое пособие/Московский государственный университет экономики, статистики и информатики. – М.: МЭСИ, 1999. – (с. 29-30).
  4. Рузавин Г.И. – **Концепции современного естествознания.** – М., Культура и спорт, ЮНИТИ, 1997. – (с. 106-121).
  5. <http://nrc.edu.ru/est/pos/index.html> Учебное пособие по концепциям современного естествознания.

4.8.2. Для самооценки темы 8 необходимо:

1. В чем суть 1 закона термодинамики?
2. Какова классификация термодинамических систем?
3. Сформулируйте 2 закон термодинамики?
4. В чем суть концепции «тепловой смерти»?

5. Что представляет собой энтропия системы как термодинамическая величина?
6. Что представляет собой энтропия системы в статистической физике?
7. Как энтропия характеризует упорядоченность системы?
8. Что такое хаос в системе?
9. Что показывает «стрела времени» в системе?
10. В чем суть 3 закона термодинамики?

Формы самостоятельной работы:

1. Изучение учебного материала
2. Чтение основной и дополнительной литературы
3. Выполнение тестовых заданий
4. Посещение Интернет-сайтов по данной тематике
5. Выполнение индивидуальных заданий с целью закрепления знаний по теме
6. Участие в чатах. Тема для обсуждения – «Концепции термодинамики в познании окружающей среды»
7. Участие в итоговом форуме для анализа рассматриваемых в нем проблем с использованием изученных принципов, концепций, парадигм современного естествознания и выработки собственных суждений

#### 4.9. Тема 9. Концепции синергетики

В этой теме важно уяснение концепции синергетики, связанной с процессами самоорганизации систем, понятий обратных связей и устойчивости систем.

Изучив данную тему студент

- должен знать суть концепции синергетики
- должен уметь оценить степень устойчивости системы, пользуясь синергетическими понятиями и определить возможные пути эволюционирования системы

4.9.1. При изучении темы № 9 необходимо

- акцентировать внимание на понятиях:

<b>Синергетика</b>	<b>Точка термодинамического равновесия</b>
<b>Флуктуации</b>	<b>Нелинейная термодинамика</b>
<b>Порядок</b>	<b>Принцип образования порядка</b>
<b>Самоорганизация</b>	<b>Нелинейные уравнения</b>
<b>Обратная связь</b>	<b>Положительная обратная связь</b>

- пользоваться литературой:

1. Алексеев С.И. Методические указания по курсу «**Концепции современного естествознания**» – М.: издательство МЭСИ, 2000. – (с. 21-22).
2. Рузавин Г.И. – **Концепции современного естествознания.** – М., Культура и спорт, ЮНИТИ, 1997. – (с. 229-253).
3. <http://nrc.edu.ru/est/pos/index.html> Учебное пособие по концепциям современного естествознания.

4.9.2. Для самооценки темы 9 необходимо:

1. Что изучает синергетика?
2. В каких системах возможны синергетические процессы?
3. В чем особенность точки термодинамического равновесия системы?

4. Что такое флуктуации в системе?
5. В чем суть принципа образования порядка в системе?
6. Как порядок в системе соотносится с энтропией системы?
7. Какие обратные связи способствуют распаду системы?
8. Какие обратные связи в системе способствуют упорядочиванию системы?
9. Какие математические уравнения являются линейными?
10. В чем особенность линейных моделей процессов?
11. Какие модели более адекватны реальным системам?

Формы самостоятельной работы:

1. Изучение учебного материала
2. Чтение основной и дополнительной литературы
3. Выполнение тестовых заданий
4. Посещение Интернет-сайтов по данной тематике
5. Выполнение индивидуальных заданий с целью закрепления знаний по теме
6. Участие в чатах. Тема для обсуждения – «Особенности синергетики»
7. Участие в итоговом форуме для анализа рассматриваемых в нем проблем с использованием изученных принципов, концепций, парадигм современного естествознания и выработки собственных суждений

4.10. Тема 10. **Концепция атомизма**

В этой теме важно уяснение концепции атомизма, связанной с поиском элементарных неделимых частиц, их свойств и взаимодействий между ними.

Изучив данную тему студент

- должен знать суть концепции атомизма;
- должен уметь применять на практике элементы концепции атомизма.

4.10.1. При изучении темы № 10 необходимо

- акцентировать внимание на понятиях:

<b>Атомизм</b>	<b>Элементарные частицы</b>
<b>Редукционизм</b>	<b>Распад частиц</b>
<b>Античастицы</b>	<b>характеристики элементарных частиц</b>
<b>Аннигиляция</b>	<b>Типы фундаментальных взаимодействий</b>
<b>Адроны</b>	<b>Нуклоны</b>
<b>Лептоны</b>	<b>Кварки</b>
<b>Время жизни</b>	<b>Квантовые числа</b>
<b>Спин</b>	<b>Позитрон</b>
<b>Фотон</b>	<b>Магнитный момент</b>

- пользоваться литературой:
  1. Алексеев С.И. Методические указания по курсу «**Концепции современного естествознания**» – М.: издательство МЭСИ, 2000. –(с. 22-24).
  2. Алексеев С.И., Юрина Н.М. **Концепции современного естествознания**: Учеб. пособие. – М.: издательство МЭСИ, 2004. – (с. 55-60).
  3. Щенникова Л.С., Щенников А.А. «**Концепции современного естествознания**»: Учебно-практическое пособие/Московский государственный университет экономики, статистики и информатики. – М.: МЭСИ, 1999. – (с. 37-40).

4. Рузавин Г.И. – **Концепции современного естествознания.** – М., Культура и спорт, ЮНИТИ, 1997. – (с. 138-149).
5. <http://nrc.edu.ru/est/pos/index.html> Учебное пособие по концепциям современного естествознания.

4.10.2. Для самооценки темы 10 необходимо:

1. Что принято считать атомизмом?
2. Какие объяснения называются редукционистскими?
3. Какие частицы относят к элементарным?
4. Каковы особенности элементарных частиц?
5. В каких взаимодействиях участвуют элементарные частицы?
6. Каковы особенности адронов?
7. Каковы особенности лептонов?
8. Что относят к индивидуальным характеристикам элементарных частиц?
9. Что относят к групповым характеристикам элементарных частиц?
10. Сформулируйте закон квантования заряда?
11. Что такое кварк?
12. Что такое античастица?
13. 13)Что называют реакцией аннигиляции?
14. 14)Каково строение атома?
15. Что называют изотопом?
16. Каковы условия стабильности атомов?
17. В чем особенность распадов атомов?

