

МИНИСТЕРСТВО И НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВЛАДИМИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА ФИЗИКИ И ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО КУРСУ «КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ»**

Составитель:
Хмельницкая Е.В.

Владимир 2018

Рецензент

Доктор биологических наук, профессор кафедры биологии и экологии

Владимирского государственного университета

Мищенко Наталья Владимировна

Методические указания по курсу «Концепции современного естествознания» / сост. Е.В. Хмельницкая ; Владим. гос. ун-т. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2018. – 84 с.

Предметом данного курса являются основные концепции современного естествознания, упор делается на наиболее фундаментальные, общие закономерности в природе, которые единой нитью проходят не только через естественнонаучное знание, но и через гуманитарную культуру.

Настоящие указания подготовлены на кафедре физики и прикладной математики и предназначены для студентов, специализирующихся в областях, не требующих углубленного изучения естественнонаучных дисциплин: экономических, юридических, гуманитарных факультетов университетов и педагогических вузов.

Библиогр. : 6 назв.

УДК 378.1

ББК 74.58

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	5
Содержание курса	7
1. Система наук.....	9
1.1. Естественные и гуманитарные науки	9
1.2. Естествознание и религия	9
1.3. Естествознание и философия	10
1.4. Место математики среди естественных наук	11
2. Научная картина мира.....	12
2.1. Структура естественнонаучных знаний	12
2.2. Принцип детерминизма.....	12
2.3. Приближенный характер естественнонаучных знаний	13
2.4. Механистический и системный подходы в естествознании	13
3. История естествознания. Научные революции	14
3.1. История естествознания.....	14
3.2. Естественнонаучные революции.....	14
4. Основы методологии науки	20
4.1. Понятие методологии и метода.....	20
4.2. Методы научного познания	22
4.2.1. Общенаучные методы.....	22
4.2.2. Методы эмпирического и теоретического познания.....	25
4.3. Формы научного знания.....	27
4.4. Критерии истинности научного знания.....	30
Контрольные вопросы	30
5. Формирование физических концепций.....	32
5.1. Принцип инерции и принцип относительности Галилея	33
5.2. Законы механики Ньютона	34
5.3. Взаимодействия. Концепция поля	35
5.4. Законы сохранения	36
5.5. Теория относительности Эйнштейна.....	37

5.6. Космологические модели.....	40
5.7. Современные космологические концепции. Теория Большого Взрыва.....	41
Контрольные вопросы.....	43
6. Динамические и статистические закономерности в природе.....	44
6.1. Основные положения молекулярно-кинетических представлений...	44
6.2. I закон термодинамики.....	46
6.3. II закон термодинамики.....	47
6.4. Энтропия.....	48
7. Самоорганизация в живой и неживой природе.....	51
7.1. Энтропия и жизнь.....	51
7.2. Самоорганизация в природе.....	54
Контрольные вопросы.....	56
8. Строение вещества.....	57
8.1. Строение ядра атома.....	57
8.2. Ядерные реакции.....	58
8.3. Четыре фундаментальных взаимодействия.....	60
9. Развитие основных концепций химии.....	62
Контрольные вопросы.....	64
10. Основные принципы организации живых систем.....	66
10.1. Признаки живых систем.....	66
10.2. Краткий исторический очерк проблемы жизни.....	71
10.2.1. Механицизм.....	71
10.2.2. Витализм.....	72
10.3. Элементарный состав живых организмов.....	74
10.4. Химическая основа жизни.....	74
10.5. Структурная организация живых систем.....	75
Контрольные вопросы.....	77
Словарь терминов.....	78
Список литературы.....	84

ПРЕДИСЛОВИЕ

Курс «Концепции современного естествознания» предусмотрен для студентов, специализирующихся в областях, не требующих углубленного изучения естественнонаучных дисциплин: экономических, юридических, гуманитарных факультетов университетов и педагогических вузов. Содержание и объем дисциплин для тех или иных направлений и специальностей определяется Государственным образовательным стандартом и учебным планом.

Предметом данного курса являются основные концепции современного естествознания, упор делается на наиболее фундаментальные, общие закономерности в природе, которые единой нитью проходят не только через естественнонаучное знание, но и через гуманитарную культуру.

Цель курса – показать и обосновать целостность современного знания о природе. Данная цель должна способствовать гармоничному развитию молодых специалистов и знакомить их с методологией естественнонаучного поиска. Одной из главных целей курса является формирование у студента устойчивой мировоззренческой концепции, основанной на достижениях естественнонаучных дисциплин.

Задачи курса – раскрыть содержание, историю становления и логику основных концепций современного естествознания.

Квалификационные требования: студент должен знать основные этапы развития естествознания; видеть связи между основными разделами естествознания; фундаментальные закономерности, лежащие в основе окружающего нас мира, характеризующие его как единое целое; структурное устройство мира, принципы системности и самоорганизации. Он должен уметь анализировать взаимосвязь и детерминированность периодических процессов в системах различного уровня, рассматривать процессы и явления с точки зрения системного подхода.

Исходя из современных достижений естественных наук, нашу планету и окружающее ее пространство необходимо рассматривать как совокупность сложных динамических систем (климатическую,

биологическую, геологическую, космическую, социальную), объединенных нелинейными связями. Природу, человеческое общество, научную мысль следует рассматривать в их нерасторжимой целостности. Возникает необходимость обобщения знаний об эволюции нашей планеты как единого космического, геологического, биогенного и антропогенного процесса. Выявляется роль науки как важнейшей силы преобразования и эволюции в настоящем и будущем планеты.

В основе мировоззрения человека лежат его представления о картине мира. Как устроена Вселенная, какие законы лежат в основе ее динамики, существовала ли она вечно, или имела начало, как и когда во Вселенной зарождается жизнь, в чем смысл жизни, какое место во Вселенной занимает человек? В зависимости от ответа на подобные вопросы человек строит свое поведение и отношение к миру.

Курс «Концепции современного естествознания» призван сформировать целостное представление о мире, опирающееся на достижения современной науки, необходимое для любого образованного человека.

СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

1. Введение. Система наук. Науки естественные, общественные, гуманитарные, технические. Научная картина мира. Естествознание и мировоззрение. КСЕ как учебная дисциплина. Структура курса. Научный метод. Классификация методов научного познания.

2. История естествознания. Натурфилософия. Научные революции. Геоцентрическая и гелиоцентрическая системы (картины) мира, механистическая картина мира, диалектизация естествознания.

3. Основные понятия современной физики. Относительность: пространство и время, принципы относительности и симметрии, законы сохранения, необратимость времени. Структура материи и системы: взаимодействия, близкодействие, дальноедействие. Принципы суперпозиции, неопределенности, дополненности. Динамические и статистические закономерности в природе. Самоорганизация в живой и неживой природе. Закон сохранения энергии. Принцип возрастания энтропии. Синергетика. Рождение порядка и хаоса. Синергетическое видение эволюции Вселенной.

4. Основные понятия и представления химии. Химия в системе общество–природа. Основные законы химии. Атомно-молекулярная и электронная теории. Химическое соединение. Реакционная способность вещества. Химическая технология.

5. Внутреннее строение и история геологического развития земли. Современные концепции развития геосферных оболочек. Литосфера как абиотическая основа жизни. Экологические функции литосферы. Географическая оболочка Земли.

6. Возникновение и эволюция жизни. Теории возникновения жизни. Теории эволюции. Аргументы эволюционистов и креационистов. Особенности биологического уровня организации материи. Принципы эволюции, воспроизводства и развития живых систем. Многообразие живых организмов – основа организации и устойчивости биосферы. Генетика и эволюция.

7. Человек. Физиология. Системный подход. Биоэтика и поведение человека. Эмоции и творчество. Здоровье и работоспособность. Человек и биосфера. Концепция ноосферы. Цикличность эволюции. Человек как космическое существо.