Формы самостоятельной работы:

1. Изучение учебного материала
2. Чтение основной и дополнительной литературы
3. Выполнение тестовых заданий
4. Посещение Интернет-сайтов по данной тематике
5. Выполнение индивидуальных заданий с целью закрепления знаний по теме
6. Участие в чатах. Тема для обсуждения- «Концепция атомизма в познании»
7. Участие в итоговом форуме для анализа рассматриваемых в нем проблем с использованием изученных принципов, концепций, парадигм современного естествознания и выработки собственных суждений

#### 4.11. Тема 11. **Концепции биологических систем**

В этой теме важно уяснение концепций биологической картины мира, понятий живого и неживого вещества, гипотез возникновения жизни на Земле, понятий биосферы и ноосферы.

Изучив данную тему студент

- должен знать классификацию веществ и их свойства, роль живого вещества в биосфере, особенности живого вещества и суть гипотез происхождения жизни на Земле, классификацию факторов окружающей среды, роль обратных связей в природных системах;
- Должен уметь оценить качество вещества, оценивать влияние различных факторов окружающей среды на поведение систем, определять наличие обратных связей в системе и оценивать их роль в системе.

4.11.1. При изучении темы № 11 необходимо

- Акцентировать внимание на понятиях:

**Живые организмы**

**Живое вещество**

**Косное вещество**

**Фермент**

**Ноосфера**

**Физические факторы окружающей среды**

**Химические факторы окружающей среды**

**Геологические факторы окружающей среды**

**Коэффициент передачи системы**

**Биогеохимические круговороты**

- пользоваться литературой:

1. Алексеев С.И. Методические указания по курсу «**Концепции современного естествознания**» – М.: издательство МЭСИ, 2000. – (с. 25-32).
2. Алексеев С.И., Юрина Н.М. **Концепции современного естествознания**: Учеб. пособие. – М.: издательство МЭСИ, 2004. – (с. 62-68).
3. Щенникова Л.С., Щенников А.А. «**Концепции современного естествознания**»: Учебно-практическое пособие/Московский государственный университет экономики, статистики и информатики. – М.: МЭСИ, 1999. – (с. 46-55).
4. Рузавин Г.И. – **Концепции современного естествознания**. – М., Культура и спорт, ЮНИТИ, 1997. – (с. 163-181).
5. <http://nrc.edu.ru/est/pos/index.html> Учебное пособие по концепциям современного естествознания.

4.11.2. Для самооценки темы 11 необходимо:

1. Что обозначает термин «биосфера»?
2. Какова роль живых организмов в биосфере?
3. Что относят к физическим факторам окружающей среды?
4. Что относят к химическим факторам окружающей среды?
5. Что относят к геологическим факторам окружающей среды?
6. Какова роль положительных обратных связей в природных системах Земли?
7. Какова роль отрицательных обратных связей в природных системах Земли?
8. Как изменяются усилительные свойства системы при охвате положительной обратной связью?
9. Как изменяются усилительные свойства системы при охвате отрицательной обратной связью?
10. Какова классификация веществ по В.И.Вернадскому?
11. В чем отличие косных веществ от биокосных?
12. Что понимают под качеством вещества (энергии)?
13. Какие существуют типы биогеохимических круговоротов?
14. В чем особенность газообразных циклов?
15. В чем особенность осадочных циклов?
16. Каковы отличия живого вещества от косного?
17. Какова роль ферментов в живом веществе?
18. Каковы свойства живого вещества?
19. Каковы функции живого вещества?
20. В чем суть и каковы основания биогенной гипотезы происхождения жизни на Земле?
21. В чем суть и каковы основания абиогенной гипотезы происхождения жизни на Земле?
22. Каково содержание понятия «ноосфера»?

Формы самостоятельной работы:

1. Изучение учебного материала
2. Чтение основной и дополнительной литературы
3. Выполнение тестовых заданий
4. Посещение Интернет-сайтов по данной тематике
5. Выполнение индивидуальных заданий с целью закрепления знаний по теме
6. Участие в чатах. Тема для обсуждения – «Особенности биологических систем»
7. Участие в итоговом форуме для анализа рассматриваемых в нем проблем с использованием изученных принципов, концепций, парадигм современного естествознания и выработки собственных суждений

4.12. Тема 12. **Концепции познания вещества и химических систем**

В этой теме важно уяснение концепций химической картины мира, понятий химических веществ, их соединений, химических реакций, их классификаций.

Изучив данную тему студент

- должен знать суть химической картины мира;
- должен уметь оценить результаты взаимодействия химических веществ, кинетику и энергетику реакций, элементы самоорганизации химических процессов.

4.12.1. При изучении темы № 12 необходимо

- акцентировать внимание на понятиях:

<b>Химический элемент</b>	<b>химическое соединение</b>
<b>химическая реакция</b>	<b>типы химических реакций</b>
<b>соединение постоянного состава</b>	
<b>соединение переменного состава</b>	
<b>энергетика химических процессов</b>	
<b>кинетика химических процессов</b>	
<b>самоорганизация химических процессов</b>	

- пользоваться литературой:

1. Алексеев С.И. Методические указания по курсу «**Концепции современного естествознания**» – М.: издательство МЭСИ, 2000. – (с. 39-40).
2. Алексеев С.И., Юрина Н.М. **Концепции современного естествознания**: Учеб. пособие. – М.: издательство МЭСИ, 2004. – (с. 53-61).
3. Щенникова Л.С., Щенников А.А. «**Концепции современного естествознания**»: Учебно-практическое пособие/Московский государственный университет экономики, статистики и информатики. – М.: МЭСИ, 1999. – (с. 41-43).
4. Рузавин Г.И.- **Концепции современного естествознания**. – М., Культура и спорт, ЮНИТИ, 1997. -(с. 150-162).
5. <http://nrc.edu.ru/est/pos/index.html> Учебное пособие по концепциям современного естествознания.

4.12.2. Для самооценки темы 12 необходимо:

1. Каковы особенности языка химии?
2. Какова классификация химических реакций по признаку выделения (поглощения) теплоты?

3. Какова классификация химических реакций по признаку изменения числа исходных и конечных веществ?
4. Какова классификация химических реакций по признаку обратимости реакций?
5. Какова классификация химических реакций по признаку изменения степени окисления атомов?
6. Сформулируйте закон сохранения массы вещества?
7. Каково содержание понятия «химическое соединение»?
8. Каковы способы получения химических соединений?
9. Каковы структуры химических соединений?
10. В чем особенность веществ с молекулярной структурой?
11. В чем особенность веществ с молекулярной структурой?
12. В чем суть закона Дальтона?
13. В чем суть закона Бертолле?
14. Какая минимальная структура сохраняет химические свойства вещества?
15. Принципы химической самоорганизации

Формы самостоятельной работы:

1. Изучение учебного материала
2. Чтение основной и дополнительной литературы
3. Выполнение тестовых заданий
4. Посещение Интернет-сайтов по данной тематике
5. Выполнение индивидуальных заданий с целью закрепления знаний по теме
6. Участие в чатах. Тема для обсуждения- «Концепции познания вещества»
7. Участие в итоговом форуме для анализа рассматриваемых в нем проблем с использованием изученных принципов, концепций, парадигм современного естествознания и выработки собственных суждений

#### 4.13. Тема 13. **Концепции экологии**

В этой теме важно уяснение концепций экологии, понятий экосистем, их классификаций, особенностей динамики и устойчивости экосистем.

Изучив данную тему студент

- должен знать суть концепции экологии, методы исследования экосистем
- должен уметь применять методы исследования экосистем, оценивать динамику и устойчивость экосистем

4.13.1. При изучении темы № 13 необходимо

- Акцентировать внимание на понятиях:

**Экосистема**

**Типы экосистем**

**Вид**

**Методы исследования экосистем**

**Виды устойчивости экосистем**

**Динамика экосистем**

**Уровни организации материи**

**компоненты экосистем**

**Популяция**

**Сообщество**

**Стресс**

**Стрессоры**

• пользоваться литературой:

1. Алексеев С.И. Методические указания по курсу «**Концепции современного естествознания**» – М.: издательство МЭСИ, 2000. – (с. 33-38).
2. Алексеев С.И., Юрина Н.М. **Концепции современного естествознания**: Учеб. пособие. – М.: издательство МЭСИ, 2004. – (с. 68-81).
3. Щенникова Л.С., Щенников А.А. «**Концепции современного естествознания**»: Учебно-практическое пособие/Московский государственный университет экономики, статистики и информатики. – М.: МЭСИ, 1999. – (с. 55-57, 66-68).
4. Рузавин Г.И. – **Концепции современного естествознания**. – М., Культура и спорт, ЮНИТИ, 1997. – (с. 182-210).
5. <http://nrc.edu.ru/est/pos/index.html> Учебное пособие по концепциям современного естествознания.

4.13.2. Для самооценки темы 13 необходимо:

1. Какие проблемы решает экология как наука?
2. Какое понятие в экологии является ключевым?
3. Какова классификация совокупностей организмов?
4. Какими уровнями в иерархической структуре материи рассматриваются в экологии?
5. Какова классификация экосистем?
6. Что общего в понятиях экотон и эстуарии?
7. Какие компоненты входят в состав экосистем?
8. Поясните принцип взаимодействия компонентов по малому циклу?
9. Поясните принцип взаимодействия компонентов по большому циклу?
10. Каковы уровни трофических связей между компонентами экосистем?
11. Каким образом изучается взаимодействие между частями и целым в экосистемах?
12. В чем суть принципа голографического подобия?
13. К какому типу термодинамических систем относятся экосистемы?
14. В чем суть принципа гомеостаза?
15. Какие виды устойчивости экосистем существуют?
16. В чем суть принципа Ле Шателье?
17. Сформулируйте правило стабильности экосистемы?
18. Перечислите факторы, приводящие организм в состояние стресса?
19. Каким образом анализируется динамика экосистем?

Формы самостоятельной работы:

1. Изучение учебного материала
2. Чтение основной и дополнительной литературы
3. Выполнение тестовых заданий
4. Посещение Интернет-сайтов по данной тематике
5. Выполнение индивидуальных заданий с целью закрепления знаний по теме
6. Участие в чатах. Тема для обсуждения – «Концепции экологии»
7. Участие в итоговом форуме для анализа рассматриваемых в нем проблем с использованием изученных принципов, концепций, парадигм современного естествознания и выработки собственных суждений

#### 4.14. Тема 14. **Концепции космологии**

В этой теме важно уяснение концепции космологии, связанной с процессами возникновения Солнечной системы, планет и галактик, тенденциями развития.

Изучив данную тему студент

- должен знать суть концепции космологии, гипотезы происхождения и эволюции Вселенной;
- должен уметь объяснять с системных позиций процессы происходящие во Вселенной

4.14.1. При изучении темы № 14 необходимо

- Акцентировать внимание на понятиях:

**Космология**

**парадоксы**

**гипотезы эволюции Вселенной**

- пользоваться литературой:
  1. Алексеев С.И., Юрина Н.М. **Концепции современного естествознания**: Учеб. пособие. – М.: издательство МЭСИ, 2004. – (с. 31-36).
  2. Щенникова Л.С., Щенников А.А. **«Концепции современного естествознания»**: Учебно-практическое пособие/Московский государственный университет экономики, статистики и информатики. – М.: МЭСИ, 1999. – (с. 18-26).
  3. Рузавин Г.И. – **Концепции современного естествознания**. – М., Культура и спорт, ЮНИТИ, 1997. – (122-137)
  4. <http://nrc.edu.ru/est/pos/index.html>\_ Учебное пособие по концепциям современного естествознания.

4.14.2. Для самооценки темы 14 необходимо:

1. Что изучает космология?
2. В чем суть гравитационного парадокса?
3. В чем суть фотометрического парадокса Ольберса?
4. В чем суть термодинамического парадокса?
5. Каковы предпосылки модели расширяющейся Вселенной?
6. В чем суть эффекта «красного смещения» Хаббла?
7. В чем суть эффекта Доплера?
8. Гипотеза «большого взрыва».
9. Гипотеза вакуума.
10. 14) Эры начальной стадии образования Вселенной.
11. Модель раздувающейся Вселенной.
12. Этапы эволюции звезд?
13. Этапы эволюции галактик?
14. Гипотезы происхождения Солнечной системы?
15. Этапы развития Земли?