1. СИСТЕМА НАУК

1.1. Естественные и гуманитарные науки

Наука занимается изучением объективно существующих (т.е. существующих независимо от чьего-либо сознания) явлений природы. Все научные дисциплины условно разделены на две основные группы: естественнонаучные (занимаются изучением объектов и явлений, не являющиеся продуктом деятельности человека или человечества) и гуманитарные (изучают явления и объекты, возникшие как результат деятельности человека).

Любая наука ставит перед собой целью раскрытие механизмов явлений, законов, по которым строится реальность. Это позволяет прогнозировать результаты протекания процессов, использовать их в своих целях. Объектами изучения гуманитарных наук (история, социология, лингвистика, экономика, правоведение и т.п.) является человек и отношения между людьми. Поэтому изучаемые ими законы несут на себе отпечаток субъективности, что часто вызывает массу споров об их справедливости. Предметом изучения естественных наук (физика, астрономия, космология, космогония, химия, биология, география и т.п.) является природа. Формулировки законов природы не допускают субъективности, хотя полностью избежать этого не удается.

1.2. Естествознание и религия

Изначально наука и религия были неразделимы и представляли собой единый метод познания мира. Практически все первые ученые (Коперник, Галилей, Ньютон) были глубоко верующими людьми. По мере совершенствования научного метода познания все более четко оформляется расхождение между научным и религиозным миропониманием.

В мышлении человека можно выделить две составляющие: рассудок и интуицию. Наука абсолютизировала рассудочный, то есть формально-

логический метод познания мира, позволяющий успешно вскрывать детали и механизмы явлений, однако упускающий из вида целостность и органичность мира. Поэтому наука тяготеет к тому, чтобы представить мир как саморазвивающийся механизм, в котором господствуют «слепые» законы природы. Религия последовательно развивала интуитивно-созерцательный метод познания, позволяющий почувствовать целесообразность мироустройства, наличие в нем разумной составляющей, однако плохо отражающий детали явлений. Противопоставление двух методов познания достигло состояния антагонизма в XIX - XX веках.

В настоящее время в рамках системного подхода наметилась тенденция к формированию новой концепции миропонимания (новой научной парадигмы), позволяющей совместить в себе достижения обоих методов познания.

1.3. Естествознание и философия

Философия (гр. любовь к мудрости) считается матерью всех наук. Естествознание выделилось из философии сначала как натурфилософия (философия природы), которая впоследствии дала начало конкретным естественнонаучным дисциплинам. Современная философия пытается сформулировать наиболее общие законы природы, лежащие в основе мироздания. Естественные науки рассматривают более узкий и более конкретный круг вопросов.

Современная научно-техническая революция породила проблему: огромное количество узких научных направлений создало множество специальных языков, на которых способно разговаривать только незначительное количество представителей данной научной дисциплины. Цель философии состоит в том, чтобы на основе достижений отдельных наук построить обобщенную картину мира. В этом смысле курс «Концепции современного естествознания» несет в себе философский оттенок. Однако он более конкретен, более приближен к языку естествознания, чем философия, которая разговаривает на более абстрактном языке.

1.4. Место математики среди естественных наук

Без математики сегодня не обходится ни одна естественная наука. Сама математика не является естественной наукой в полном смысле этого понятия, поскольку не занимается изучением каких-либо объектов или явлений реального мира. В основе математики лежат аксиомы, придуманные человеком. Для математики не имеет решающего значения вопрос, справедливы ли эти аксиомы? Так, в настоящее время благополучно сосуществует несколько геометрий, основанных на несовместных друг с другом системах аксиом. Для математики важна лишь логическая строгость выводов, делаемых на основе аксиом и предшествующих теорем. В этом главное отличие математики от естествознания, для которого важно, соответствует ли теоретическое построение реальности. При этом в качестве критерия истинности естественнонаучных знаний выступает эксперимент, в ходе которого осуществляется проверка теоретических выводов.

В ходе изучения свойств реальных объектов часто оказывается так, что они приближенно соответствуют аксиоматике того или иного раздела математики. Это позволяет использовать математический аппарат в качестве инструмента для анализа свойств реальных объектов. Формальный характер математических зависимостей позволяет перенести их на объекты самой различной природы. Так, например, одними и теми же по форме дифференциальными уравнениями описываются переходные процессы как в технических, так и в экологических и даже в социальных системах. Таким образом, математика оказывается одним из общих языков, на котором могут разговаривать представители разных ветвей естествознания.

Опыт развития современного естествознания показывает, что на определенном этапе развития естественнонаучных дисциплин неизбежно происходит их математизация, результатом которой является создание логически стройных формализованных теорий и дальнейшее ускоренное развитие дисциплины.

2. НАУЧНАЯ КАРТИНА МИРА

2.1. Структура естественнонаучных знаний

Окружающие нас объекты природы имеют внутреннюю структуру, т.е. в свою очередь сами состоят из других объектов. При этом возникают различные по сложности уровни организации материи: космический, планетарный, геологический, биологический, химический, физический. Соответственно возникло деление естественнонаучных знаний на отдельные дисциплины, примерно соответствующие вышеперечисленным уровням организации материи: астрономию, экологию, геологию, биологию, химию и физику. Специалисты, работающие на своем уровне, опираются на знания смежных наук, находящихся ниже по иерархической лестнице. В то же время при изучении “элементарных” объектов весьма полезны знания об их поведении в сложных системах, где при взаимодействиях с другими элементами проявляются свойства изучаемых. Поэтому все науки связаны друг с другом.

2.2. Принцип детерминизма

Краеугольным камнем современного естествознания является принцип детерминизма (определенности), состоящий в убежденности, что все явления взаимообуславливают друг друга, выступая по отношению друг к другу в роли причин и следствий. Другими словами, миром правят объективные законы, которым подчиняются все объекты этого мира. Это значит, что, зная эти законы и исходные условия, можно прогнозировать ход протекания природных процессов. Правда, в отличие от науки, скажем, девятнадцатого века, уверенной в возможности точного и однозначного прогнозирования будущего, современный детерминизм является вероятностным. То есть считается, что точное прогнозирование будущего невозможно, зато можно рассчитать вероятность свершения того или иного события. Реальные явления, повторяясь во множестве, подтверждают наши вероятностные прогнозы.

2.3. Приближенный характер естественнонаучных знаний

Окружающий нас мир очень сложный. Любое явление природы связано со всеми остальными явлениями Вселенной бесконечным количеством связей. Исчерпывающее описание такого явления оказывается невозможным. Поэтому на практике исследование явления сознательно упрощается путем замены данного явления моделью, учитывающей только самые важные элементы и процессы, что позволяет выявить основные механизмы явлений природы. Однако мы заранее вносим в наши знания элемент огрубления. Кроме того, элемент неопределенности присутствует в самих законах природы (например, квантовая неопределенность). Накапливаясь со временем, теоретические упрощения могут привести процесс познания к ошибкам.

В настоящее время за пределами естественнонаучного понимания оказывается природа некоторых феноменов, таких как жизнь, сознание, целесообразность мироустройства и т.п.

2.4. Механистический и системный подходы в естествознании

Изначальная ориентация естествознания на раскрытие механизмов явлений природы, успехи, достигнутые на этом пути в классический период развития, породили в естествознании иллюзию того, что весь мир подобен исключительно сложному механизму, состояние которого можно описать однозначно и математически точно. В конце XIX века естествознание перетерпело коренную ломку, в ходе которой оно утратило былую точность и непротиворечивость. Оказалось, что значительный класс явлений может быть описан только методами теории вероятностей. Природа оказалась противоречивой. Лишь с середины XX века в науке наметилась тенденция к преодолению кризиса непонимания сути явлений природы, что к настоящему времени оформилось в так называемый системный подход, который призван трансформировать научный метод познания под идею признания противоречивости мира.

3. ИСТОРИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ. НАУЧНЫЕ РЕВОЛЮЦИИ

3.1. История естествознания

В истории естествознания можно выделить ряд этапов.

Естествознание древнего мира. Деления на дисциплины не существовало, создаваемые концепции носили мировоззренческий характер. Эксперимент не являлся решающим критерием истинности. Верные наблюдения и гениальные догадки сосуществовали с умозрительными и часто ошибочными построениями.

Классический период. Берет свое начало с экспериментальных работ Галилея (XVIII век) и длится до начала нашего столетия. Характеризуется четким разделением наук. Эксперимент рассматривается не только как критерий истинности, но и как основной инструмент познания.

Современное естествознание. Характеризуется лавинообразным накоплением нового фактического материала и возникновением множества новых дисциплин на стыках традиционных. Резкое удорожание науки, особенно экспериментальной. Возрастание роли теоретических исследований. Роль эксперимента как критерия истинности знания сохраняется, но признается, что само понятие истинности не имеет абсолютного характера: утверждения, истинные при определенных условиях, при выходе за границы, в рамках которых проводился эксперимент, могут оказаться приближенными и даже ложными.

3.2. Естественнонаучные революции

Революции в естествознании – одна из самых актуальных философских проблем. Задача исследования этой проблемы состоит в реконструкции истории науки, выявление роли и механизмов революционных фаз в научном прогрессе. Понимание этих механизмов позволяет прогнозировать возможные пути революционных научных преобразований и, тем самым, содействовать нахождению обоснованных

стратегий научного поиска, выбору наиболее эффективных средств и методов исследования, более объективному подходу к оценке принципиально новых результатов, получаемых при революционных переворотах в естествознании или отдельных его областях.

Что же представляет собой естественнонаучная революция? Обычно выделяют ее три основные черты:

- крушение и отбрасывание неверных идей, ранее господствовавших в науке;

- быстрое расширение наших знаний о природе, вступление в новые ее области, ранее недоступные для познания; важную роль играет создание новых инструментов и приборов;

- естественнонаучную революцию вызывает не само по себе открытие новых фактов, а радикально новые теоретические следствия из них; другими словами, революция совершается в сфере теорий, понятий, принципов, законов науки, формулировки которых подвергаются коренной ломке.

Для того, чтобы вызвать революцию в науке, новое открытие должно носить принципиальный, методологический характер, вызывая коренную ломку самого метода исследования, подходу и истолкованию явлений природы.

Научно-познавательная деятельность складывается из нескольких составляющих – компонентов. Это субъект познания, объекты познания, средства, методы, познавательные действия и развивающаяся система знаний. Началом естественнонаучной революции могут послужить достаточно радикальные изменения в любом из компонентов, например, открытие неизвестных ранее классов природных объектов, появление принципиально новых методов и средств исследования.

Чаще всего, революции в естествознании начинаются с появления глубоких противоречий и парадоксов в сложившейся системе знания. Так, например, начало революционным преобразованиям современного естествознания положила революция в физике первой трети 20-го века. Ей же в свою очередь предшествовала полоса, когда сами физики весьма пессимистически оценивали перспективы развития своей науки. В то время часто говорилось о «кризисе», «упадке», «расшатывании»

механистического миропонимания, и многие физики говорили о необходимости его «реформы».

Проблема естественнонаучных революций разрабатывалась западными (Т. Кун, Лакатош, К. Поппер) и отечественными философами и естествоиспытателями (Б.М. Кедров, В.В. Казютинский, А.Д. Урсул, В.А. Амбарцумян и др.). Т. Кун ввел понятие «парадигмы» (гр. *paradeigma* пример, образец) – теория (модель, тип постановки проблемы), принятая в качестве образца решения исследовательских задач. Т.е. это определенное «видение мира», в соответствии с которым осуществляется научная деятельность. Естественнонаучную революцию можно, таким образом, связать со сменой парадигмы.

Среди естественнонаучных революций можно выделить следующие типы:

– глобальные, охватывающие все естествознание и вызывающие появление не только принципиально новых представлений о мире, нового видения мира, но и нового логического строя науки, нового способа или стиля мышления;

– локальные – в отдельных фундаментальных науках, т.е. коренные изменения в этих науках, которые приводят к преобразованию их основ, но не вызывают перестройки всего естественнонаучного знания, а связаны с распространением на данную науку способа мышления, созданного в ходе глобальной революции. Можно отметить, что в действительности многие локальные революции приводили к формированию в данной науке существенных элементов нового стиля до того, как они утверждались во всем естествознании, примером служит революция в биологии, связанная с именем Ч. Дарвина;

Естественнонаучные революции имеют важную черту. Новые теории, получившие свое обоснование в ходе естественнонаучной революции не опровергают прежние, если их справедливость была достаточно обоснована. В этих случаях действует так называемый принцип соответствия: старые теории сохраняют свое значение как предельный и в известном смысле частный случай новых, более общих и точных. Так, классическая механика Ньютона является предельным, частным случаем

теории относительности, теория Дарвина не опровергается современной теорией эволюции, но дополняет и развивает ее и т.п.

Особую роль среди естественных наук играет космология – физическое учение о Вселенной как едином целом, включающее в себя теорию всей охваченной астрономическими наблюдениями области как части Вселенной. Космология связана практически со всеми естественными науками, на всех этапах своего развития она отражала эволюцию представлений человечества о мире в целом. Становление новой космологической картины мира затрагивало всегда как естественнонаучную, так и гуманитарную области. Оно всегда порождало конфликты между людьми разных убеждений. И Галилей, и представитель инквизиции считали, что именно они защищают высшие духовные ценности. И в настоящее время проходят острые дискуссии по методологическим вопросам космологии. Так, теория Большого Взрыва – начала Вселенной некоторыми учеными и частью общества была воспринята как аргумент в пользу ее «творения» Богом, в то же время другие представители креационизма (лат. creatio созидание), отвергают эту теорию как любую эволюционную теорию, на том основании, что она не совпадает с тем, что говорится в Библии. С космологией тесно связана астрономия – наука о строении Вселенной, природе и развитии космических тел, корни которой также уходят в древний мир. Все это позволяет рассматривать естественнонаучные революции именно как смену космологических и астрономических представлений.

Современная космология основана на идее эволюционизма, общей для всего материального мира, как для живой, так и для неживой материи, а также для мира социального, т.е. для общества, цивилизации. Поэтому она называется идеей глобального эволюционизма.

Первой глобальной естественнонаучной революцией, преобразовавшей астрономию, космологию и физику, было создание последовательного учения о геоцентрической системе мира. Начало этому учению положил еще древнегреческий ученый Анаксимандр, создавший в 6-м в. до н.э. довольно стройную систему кольцевых мироустройств. Однако последовательная геоцентрическая система была разработана в 4-м в. до н.э. величайшим ученым и философом древности Аристотелем, а

затем, в 1-м в. математически обоснована Птолемеем. Геоцентрическую систему мира обычно называют системой Птолемея, а естественнонаучную революцию – аристотелевской.

Переход от исходного эгоцентризма, а затем племенного или этнического топоцентризма к геоцентризму представлял собой первый, очень трудный шаг на пути объективизации естествознания, т.е. формирование его как объективной науки. Действительно, при этом непосредственная видимая полусфера неба, ограниченная горизонтом, была дополнена аналогичной небесной полусферой до полной небесной сферы. Мир стал более совершенным – сферическим, правда, ограниченным этой же небесной сферой. Соответственно и сама Земля, занимающая центральное положение в этой сферической Вселенной, стала считаться шарообразной. Пришлось, таким образом, признать не только возможность существования антиподов – обитателей диаметрально противоположных пунктов земного шара, но и принципиальную равноправность всех земных наблюдений мира.