Формы самостоятельной работы:

1. Изучение учебного материала
2. Чтение основной и дополнительной литературы
3. Выполнение тестовых заданий

4. Посещение Интернет-сайтов по данной тематике
5. Выполнение индивидуальных заданий с целью закрепления знаний по теме
6. Участие в чатах. Тема для обсуждения – «Концепции космологии»
7. Участие в итоговом форуме для анализа рассматриваемых в нем проблем с использованием изученных принципов, концепций, парадигм современного естествознания и выработки собственных суждений

## **5. Вопросы по курсу «Концепции современного естествознания»**

1. Особенности естественнонаучного подхода к изучению природы.
2. Телеологические методы познания.
3. Сравнительная характеристика методов понимания и объяснения.
4. Структура простейших логических выводов.
5. Сходство и различие методов предвидения и объяснения. Практическое значение предвидения.
6. Характер выводов, полученных из статистических законов.
7. Точечная и интервальная оценка.
8. Статистические свойства оценок.
9. Классификация признаков исследуемого объекта.
10. Типовые законы распределения случайных величин.
11. Дифференциация знаний (дисциплинарный подход).
12. Интеграция знаний (междисциплинарный подход).
13. Общие приемы и принципы естественнонаучных исследований.
14. Единство науки и научный метод.
15. Характерные особенности механистической картины мира.
16. Описание механического движения И.Ньютоном. Привести пример.
17. Концепция обратимости времени в классической механике.
18. Законы (принципы) классической механики.
19. Сравнительная характеристика принципов классической механики и натурфилософского подхода к объяснению механического движения.
20. Особенности детерминированных процессов.
21. Электромагнитная картина мира. Характеристики среды.
22. Особенности теории Максвелла. Микрополе и макрополе.
23. Принцип близкодействия.
24. Сравнительная характеристика вещества и поля. Степени свободы.
25. Революция в естествознании в XI-XX вв.
26. Явление квантово-волнового дуализма.
27. Планетарная модель атома.
28. Принцип неопределенностей В.Гейзенберга.
29. «Волновая функция» в квантовой механике.
30. Влияние измерительных устройств на изучаемые процессы микромира.
31. Механистический принцип относительности Галилея.
32. Принцип относительности А. Эйнштейна.
33. Преобразования Лоренца и их связь с преобразованиями Галилея.
34. Зависимость длин отрезков, интервалов времени, массы и энергии тела в релятивистской механике.

35. Пространство и время в классической механике и в специальной теории относительности.
36. Классификация термодинамических систем.
37. Концепция необратимости процессов в замкнутых системах.
38. Законы термодинамики.
39. Концепция «тепловой смерти».
40. Энтропия как характеристика термодинамического состояния системы.
41. Синергетические процессы. Необходимые условия их протекания.
42. Принцип образования порядка через флуктуации.
43. Классификация обратных связей и их влияние на устойчивость систем.
44. Особенности математических моделей, описывающих открытые системы и процессы самоорганизации систем.
45. Концепция атомизма.
46. Универсальные (фундаментальные) константы естествознания.
47. Особенности элементарных частиц.
48. Классификация взаимодействий между элементарными частицами.
49. Групповые и индивидуальные характеристики элементарных частиц.
50. Основания современного подхода к изучению строения материи.
51. Уровни познания химических веществ.
52. Закон постоянства состава Дальтона.
53. Соединения постоянного и переменного состава.
54. Ферменты. Их влияние на характер процессов реакций.
55. Эволюция понятия химической структуры.
56. Отличие молекулярной структуры живых систем от неживых.
57. Механистические и редуccionистские концепции жизнедеятельности.
58. Роль аминокислот в живом организме.
59. Роль ДНК в процессе передачи наследственной информации.
60. Уровни организации живых систем.
61. Эволюция представлений о биосфере.
62. Структурный подход к анализу живых систем.
63. Биотические и абиотические факторы биосферы.
64. Классификация веществ (по В.И. Вернадскому).
65. Особенности живого вещества.
66. Гипотезы о происхождении жизни на Земле. Принцип Реди.
67. Антропогенное воздействие на биосферу.
68. Экосистемный подход. Структура экосистем.
69. Взаимодействие экосистемы с окружающей средой.
70. Принцип обратной связи в экосистемах.
71. Принцип избыточности экосистем.
72. Виды устойчивости экосистем.
73. Актуальные глобальные проблемы человечества.
74. Римский клуб в решении экологических проблем. Модель современного общества Медоуза (факторы, выводы).
75. Понятие системы. Компоненты систем.
76. Структура системы. Взаимосвязь элементов. Принцип эмерджентности.
77. Классификация систем.

## 6. Задачи по курсу «Концепции современного естествознания»

1. Координата движущегося по оси X тела изменяется во времени по закону  $x(t) = 3t^2 + bt + c$ , причем  $x(0) = 5$ ,  $x'(0) = 5$ .

Определить  $x(5)$ . Каков характер движения?

**(классическая механика (1))**

2. Свободно падающее тело без начальной скорости в последние две секунды своего движения проходит  $3/4$  всего пути. Определить высоту, с которой падает тело. Считать  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

**(классическая механика (1))**

3. Чему равно изменение длины метрового стержня который мог бы двигаться вокруг нас со скоростью  $1.8 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ .

**(релятивизм (2))**

4. Тело движется со скоростью  $2 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ . Во сколько раз при этом увеличится плотность тела.

**(релятивизм (2))**

5. Определить число нуклонов в ядре натрия образующегося в реакции  ${}_{27}^{13}\text{Al} + n \rightarrow {}_{11}^Z\text{Na} + \alpha$

**(распад атомов (3))**

6. Радиоактивный атом  ${}_{90}^{232}\text{Th}$  превращается в атом  ${}_{83}^{212}\text{Bi}$ . Сколько при этом произошло  $\alpha$ - и  $\beta$ -распадов

**(распад атомов (3))**

7. Изменение внутренней энергии системы в 4 раза меньше сообщенного системе количества теплоты. Сколько процентов от сообщенного количества теплоты пошло на работу совершенную системой?

**(термодинамика (4))**

8. В теплоизолированной сосуд поместили  $n_1$  идеального атомарного газа при температуре  $T_1$  и  $n_2$  молей при температуре  $T_2$ . Определить установившуюся температуру газа.

**(термодинамика (4))**

9. Протон налетает на покоящееся ядро и упруго рассеивается в нем. После взаимодействия разлетевшиеся частицы имеют равные по величине и противоположные по направлению скорости. Определить во сколько раз масса ядра больше массы протона.

**(законы сохранения (5))**

10. Неподвижный атом распадается на две части, массы которых  $m_1$  и  $m_2$  с общей кинетической энергией. Определить скорости этих частей.

**(законы сохранения (5))**

11. Определить длину волны де Бройля для протона с кинетической энергией 100 эВ.

**(квантово-волновой дуализм (6))**

12. С какой скоростью движется электрон, импульс которого равен импульсу фотона с длиной волны 520 нм.

**(квантово-волновой дуализм (6))**

13. Измерения объема комнаты были сделаны с помощью рулетки с относительной погрешностью 2%. Определить относительную погрешность измерения объема комнаты.

**(измерения (7))**

14. Определить среднее значение и среднеквадратическую ошибку измерения некоторой величины, если ее измеряли несколько раз. Результаты измерений: 13.4, 12.8, 11.8, 12.5, 12.1, 13.1, 12.9, 12.0, 11.7, 11.9.

**(измерения (7))**

15. Три студента Иванов, Петров и Сидоров получили на экзамене три различные оценки: 3, 4 и 5. На вопрос, какую оценку каждый из них получил, последовало три ответа: а). Иванов получил 3; б). неверно что Петров получил 3; в). Сидоров не получил 5. Какую оценку получил каждый из студентов, если известно, что из этих ответов верен только один?

**(умозаключения (8))**

16. Перед экзаменом друг сказал студенту:

а). если у тебя есть способности к предмету то для сдачи экзамена тебе необходимо и трудолюбие; б). если у тебя нет способностей то ты должен быть трудолюбив или увлечен учебой; в). у тебя есть способности, есть увлеченность предметом, но нет трудолюбия. Значит, ты экзамен не сдашь.

Правильное ли умозаключение сделал друг студента ?

**(умозаключения (8))**

17. Восстановить формулу химической реакции  $Fe + \dots \rightarrow Fe_2O_3$

С каким веществом вступает в реакцию железо?

Какой это тип химической реакции?

**(химические реакции (9))**

18. Восстановить формулу реакции  $Al + Fe_2O_3 \rightarrow Al_2O_3 + \dots$

Какое веществом образуется в результате реакции?

Какой это тип химической реакции?

**(химические реакции(9))**

19. Во сколько раз изменится коэффициент усиления системы равный 10, если систему охватить ООС с коэффициентом обратной связи 0.1?

**(обратные связи в системах (10))**

20. Во сколько раз изменится коэффициент усиления системы равный 10, если систему охватить ПОС с коэффициентом обратной связи 0.1?

**(обратные связи в системах (10))**

## 7. Тест по курсу «Концепции современного естествознания»

1) **Какое свойство присуще естественнонаучным методам анализа природных процессов (по количеству исследуемых объектов)**

- а) уникальность
- б) массовость

2) **Какая обратная связь способствует устойчивому развитию системы**

- а) обратная связь не влияет на устойчивость системы
- б) положительная
- в) отрицательная

**3) В чем состоит суть логической операции обобщения понятия**

- а) в уменьшении признаков понятия
- б) в добавлении признаков понятия

**4) При обобщении понятия содержание понятия**

- а) не меняется
- б) уменьшается
- в) увеличивается

**5) Вероятность точечной оценки**

- а) равна 1
- б) больше 0
- в) равна 0

**6) Классическая теория Ньютона- это теория**

- а) Случайности
- б) неопределенности
- в) детерминизма

**7) Суть принципа неопределенности Гейзенберга состоит в**

- а) невозможности точного определения параметров изучаемого объекта
- б) необходимости дополнения классической теории определенности теорией неопределенности

**8) Принцип дополнительности Бора означает, что**

- а) любая теория должна подтверждаться практикой
- б) любая частица имеет античастицу
- в) корпускулярная теория должна быть дополнена волновой

**9) Волновая функция в квантовой механике определяет**

- а) вероятность состояния микрочастицы
- б) границу корпускулярной и волновой теории
- в) движение микрочастиц согласно волновой теории

**10) Волны де Бройля- это**

- а) специфическая форма волнового движения
- б) волны излучения
- в) волны материи

**11) В классической механике время и пространство**

- а) зависимы
- б) независимы

**12) В релятивистской механике время и пространство**

- а) зависимы
- б) независимы

**13) Энтропия изолированной системы со временем**

- а) не изменяется
- б) убывает
- в) возрастает

**14) Синергетика- это наука о**

- а) системах
- б) процессах самоорганизации в системах
- в) системах и их структурах

**15) Принцип эмерджентности означает**

- а) возможность разбиения системы на части
- б) наличие у системы свойств которые отсутствуют у элементов системы
- в) возможность анализа системы на основе изучения связей между компонентами системы

**16) Суть принципа суперпозиции состоит в том, что**

- а) анализ системы возможен на основе изучения связей между компонентами
- б) результат сложного действия может быть определен как сумма результатов простых действий
- в) анализ системы должен учитывать связи между компонентами

**17) Концепция тепловой смерти Клаузиуса справедлива**

- а) в открытых системах
- б) в закрытых (изолированных) системах
- в) в частично открытых системах

**18) Универсальной (для живой и неживой природы) мельчайшей частицей материи можно считать**

- а) молекулу
- б) атом
- в) клетку
- г) протон

**19) Мельчайшей частицей живой материи является**

- а) молекула
- б) атом
- в) клетка
- г) протон

**20) Гомеостаз- это**

- а) свойство системы, которого нет у элементов системы
- б) способность природной Среды компенсировать антропогенное давление
- в) анализ системы на основе изучения связей между компонентами