Интересно, что непосредственное подтверждение выводов о шарообразности Земли пришло значительно позже – в эпоху первых кругосветных путешествий и великих географических открытий, т.е. лишь на рубеже 15-го и 16-го веков, когда само геоцентрическое учение Аристотеля-Птолемея с его канонической системой идеальных равномерно вращающихся гомоцентрических (т.е. с единым центром) небесных сфер уже доживало свои последние годы.

Вторая глобальная естественнонаучная революция представляла собой переход от геоцентризма к гелиоцентризму, а от него к полицентризму, т.е. учению о множественности звездных миров. Это был переход от частного учения о непосредственно наблюдаемой солнечной планетной системе к общему учению о потенциально бесконечном иерархическом звездном мире, с действующим в нем законом всемирного тяготения Ньютона. Эта революция произошла в эпоху Возрождения, на рубеже 15-16-го веков и связывается, прежде всего, с именем Николая Коперника (1473-1543) и его главного труда «Об обращении небесных сфер», в котором он утверждал, что Земля не является центром мироздания, и что «Солнце, как бы восседая на царском престоле, управляет вращающимся около него

семейством светил». Еще дальше Коперника пошел знаменитый итальянский мыслитель Дж. Бруно (1548-1600), утверждая, что Вселенная бесконечна, что в ней – множество небесных тел – звезд, подобных Солнцу и окруженных планетами. Тем самым он отстаивал полицентризм, ведущий, в конечном итоге, к отрицанию центра Вселенной и признанию ее бесконечности.

После эпохи Возрождения начинается эпоха Нового времени, охватывающая три столетия – 17, 18 и 19 вв. Особую роль в этом периоде сыграл 18-й век, ознаменовавшийся рождением современной науки и, в частности, классической механики. У истоков ее стояли такие выдающиеся ученые как Г. Галилей (1564-1642), И. Кеплер (1571-1630) и И. Ньютон (1643-1727).

Третья глобальная естественнонаучная революция означала принципиальный отказ от всякого центризма, отрицание наличия какого-либо центра у Вселенной. Эта революция связана, прежде всего, с появлением теории относительности А. Эйнштейна, т.е. релятивистской (относительной) теорией пространства, времени и гравитации. Метагалактика, т.е. вся наша астрономическая наблюдаемая Вселенная как целое, стала описываться однородной и изотропной безграничной релятивистской космологической моделью.

4. ОСНОВЫ МЕТОДОЛОГИИ НАУКИ

4.1. Понятие методологии и метода

Методология – это учение о структуре, логической организации, методах и средствах деятельности.

Методология естествознания – учение о принципах построения, формах и способах естественнонаучного познания. Так, например, методологическое значение имеют в естествознании законы сохранения. При любых исследованиях, теоретических построениях они должны обязательно учитываться.

Метод – это совокупность приемов или операций практической или теоретической деятельности. Метод можно также охарактеризовать как форму теоретического и практического освоения действительности, исходящего из закономерностей поведения изучаемого объекта.

Методы научного познания включают так называемые всеобщие методы, т.е. общечеловеческие приемы мышления, общенаучные методы и методы конкретных наук. Методы могут быть классифицированы и по соотношению эмпирического знания (т.е. знания полученного в результате опыта, опытного знания) и знания теоретического, суть которого – познание сущности явлений, их внутренних связей. Классификация методов научного познания представлена на рис. 1.

Следует иметь в виду, что каждая отрасль естествознания наряду с общенаучными применяет свои конкретно-научные, специальные методы, обусловленные сущностью объекта исследования. Однако зачастую методы, характерные для какой-либо конкретной науки применяются и в других науках. Это происходит потому, что объекты исследования этих наук подчиняются также и законам данной науки. Например, физические и химические методы исследования применяются в биологии на том основании, что объекты биологического исследования включают в себя в том или ином виде физические и химические формы движения материи и, следовательно, подчиняются физическим и химическим законам.



Рис.1

Всеобщих методов в истории познания два: диалектический и метафизический. Это общефилософские методы.

Диалектический метод – это метод познания действительности в ее противоречивости, целостности и развитии.

Метафизический метод – метод, противоположный диалектическому, рассматривающий явления вне их взаимной связи и развития.

С середины 19-го века метафизический метод все больше вытеснялся из естествознания диалектическим методом.

4.2. Методы научного познания

4.2.1. Общенаучные методы

Соотношение общенаучных методов также можно представить в виде схемы (рис.2).

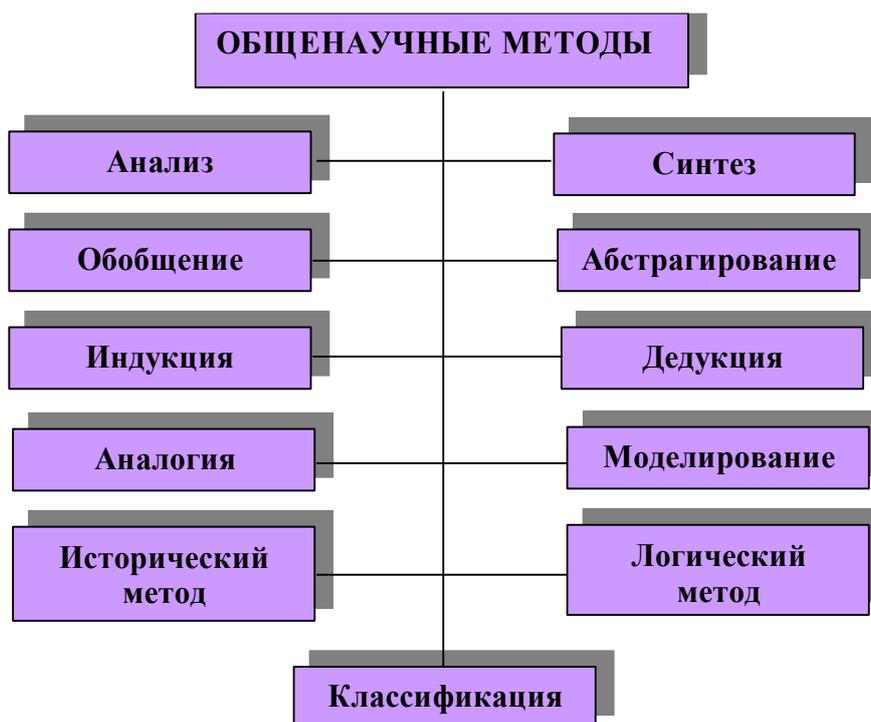


Рис.2

Анализ – мысленное или реальное разложение объекта на составляющие его части.

Синтез – объединение познанных в результате анализа элементов в единое целое.

Обобщение – процесс мысленного перехода от единичного к общему, от менее общего, к более общему, например: переход от суждения «этот металл проводит электричество» к суждению «все металлы проводят электричество», от суждения: «механическая форма энергии превращается в тепловую» к суждению «всякая форма энергии превращается в тепловую».

Абстрагирование (идеализация) – мысленное внесение определенных изменений в изучаемый объект в соответствии с целями исследования. В результате идеализации из рассмотрения могут быть исключены некоторые свойства, признаки объектов, которые не являются существенными для данного исследования. Пример такой идеализации в механике – материальная точка, т.е. точка, обладающая массой, но лишенная всяких размеров. Таким же абстрактным (идеальным) объектом является абсолютно твердое тело.

Индукция – процесс выведения общего положения из наблюдения ряда частных единичных фактов, т.е. познание от частного к общему. На практике чаще всего применяется неполная индукция, которая предполагает вывод о всех объектах множества на основании познания лишь части объектов. Неполная индукция, основанная на экспериментальных исследованиях и включающая теоретическое обоснование называется научной индукцией. Выводы такой индукции часто носят вероятностный характер. Это рискованный, но творческий метод. При строгой постановке эксперимента, логической последовательности и строгости выводов она способна давать достоверное заключение. По словам известного французского физика Луи де Бройля, научная индукция является истинным источником действительно научного прогресса.