## 8. Глоссарий

- Адекватный** – вполне соответствующий
- Адроны** – элементарные частицы, подверженные сильному взаимодействию
- Анализ** – метод исследования, состоящий в мысленном или фактическом разделении целого на составные части
- Аналогия** – подобие, сходство предметов в каких-либо свойствах/отношениях
- Античастица** – двойник частицы: масса и спин частицы и античастицы одинаковы, заряд, магнитный момент противоположны
- Апория** – безвыходное положение, непреодолимые логические затруднения
- Апостериорное знание** – знание, приобретенное из опыта
- Аппроксимация** – приближенное выражение какой-либо величины через другие, более простые величины
- Априорный** – предшествующий опыту
- Аргумент** – довод доказательства, основание вывода, с помощью которого обосновывается высказывание
- Аннигиляция** – превращение частицы и античастицы при взаимодействии в другие частицы
- Биосфера** – область распространения жизни на Земле
- Вероятность** – степень возможности какого-либо определенного события
- Вывод** – последовательность высказываний или формул, состоящая из аксиом, посылок и ранее доказанных высказываний (теорем). Последняя формула последовательности представляет собой доказуемую формулу.
- Высказывание** – логический термин, которым обозначается смысл простого повествовательного предложения естественного языка
- Герменевтика** – раздел методологии науки, связанный с истолкованием текстов, их пониманием, смыслом
- Гипотеза** – предположение о причине какого-либо явления, достоверность которого еще не доказана
- Гомеостаз** – способность природы компенсировать антропогенное давление
- Дедукция** – способ рассуждения от общих положений к частным выводам
- Детерминизм** – теория определенности, однозначности
- Живое вещество** – совокупность растений и животных, включая человечество
- Индукция** – способ рассуждения от частных фактов к общим выводам
- Интерпретация** – истолкование, раскрытие смысла, содержания чего-либо
- Классификация** – разбиение предметов на классы по существенным признакам
- Линейность** – пропорциональность
- Моделирование** – замена объекта исследований копией, сходной с объектом в существенных признаках
- Нуклон** – общее название для протона и нейтрона
- Объем понятия** – множество предметов, отвечающих данному понятию
- Ограничение** – логическая операция перехода от понятия с некоторым объемом и содержанием к понятию с меньшим объемом, но большим содержанием
- Обобщение** – логическая операция обратная ограничению
- Парадигма** – пример, образец
- Понимание** – метод познания, раскрывающий смысл события
- Понятие** – форма мышления, отображающая существенные признаки предмета
- Самоорганизация** – процесс образования нового порядка в системе

- Силлогизм** – форма логического умозаключения  
**Симметрия** – равновесие, баланс  
**Смысл** – содержание выражения; мысль, содержащаяся в выражении  
**Соединение** – система, совокупность элементов  
**Содержание понятия** – совокупность признаков, присущих понятию  
**Статистика** – функция выборочных значений  
**Суждение** – форма мысли, в которой что-либо утверждается или отрицается  
**Тавтология** – повторение ранее сказанного в той или иной форме  
**Телеология** – теория, полагающая всякому развитию predetermined цели  
**Умозаключение** – логический вывод из совокупности посылок  
**Фактор** – момент, существенное обстоятельство в каком-либо явлении  
**Фермент** – катализатор в живых клетках  
**Энтропия** – мера упорядоченности системы: чем выше энтропия, тем больше хаос

## 9. Литература

### *Основная литература*

- 1) Алексеев С.И. Методические указания по курсу «**Концепции современного естествознания**» – М.: издательство МЭСИ, 2000. – 54 с.
- 2) Алексеев С.И., Юрина Н.М. **Концепции современного естествознания**: Учеб. пособие. – М.: издательство МЭСИ, 2004. – 86 с.
- 3) Щенникова Л.С., Щенников А.А. «**Концепции современного естествознания**»: Учебно-практическое пособие/Московский государственный университет экономики, статистики и информатики. – М.: МЭСИ, 1999. – 84 с.
- 4) <http://nrc.edu.ru/est/pos/index.html> Учебное пособие по концепциям современного естествознания.
- 5) <http://nrc.edu.ru/est/> Систематическое изложение учебного материала по концепциям современного естествознания: методология науки, картина мира современной физики, эволюция Вселенной, биологическая картина мира.
- 6) Карпенков С.Х. **Основные концепции естествознания**. – М.: Культура и спорт, ЮНИТИ, 1998. – 208 с.
- 7) Кузнецов В.И., Идлис Г.М., Гутина В.Н. – Естествознание – М.: Агар, 1996.
- 8) Рузавин Г.И. – Методы научного исследования. – М.: Мысль, 1974.
- 9) Рузавин Г.И. – **Концепции современного естествознания**. – М., Культура и спорт, ЮНИТИ, 1997.
- 10) Хакен Г. Синергетика. – М.: Мир, 1980. – 404 с.
- 11) Шредингер Э. Что такое жизнь? С точки зрения физики. – М.: Атомиздат, 1972.

### *Дополнительная литература*

1. Вернадский В.И. Живое вещество и биосфера. – М.: Наука, 1994. – 669 с.
2. Волькенштейн М.В. Энтропия и информация. – М.: Наука, 1986. – 190 с.
3. Капра Ф. Дао физики. – СПб.: Орис, 1994. – 302 с.
4. Кемп П., Армс К. Введение в биологию. – М.: Мир, 1986. – 671 с.
5. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. – М.: Наука, 1994. – 229 с.
6. Кузнецов В.И. – Общая химия Тенденции развития. – М., Высшая школа, 1989.

7. Медников Б.М. Биология: формы и уровни жизни. – М.: Просвещение, 1995.
8. Моисеев Н.Н. Идеи естествознания и общественные науки. – М.: ВЦ РАН, 1991. – 55 с.
9. Моисеев Н.Н. Человек и ноосфера. – М.: Молодая гвардия, 1990. – 351 с.
10. Небел Б. Наука об окружающей среде. Как устроен мир: Учебник. 2-ой том. – М.: Мир, 1993. – 328 с.
11. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного: Введение. – М.: Мир, 1990. 342 с.
12. Одум Ю. – Экология, т. 1. – М., Мир, 1986.
13. Пригожин И., Стенгерс И. Время, хаос и квант: К решению парадокса времени. – М.: Прогресс, 1994. – 265 с.
14. Резник С. Как устроен мир // Химия и жизнь. – 1993. – № 9. – С. 14-21.
15. Степин В.С., Кузнецова Л.Ф. Научная картина мира в культуре техногенной цивилизации. – М.: Институт философии РАН, 1994. – 274 с.
16. Фейнберг Е.Л. Две культуры. Интуиция и логика в искусстве и науке. – М.: Наука, 1992. – 255 с.
17. Хокинг С. От большого взрыва до черных дыр. Краткая история времени. – М.: Мир, 1990. – 166 с.
18. Чижевский А.Л. Космический пульс жизни. – М.: Мысль, 1995. -766 с.
19. Эфроимсон В.П. Гениальность и генетика. – М.: Русский мир, 1998. – 543 с.
20. Яблоков А.В., Юсуфов А.Г. Эволюционное учение.- М.: Высшая школа, 1981.
21. Conceptions of Modern Natural Sciences: References <http://www.dvgu.ru/ifit/~goy/Reference.htm>

#### Цели форума КСЕ.

1. Выявление новых тенденций в развитии науки
2. Определение соответствия новых знаний общепринятым
3. Определение влияния новых знаний на предметную область, в которой специализируется студент
4. Определение возможности использования новых знаний в предметной области, изучаемой студентом

# *Учебная программа*

## 1. Цели и задачи дисциплины «Концепции современного естествознания» (КСЕ) и ее место в учебном процессе

### *Цели и задачи изучения курса.*

Целью курса является раскрытие и освещение важнейших концепций современного естествознания, имеющих важное значение для формирования научного мировоззрения и общей культуры студентов.

Задачей изучения дисциплины «Концепции современного естествознания» является реализация требований, установленных в квалификационной характеристике, при подготовке специалистов экономических специальностей вузов.

В результате изучения дисциплины студент получает:

- представление о современной картине мира, парадигмах естествознания, полагаемых в ее основу в процессе истории своего развития;
- фундаментальных концепциях системного подхода, самоорганизации и эволюции, позволяющих с единых позиций объяснить гармоничность законов природы, обеспечивая взаимопонимание между гуманитарным и естественно-научным познанием.

## 2. Содержание дисциплины

Изучение дисциплины предусматривает проведение лекционных занятий и завершается сдачей зачета по курсу. Целесообразно написание и защита рефератов студентами по отдельным направлениям курса.

В лекциях излагается содержание тем программы на основе проблемного подхода с учетом требований, установленных для специалиста в квалификационной характеристике. Основное внимание уделяется наиболее сложным вопросам курса, слабо отраженным в учебной и учебно-методической литературе по дисциплине.

Наименование тем, их содержание и объем в часах лекционных занятий.

### **Введение.**

Задачи курса и порядок его изучения. Роль курса в формировании специалистов экономических специальностей согласно квалификационной характеристике специалиста.

### **Тема 1. Единство науки и научный метод.**

Научный метод. Единство всех форм знаний. Общность принципов и правил познания в естественных, технических, социальных и гуманитарных науках.

### **Тема 2. Естественнонаучный подход к изучению природы.**

Особенности, основания, недостатки естественнонаучного подхода.

Интервальные оценки. Вероятностное распределение измеряемых величин. Типовые (стандартные) законы распределения случайных величин. Линейные и нелинейные модели процессов. Телеологические методы познания. Метод понимания. Интерпретация. Предвидение (предсказание, прогноз). Логический вывод (умозаключение). Структура простейших умозаключений.

### **Тема 3. Дифференциация и интеграция знаний.**

Кумуляция знаний. Особенности дифференциации знаний (дисциплинарный подход). Интеграция знаний (интегративный подход). Новые научные направления). Приемы,

методы и общие принципы исследований, которые могут быть заимствованы из смежных наук. Роль системного метода.

**Тема 4. Механистическая картина мира.**

Основные законы (принципы) механики И.Ньютона.

Особенности описания механического движения. Характерные особенности механистической картины мира. Обратимость времени. Детерминированный процесс. Соотношение пространства, времени и движения. Концепция фатализма.

**Тема 5. Электромагнитная картина мира.**

Электромагнитная теория Максвелла. Свободные и связанные заряды. Магнитный поток. Макроток. Ток смещения. Циркуляция вектора напряженности. Макроскопичность теории. Поле. Микрополе. Макрополе. Принцип близкодействия. Различие вещества и поля. Степени свободы. Электромагнитная картина мира.

**Тема 6. Революция в естествознании XIX-XX вв.**

Открытия в области строения вещества и его взаимосвязи с энергией. Планетарная модель Э.Резерфорда и Н.Бора. Квант энергии, излучаемой или поглощаемой электроном при переходе с одной орбиты на другую. Явление квантово- волнового дуализма Луи де Бройля.

Принцип дополнительности Н.Бора. Принцип соответствия Н.Бора. Квантовая механика. Принцип неопределенностей В.Гейзенберга. «Волновая функция». Неопределенность измеряемых параметров состояния систем. Причины неопределенности. Концепция случайности.

**Тема 7. Концепция относительности пространства и времени.**

Механический принцип относительности Галилея. Инерциальные системы. Обособленность пространства и времени в классической механике. Специальная теория относительности. Принцип относительности А.Эйнштейна. Преобразования Лоренца. Предельный переход преобразований в преобразования Галилея. Релятивистская механика. Условия инвариантности отрезков длин, интервалов времени, массы и энергии.

**Тема 8. Концепция необратимости и термодинамика.**

Законы термодинамики. Классификация термодинамических систем. Понятие закрытой, открытой и замкнутой системы (примеры). Концепция «тепловой смерти». Энтропия. Связь энтропии с термодинамической вероятностью состояния системы. Энтропия как мера упорядоченности системы. «Стрела времени». Особенности термодинамических процессов в открытых системах.

**Тема 9. Концепция синергетики.**

Процессы самоорганизации, происходящие в лазере (в переводе с древнегреческого означает совместное действие или взаимодействие ). Условия осуществимости процессов самоорганизации в системе. Точка термодинамического равновесия системы. Принцип образования нового порядка через флуктуации. Роль обратных связей в системе. Особенности математических моделей, описывающих открытые системы и процессы самоорганизации.

**Тема 10. Концепция атомизма.**

Редукционизм. Опыты Э.Резерфорда и Ф.Содди, доказывающие, что атом не является неделимым. Поиск первичных фундаментальных частиц. Открытие электрона, протона, фотона, нейтрона, позитрона, античастиц. Семейства элементарных частиц. Особенности элементарных частиц. Характер взаимодействия между элементарными частицами. Аннигиляция. Группы элементарных частиц. Групповые и индивидуальные характеристики элементарных частиц. Кварки. Антикварки. Античастицы. Системный подход в познании фундаментальных свойств материи.

**Тема 11. Концепции биологических систем.**

Отличие молекулярной структуры живых систем от неживых. Передача наследственной информации. Генная инженерия. Концепции жизнедеятельности (механистические и редукционистские). Структура и уровни организации живых систем. Популяции, биоценоз, биогеоценоз, биосфера. Эволюция представлений о биосфере. Концепция биосферы В.И.Вернадского. Классификация веществ (по В.И.Вернадскому). Особенности живого вещества. Абиогенные гипотезы о происхождении жизни на Земле. Принцип Реди. Ноосфера.