Дедукция – процесс аналитического рассуждения от общего к частному или менее общему. Она тесно связана с обобщением. Если исходные общие положения являются установленной научной истиной, то методом дедукции всегда будет получен истинный вывод. Особенно большое значение дедуктивный метод имеет в математике. Математики оперируют математическими абстракциями и строят свои рассуждения на общих положениях. Эти общие положения применяются к решению частных, конкретных задач.

В истории естествознания были попытки абсолютизировать значение в науке индуктивного метода (Ф. Бэкон) или дедуктивного метода (Р. Декарт), придать им универсальное значение. Однако эти методы не могут применяться как обособленные, изолированные друг от друга. Каждый из них используется на определенном этапе процесса познания.

Аналогия – вероятное, правдоподобное заключение о сходстве двух предметов или явлений в каком-либо признаке, на основании установленного их сходства в других признаках. Аналогия с простым позволяет понять более сложное. Так, по аналогии с искусственным отбором лучших пород домашних животных Ч.Дарвин открыл закон естественного отбора в животном и растительном мире.

Моделирование – воспроизведение свойств объекта познания на специально устроенном его аналоге – модели. Модели могут быть реальными (материальными), например, модели самолетов, макеты зданий, фотографии, протезы, куклы и т.п. и идеальными (абстрактными), создаваемые средствами языка (как естественного человеческого языка, так и специальных языков, например, языком математики). В этом случае мы имеем математическую модель. Обычно это система уравнений, описывающая взаимосвязи в изучаемой системе.

Исторический метод подразумевает воспроизведение истории изучаемого объекта во всей своей многогранности, с учетом всех деталей и случайностей. Логический метод – это, по сути, логическое воспроизведение истории изучаемого объекта. При этом история эта освобождается от всего случайного, несущественного, т.е. это как бы тот же исторический метод, но освобожденный от его исторической формы.

Классификация – распределение тех или иных объектов по классам (отделам, рядам) в зависимости от их общих признаков, фиксирующее закономерные связи между классами объектов в единой системе конкретной отрасли знания. Становление каждой науки связано с созданием классификаций изучаемых объектов, явлений.

Классификация – это процесс упорядочивания информации. В процессе изучения новых объектов в отношении каждого такого объекта делается вывод: принадлежит ли он к уже установленным классификационным группам. В некоторых случаях при этом обнаруживается необходимость перестройки системы классификации. Существует специальная теория классификации – таксономия. Она рассматривает принципы классификации и систематизации сложноорганизованных областей действительности, имеющих обычно иерархическое строение (органический мир, объекты географии, геологии и т.п.).

Одной из первых классификаций в естествознании явилась классификация растительного и животного мира выдающегося шведского натуралиста Карла Линнея (1707-1778). Для представителей живой природы он установил определенную градацию: класс, отряд, род, вид, вариация.

4.2.2. Методы эмпирического и теоретического познания

Методы эмпирического и теоретического познания схематично представлены на рис.3.

Наблюдение – целенаправленное, организованное восприятие предметов и явлений. Научные наблюдения проводятся для сбора фактов, укрепляющих или опровергающих ту или иную гипотезу и являющихся основой для определенных теоретических обобщений.

Эксперимент – способ исследования, отличающийся от наблюдения активным характером. Это наблюдение в специальных контролируемых условиях. Эксперимент позволяет, во-первых, изолировать исследуемый объект от влияния побочных несущественных для него явлений. Во-вторых, в ходе эксперимента многократно воспроизводится ход процесса. В-третьих, эксперимент позволяет планомерно изменять само протекание изучаемого процесса и состояния объекта изучения.

Измерение – это материальный процесс сравнения какой-либо величины с эталоном, единицей измерения. Число, выражающее отношение измеряемой величины к эталону, называется числовым значением этой величины.

Интуиция. Особым способом постижения истины является интуиция. Это вид знания, которое возникает как бы внезапно, как озарение у человека, долгое время пытавшегося решить мучивший его вопрос. Интуитивное познание является непосредственным, способ его осуществления не осознается человеком. Однако после того как задача решена, ход ее решения может быть осознан и проанализирован. Интуиция, таким образом, есть качественно особый вид познания, в котором отдельные звенья логической цепи познания остаются на уровне

бессознательного. Интуиция сближает научное творчество с художественным.



Рис.3

В основе научного метода познания лежит эксперимент. Знание, не подтвержденное в эксперименте, нельзя считать научным. Природа не всегда удовлетворяет требованиям нашего здравого смысла. Некоторые природные закономерности не укладываются в обыденном понимании человека. Поэтому умозрительные выводы, кажущиеся на первый взгляд

очевидными, могут оказаться совершенно ошибочными. Сила науки в ее экспериментальной обоснованности. Следует добавить, что единичный эксперимент еще не свидетельствует о научности полученного знания, важным критерием которого является повторяемость во многих экспериментах, проводимых при одинаковых условиях. Эксперименту обычно предшествует наблюдение за явлениями природы, являющееся еще одной составляющей научного метода. Современная наука немыслима также и без такого важного компонента научного метода, как измерение. Наблюдение, эксперимент и измерение составляют опытную, или эмпирическую, сферу научного метода, наряду с которой в научном методе важное место занимает теоретическая сфера, которая оперирует такими категориями, как проблема, гипотеза, теория.

4.3. Формы научного знания

К формам научного знания относят проблемы, научные факты, гипотезы, теории, идеи, принципы, категории и законы (см. рис.4).

Факт, как явление действительности, становится научным фактом, если он прошел строгую проверку на истинность. Факты – это наиболее надежные аргументы как для доказательства, так и для опровержения каких-либо теоретических утверждений. И.П. Павлов называл факты «воздухом ученого». Однако при этом надо брать не отдельные факты, а всю, без исключения, совокупность фактов, относящихся к рассматриваемому вопросу. В противном случае возникает подозрение, что факты подобраны произвольно.

Научные проблемы – это осознанные вопросы, для ответа на которые имеющихся знаний недостаточно. Ее можно определить и как «знание о незнании».

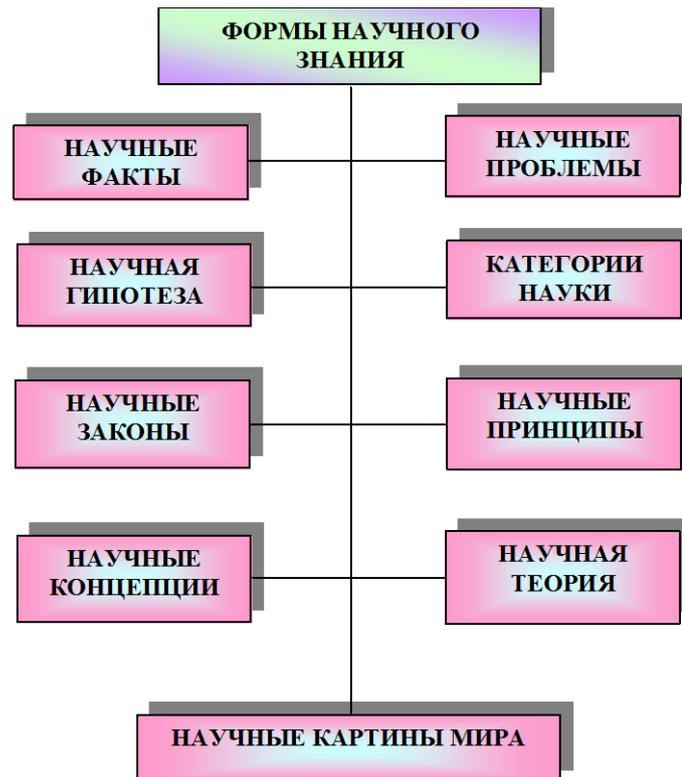


Рис. 4

Научная гипотеза – такое предположительное знание, истинность или ложность которого еще не доказана, но которое выдвигается не произвольно, а при соблюдении ряда требований, к которым относятся следующие:

- Отсутствие противоречий. Основные положения предлагаемой гипотезы не должны противоречить известным и проверенным фактам. (При этом следует учитывать, что бывают и ложные факты, которые сами нуждаются в проверке).