**Тема 12. Уровни познания вещества и химические системы.**

Великие химики и их открытия (Бутлеров А.М., Менделеев Д.И., Вант Гофф Я.Х.). Закон постоянства состава Дальтона. Химическое соединение. Ферменты. Соединение постоянного и переменного состава. Катализ. Структурная формула. Эволюция понятия химическая структура.

**Тема 13. Концепции экологии.**

Экосистемный подход: структура, взаимодействие между частями и целым. Взаимодействие экосистем с окружающей средой. Обмен веществом, энергией, информацией. Принцип обратной связи. Принцип избыточности. Виды устойчивости экосистем. Классификация экосистем. Глобальные проблемы человечества. Римский клуб в решении экологических проблем. Модель современного общества Медоуза (факторы, результаты).

**Тема 14. Концепции космологии.**

Понятие системы. Компоненты системы: элементы, подсистемы. Структура системы. Принцип эмерджентности. Классификация систем. Статические и динамические системы. Детерминистские и стохастические системы. Открытые, закрытые, изолированные, частично открытые системы. Целенаправленные системы.

**2.2. Сетка часов**

№ п/п	Наименование темы	Лекции (час.)
1	Введение.	0,25
2	Единство науки и научный метод.	0,25
3	Естественнонаучный подход к изучению природы	2
4	Дифференциация и интеграция знаний Системный метод познания	0,25
5	Механистическая картина мира.	2
6	Электромагнитная картина мира.	1,25
7	Революция в естествознании XIX–XX вв.	1
8	Концепция относительности пространства и времени.	2
9	Концепция необратимости и термодинамика.	1
10	Концепции синергетики	0,5
11	Концепция атомизма	1
12	Концепции биологических систем	1
13	Концепции экологии	2
14	Концепции познания вещества и химических систем	0,5
15	Концепции космологии.	1
	Всего:	16,00

**Учебно-методические материалы по курсу**

**Основная литература**

- 1) Алексеев С.И. Методические указания по курсу «**Концепции современного естествознания**». – М.: издательство МЭСИ, 2000. – 54 с.
- 2) Алексеев С.И. Руководство по изучению дисциплины «**Концепции современного естествознания**». – М.: МЭСИ, 2001, 2002. – 34 с.
- 3) Алексеев С.И. **Концепции современного естествознания**. Уч. пособие. – М., МЭСИ, 2001, 2002. – 53 с.
- 4) Алексеев С.И. Практикум по курсу «**Концепции современного естествознания**». - М., МЭСИ, 2002. – 15 с.
- 5) Алексеев С.И., Юрина Н.М. **Концепции современного естествознания**: Учеб. пособие. – М.: издательство МЭСИ, 2004. – 86 с.
- 3) Щенникова Л.С., Щенников А.А. «**Концепции современного естествознания**»: Учебно-практическое пособие / Московский государственный университет экономики, статистики и информатики. – М.: МЭСИ, 1999. – 84 с.
- 4) <http://nrc.edu.ru/est/pos/index.html> Учебное пособие по **концепциям современного естествознания**.
- 5) <http://nrc.edu.ru/est/> Систематическое изложение учебного материала по концепциям современного естествознания: методология науки, картина мира современной физики, эволюция Вселенной, биологическая картина мира.
- 6) Карпенков С.Х. **Основные концепции естествознания**. – М.: Культура и спорт, ЮНИТИ, 1998. – 208 с.

- 7) Кузнецов В.И., Идлис Г.М., Гутина В.Н. – Естествознание. – М.: Агар, 1996.
- 8) Рузавин Г.И. – Методы научного исследования. – М.: Мысль, 1974.
- 9) Рузавин Г.И. – **Концепции современного естествознания.** – М.: Культура и спорт, ЮНИТИ, 1997.
- 10) Хакен Г. Синергетика. – М.: Мир, 1980.- 404 с.
- 11) Шредингер Э. Что такое жизнь? С точки зрения физики. – М.: Атомиздат, 1972.

### Дополнительная литература

1. Вернадский В.И. Живое вещество и биосфера. – М.: Наука, 1994. – 669 с.
2. Волькенштейн М.В. Энтропия и информация. – М.: Наука, 1986. – 190 с.
3. Капра Ф. Дао физики. – СПб.: Орис, 1994. – 302 с.
4. Кемп П., Армс К. Введение в биологию. – М.: Мир, 1986. – 671 с.
5. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем.- М.: Наука, 1994. – 229 с.
6. Кузнецов В.И. – Общая химия Тенденции развития. – М., Высшая школа, 1989 .
7. Медников Б.М. Биология: формы и уровни жизни. – М.: Просвещение, 1995.
8. Моисеев Н.Н. Идеи естествознания и общественные науки. – М.: ВЦ РАН, 1991. – 55 с.
9. Моисеев Н.Н. Человек и ноосфера. – М.: Молодая гвардия, 1990. – 351 с.
10. Небел Б. Наука об окружающей среде. Как устроен мир: Учебник. 2-ой том. – М.: Мир, 1993. – 328 с.
11. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного: Введение. – М.: Мир, 1990 342 с.
12. Одум Ю. – Экология. т. 1- М., Мир, 1986.
13. Пригожин И., Стенгерс И. Время, хаос и квант: К решению парадокса времени. – М.: Прогресс, 1994. – 265 с.
14. Резник С. Как устроен мир // Химия и жизнь. – 1993. – № 9. – с. 14-21.
15. Степин В.С., Кузнецова Л.Ф. Научная картина мира в культуре техногенной цивилизации. – М.: Институт философии РАН, 1994. – 274 с.
16. Фейнберг Е.Л. Две культуры. Интуиция и логика в искусстве и науке. – М.: Наука, 1992. – 255 с.
17. Хокинг С. От большого взрыва до черных дыр. Краткая история времени. – М.: Мир, 1990. – 166 с.
18. Чижевский А.Л. Космический пульс жизни. – М.: Мысль, 1995. – 766 с.
19. Эфроимсон В.П. Гениальность и генетика. – М.: Русский мир, 1998. – 543 с.
20. Яблоков А.В., Юсуфов А.Г. Эволюционное учение. – М.: Высшая школа, 1981.
21. Conceptions of Modern Natural Sciences: References <http://www.dvgu.ru/ifu/~goy/Reference.htm>

Учебная программа курса «**Концепции современного естествознания**» создана доцентом кафедры «Естествознания, физики и электроники» МЭСИ Алексеевым С.И. и используется им для проведения занятий.