- Соответствие новой гипотезы надежно установленным теориям. Так, после открытия закона сохранения и превращения энергии все новые предложения о создании «вечного двигателя» более не рассматриваются.

- Доступность выдвигаемой гипотезы экспериментальной проверке, хотя бы в принципе (принцип верифицируемости).

- Максимальная простота гипотезы.

Категории науки – это наиболее общие понятия теории, характеризующие существенные свойства объекта теории, предметов и

явлений объективного мира. Например, важнейшими категориями являются материя, пространство, время, движение, причинность, качество, количество и т.п.

Законы науки отражают существенные связи явлений в форме теоретических утверждений. Принципы и законы выражаются через соотношение двух и более категорий.

Научные принципы – наиболее общие и важные фундаментальные положения теории. Научные принципы играют роль исходных, первичных посылок и закладываются в фундамент создаваемых теорий. Содержание принципов раскрываются в совокупности законов и категорий.

Научные концепции – наиболее общие и важные фундаментальные положения теорий.

Научная теория – это систематизированные знания в их совокупности. Научные теории объясняют множество накопленных научных фактов и описывают определенный фрагмент реальности (например, электрические явления, механическое движение, превращение веществ, эволюцию видов и т.п.) посредством системы законов.

Главное отличие теории от гипотезы – достоверность, доказанность. Сам термин теория имеет множество смыслов. Теория в строго научном смысле – это система уже подтвержденного знания, всесторонне раскрывающая структуру, функционирование и развитие изучаемого объекта, взаимоотношение всех его элементов, сторон и теорий.

Научная теория должна выполнять две важнейшие функции, первой из которых является объяснение фактов, а вторая – предсказание новых, еще неизвестных фактов и характеризующих их закономерностей.

Научная теория – одна из наиболее устойчивых форм научного знания, но и они претерпевают изменения вслед за накоплением новых фактов. Когда изменения затрагивают фундаментальные принципы теории, происходит переход к новым принципам, а, следовательно, к новой теории. Изменения же в наиболее общих теориях, приводят к качественным изменениям всей системы теоретического знания, в результате чего происходят глобальные естественнонаучные революции и меняется научная картина мира.

Научная картина мира – это система научных теорий, описывающая реальность.

4.4. Критерии истинности научного знания

В настоящее время в ряде случаев в общественном сознании размывается грань между наукой и псевдонаукой, наукой и мистикой. В этих условиях важно знать критерии разграничения научных и псевдонаучных идей. На схеме (рис. 5) даны принципы, справедливые для научных теорий, научного знания, которые отличают научное знание от псевдонаучного.

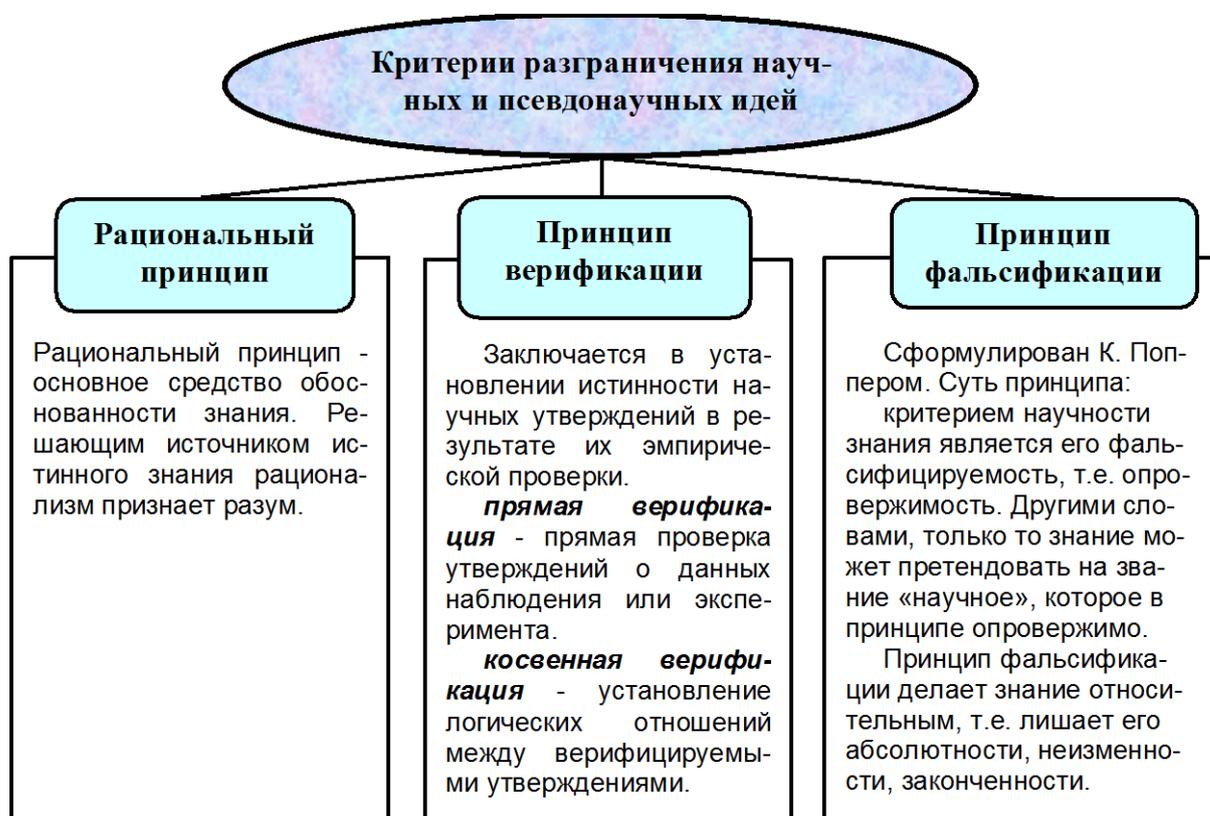


Рис.5

Контрольные вопросы

1. В чем отличие между естественными и гуманитарными науками?

2. Какова роль философии в мире науки?
3. Какова роль математики в мире науки?
4. Чем определяется структура естественнонаучных знаний?
5. Перечислите основные периоды развития естествознания?
6. В чем состоит принцип научного детерминизма?
7. В чем суть научного метода познания реальности?
8. В чем суть механистического подхода к пониманию мира?
9. Какой подход к пониманию мира развивается в настоящее время?
10. Чем отличается методология от метода?
11. Перечислите общенаучные методы
12. Что такое эмпирические методы?
13. Перечислите и объясните эмпирические методы научного познания.
14. Что такое эксперимент?
15. Что такое измерение?
16. Перечислите и объясните теоретические методы.
17. Что относится к формам научного знания?
18. Какие факты могут считаться научными?
19. Каким требованиям должна удовлетворять научная гипотеза?
20. Что такое научная категория?
21. Что такое научная теория, чем она отличается от гипотезы?
22. Что такое индукция и дедукция? Приведите примеры.
23. Что такое анализ? Синтез?
24. Что такое идеализация?
25. Что такое интуиция? В чем заключается роль интуиции в науке?
26. Что такое моделирование?
27. Перечислите критерии научности знания?
28. Объясните принцип верификации.
29. Объясните принцип фальсификации.
30. Опишите процесс научного познания.

5. ФОРМИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ КОНЦЕПЦИЙ

Физика как отдельная наука изучает наиболее общие законы формирования и развития окружающей нас материи. Поэтому можно утверждать, что физика является фундаментом всех естественных наук.

В XIX и XX веках физика пережила бурный расцвет, физические знания и физический метод исследования получили большую известность и нашли применение в различных аспектах человеческой деятельности.

Сущность этого метода состоит в том, что в основу критической оценки всех разработанных физических теорий положен эксперимент.

На ранних стадиях развития науки физики свои заключения строили на основе реальных наблюдений различных природных явлений. Позднее человек научился искусственно воспроизводить эти явления в лабораторных условиях – ставить научные эксперименты. Ясно, что ни одна лаборатория не в силах обеспечить полное воспроизведение всех природных условий наблюдений какого-либо явления. Поэтому для правильной постановки того или иного физического эксперимента необходимо провести правильный анализ изучаемого явления, выделить его наиболее существенные связи с остальным миром. Таким образом, изучение явления или объекта всегда проводится в некотором приближении, когда исследователь сознательно или неосознанно отбрасывает некоторые детали воспроизводимого явления. Осмысление результатов эксперимента идет в некотором упрощенном или, как принято говорить, в модельном представлении, т.е. само явление заменяется его некоторым упрощенным представлением или моделью.

Если разработанные представления оказываются справедливыми для достаточно широкого класса явлений, то принято говорить о возникновении физической теории. Отдельные положения этой теории носят названия физических законов, при условии их выполнения для всего класса изученных объектов и явлений.

Важной особенностью физики является использование количественных характеристик отдельных свойств физических объектов. Эти характеристики определяются путем измерений, и для установления

взаимосвязи между различными физическими параметрами применяется количественная логика, т.е. математика. Математика является мощным средством для аналитического представления физических законов и следствий из них. Любая физическая теория должна быть справедливой для всех явлений природы, в противном случае теория носит лишь частный (ограниченный) характер. Если появляются новые экспериментальные факты, которые не объясняются с точки зрения разработанной теории, то это указывает на ограниченность теории. В этом случае становится очевидной необходимость построения новой теории, в которой новый экспериментальный материал находит свое естественное объяснение.

5.1. Принцип инерции и принцип относительности Галилея

Одним из первых основополагающих событий, знаменующих собой начало классического периода естествознания, явилась формулировка Галилеем принципа инерции и принципа относительности. Принцип инерции утверждает, что любое тело сохраняет состояние покоя или движется равномерно и прямолинейно до тех пор, пока воздействие других тел не выведет его из этого состояния. Принцип относительности утверждает, что если система движется равномерно и прямолинейно, то, не выходя за ее пределы, никакими приборами невозможно обнаружить факт ее движения или покоя, так как такое движение не влияет на ход процессов, протекающих в данной системе. Какое из тел, движущихся равномерно и прямолинейно, действительно движется, а какое покоится однозначно сказать невозможно. Только задавшись точкой, относительно которой мы будем измерять характеристики движения (например, скорость), можно внести в задачу элемент определенности.

Таким образом, впервые появилась необходимость ввести в задачи механики понятие системы отсчета.

Важнейшим результатом принципа относительности явилось правило сложения скоростей:

$$v' = v_0 + v,$$

где v' – скорость движения тела относительно неподвижной системы отсчета,

v_0 – скорость движения подвижной системы отсчета относительно неподвижной,

v – скорость движения тела относительно подвижной системы отсчета.

5.2. Законы механики Ньютона

Отцом научного метода познания мира по праву можно считать Ньютона, который развил идеи Галилея и оформил механику в единую стройную систему, разработав для нее мощный математический аппарат.

В основе современного научного миропонимания лежит признание фундаментальности пространства и времени. Эта традиция восходит к временам Галилея и Ньютона. Так Ньютон всю свою механику строил на законах, в которых в качестве физических величин фигурировали пространственные координаты и время. И пространство, и время Ньютон определял как особого рода вместилище материальных объектов, способное существовать даже при условии отсутствия этих объектов. И пространство, и время он наделял свойствами бесконечной протяженности и бесконечной делимости. В качестве аксиомы принимался абсолютный характер пространства и времени, то есть считалось, что их свойства не зависят от наличия или отсутствия в них материальных объектов.

Для ньютоновского пространства справедлива геометрия Евклида, которая базируется на нескольких определениях идеальных геометрических объектов (точка, прямая, поверхность и т.п.) и аксиомах, постулирующих основные отношения между этими объектами. Все более сложные отношения можно сформулировать в качестве теорем или геометрических задач, которые проецируются на систему аксиом в целях выяснения противоречивости или непротиворечивости того или иного утверждения. Критерием истины (правильности решения геометрической задачи) является отсутствие противоречий с системой аксиом.

Аналогичный формально-логический подход был положен в основу всего метода познания, предложенного Ньютоном.

В основе механики Ньютона лежат три основополагающих закона:

1) первый закон Ньютона утверждает, что инерциальные системы отсчета существуют, то есть в некоторых системах отсчета действительно невозможно никакими опытами однозначно определить движется ли данная система прямолинейно и равномерно или покоится;

2) второй закон Ньютона утверждает, что в инерциальных системах ускорение тела пропорционально приложенной силе, являющейся количественной мерой взаимодействия (коэффициент пропорциональности между силой и ускорением называют массой тела): $F = ma$;

3) третий закон утверждает, что при взаимодействии оба объекта испытывают действия одинаковых и противоположно направленных сил.

5.3. Взаимодействия. Концепция поля

Для обозначения меры взаимодействия тел Ньютон ввел понятие приложенной силы, которая определяет ускорение тела. Причем среди взаимодействий можно выделить два типа:

1) близкодействие – непосредственный контакт или передача взаимодействия с помощью посредника, несущего в себе импульс;

2) дальноедействие – передача взаимодействия через разделяющее тела пространство без материальных посредников.

Ньютон был противником концепции дальногодействия, однако наличие в природе таких явлений, как гравитация, электричество и магнетизм, не укладывалось тогда в концепцию близкодействия.

Долгое время считалось, что абсолютное пространство заполнено особого рода средой – эфиром. Именно волны в эфире передают взаимодействие от одних тел к другим, подобно тому, как волны на поверхности воды приводят в движение поплавков. И действительно, например, такое «дальнодействующее» явление, как свет, явно обнаруживает в опытах волновые свойства, аналогичные тем, которые характерны для любых волновых процессов (дифракция и интерференция). Позднее из работ Максвелла стало понятно, что свет является частным случаем проявления электромагнетизма. Он же впервые ввел понятие электромагнитного поля, как особого состояния пространства, которое содержит в себе и окружает электрически заряженные тела. Впервые

прозвучало, что поле – это характеристика самого пространства, которое может оказывать силовое влияние на тела, помещенные в него.

5.4. Законы сохранения

То, что в природе действуют принципы сохранения, ученые догадывались давно. Первым законом сохранения можно считать закон сохранения вещества, сформулированный Ломоносовым. Он же указывал и на то, что движение также должно сохраняться, «ибо тело, движущее своею силою другое, столько же оныя у себя теряет, сколько сообщает другому, которое у него движение получает». Позднее были сформулированы законы сохранения количества движения (импульса mv) и энергии. Важная роль в рождении закона превращения и сохранения энергии принадлежит ученым Мейеру, высказавшему идею о возможности взаимного превращения тепла и механической работы, Ленцу, впервые вычислившему механический эквивалент теплоты, и Гельмгольцу, сформулировавшему закон сохранения энергии и понявшему его всеобщий смысл.

Позднее был сформулирован еще ряд законов сохранения (законы сохранения момента импульса, электрического заряда и др.). Мы можем не знать механики какого-либо процесса, однако, опираясь на законы сохранения, мы можем заранее предсказать последствия. Такой подход к пониманию мира называется холистским (холо – целостность), в отличие от редуccionистского (редуccion – сокращать) подхода, который опирается на знание причинно-следственной механики процесса.

Оба подхода хорошо представлены в науке. Так механика Ньютона является редуccionистской, в то время как механика Лагранжа – типично холистской. Лагранж положил в основу механики вариационный принцип наименьшего действия: любое тело движется по тем траекториям, которым соответствует наименьшее действие.

Холистский подход изначально предполагает наличие в природных процессах фактора целесообразности, оптимальности. Это приводит к спорам о наличии во Вселенной разумной составляющей. Наука классического периода стремилась изгнать из своих стен любые гипотезы,

связанные с присутствием Бога во Вселенной, поэтому был признан редуционистский подход, что породило в науке механистическое представление о мире. Особенно сильно механистический подход утвердился в науке после создания молекулярно-кинетической теории, которая рассматривает теплоту, как частный случай механического движения молекул. Это давало основание думать, что в основе всех явлений мира лежит механическое движение.

5.5. Теория относительности Эйнштейна

К числу противоречий, характерных для естествознания конца XIX века, можно отнести факт несимметрии уравнений Максвелла для электромагнитного поля по отношению к различным системам отсчета. Система уравнений, в справедливости которой никто не сомневался, давала разные решения для случаев, например, когда источник света движется навстречу наблюдателю, и когда наблюдатель движется навстречу источнику света, что противоречило принципу относительности Галилея, в справедливости которого также никто не сомневался. Для симметрии уравнений Максвелла было необходимо, чтобы в любой инерциальной системе отсчета скорость света имела одну и ту же величину, что противоречит правилу сложения скоростей Галилея.

Для выхода из создавшегося положения Лоренц математически вывел такие преобразования координат, которые соответствовали бы симметрии уравнений Максвелла. Однако они существенно отличались от преобразований Галилея. Из них, в частности, следовало, что все тела в процессе движения деформируются (укорачиваются) вдоль линии движения. Это придавало симметрию системе уравнений Максвелла, но оставался вопрос о природе подобного укорочения. Попытки объяснить данный феномен с помощью «эфирного ветра» потребовали экспериментальных подтверждений самого факта наличия эфира в пространстве Вселенной. Наличие эфира могло бы как-то обосновать постоянство скорости света, так как распространение волн в любой среде происходит с постоянной скоростью.

В 1881 г. Майкельсон провел опыт с использованием изобретенного им интерферометра, который доказал отсутствие эфирного ветра и эфира вообще. Абсолютное ньютоновское пространство оказалось пустым. В физике назрел кризис непонимания.

Выход из положения нашел Эйнштейн, который в качестве основного постулата специальной теории относительности признавал принцип относительности Галилея, из которого, в частности, следует, что во всех инерциальных системах отсчета законы природы должны описываться одинаково. То есть система уравнений Максвелла должна быть симметричной относительно перехода из одной системы отсчета в другую. Это возможно только в том случае, если скорость света в разных системах отсчета равна одной и той же величине, независимо оттого, что сами эти системы могут двигаться относительно друг друга с разными скоростями.

Это парадоксально с точки зрения житейского опыта, перестает работать совершенно понятное нам правило сложения скоростей Галилея. Так если ракета движется относительно наблюдателя со скоростью, приблизительно равной скорости света $v_0 = c$, а относительно ее движется другая ракета со скоростью также приблизительно равной скорости света $v = c$, то относительно неподвижного наблюдателя вторая ракета будет двигаться вовсе не с двойной скоростью света $v' = v_0 + v = 2c$, как это следует из правила сложения скоростей Галилея, а со скоростью приблизительно равной скорости света. Тем не менее, это полностью соответствовало преобразованиям Лоренца. Поэтому факт постоянства скорости света во всех инерциальных системах отсчета Эйнштейн принял в качестве второго постулата своей теории, которая была названа специальной теорией относительности.

Из данной теории, в частности, следовало, что пространство и время не являются чем-то абсолютным и независимым от присутствия в нем материальных тел. При движении тела относительно наблюдателя оно не деформируется, как предполагал Лоренц, деформируется само пространство. При этом наблюдателю кажется, что размеры тела (и всех пространственных размеров) в направлении движения сокращаются. Время в движущейся системе отсчета замедляется.

Парадокс в том, что сам объект никаких деформаций и замедления времени не ощущает. Более того, в силу принципа относительности, в системе отсчета, связанной с этим телом, кажется, что тело покоится, а наблюдатель движется относительно него со скоростью v . Это значит, что именно наблюдатель укорачивается в направлении своего движения, и у него замедляется время, хотя сам наблюдатель так не думает.

Эйнштейн создает также общую теорию относительности, явившуюся попыткой создать стройную картину мира, опирающуюся на постулат постоянства скорости света. Здесь Эйнштейн ввел еще один постулат об эквивалентности гравитационной и инерционной масс.

Масса – это коэффициент пропорциональности в формулах $P = m_g g$ и $F = m_i a$. В первом случае масса есть мера гравитационного притяжения тел друг другу, во втором случае масса есть мера инертности, сопротивляемости тела попыткам изменить его положение по отношению к другим телам. Эйнштейн предположил, что $m_g = m_i$. Это значит, что искусственная гравитация, создаваемая, например, при ускорении тела, ничем не отличается от естественной гравитации, создаваемой, например, планетой.

С ростом скорости тела растет его масса и замедляется время. Масса и время оказываются связанными и в покоящейся системе: вблизи массивных тел, где сильна гравитация, время замедляется. Эти рассуждения объясняют «парадокс близнецов». Допустим, два близнеца родились практически одновременно, затем один из них отправился в космическое путешествие, развив при этом относительно первого близнеца скорость v , а затем оба встретились вновь. Кто из них окажется моложе, у кого время текло медленней?

Если тело ускоряется, то есть создается искусственная гравитация, то время также замедляется. Отсюда вывод: моложе окажется тот из близнецов, который ускорялся и замедлялся, то есть который улетал, а затем вернулся.

Из общей теории относительности следует множество интересных выводов. В частности было получено уравнение полной энергии любого тела (потенциальная + кинетическая): $E = mc^2$. Приращение кинетической энергии в процессе разгона тела эквивалентно увеличению массы тела.

Если два тела взаимодействуют друг с другом так, что их потенциальная энергия равна U , то масса всей системы M будет равна $M = m_1 + m_2 + U/c^2$. То есть впервые было установлено, что понятия массы и энергии тесно связаны друг с другом.

Не менее интересны результаты распространения теории относительности на электромагнетизм. В частности выяснилось, что понятие магнетизма можно свести к релятивистским (релятивизм – относительность) эффектам, возникающим при движении заряженных частиц.

До сих пор многие ученые не оставляют попыток опровергнуть теорию относительности. Однако данная теория имеет массу экспериментальных подтверждений: дефект масс (продукты расщепления ядра атома весят больше исходного ядра), отклонение луча света гравитацией, увеличение времени жизни частиц, двигающихся с большими скоростями и т.п.

5.6. Космологические модели

Успехи теории Эйнштейна позволили обобщить ее выводы на Вселенную в целом. Здесь ученые также столкнулись с рядом парадоксов. В первую очередь это так называемый фотометрический парадокс, который говорил, что если количество звезд во Вселенной и время жизни Вселенной бесконечны, то ночное небо должно быть заполнено звездами и ярко светиться. Значит, Вселенная не бесконечна ни в пространстве, ни во времени.

Эйнштейн предложил модель Вселенной, замкнутой в четвертом (временном) измерении, наподобие того, как двумерная Вселенная может быть замкнута в третьем измерении в сферу. Замыкание Вселенной происходит под действием сил гравитации, искривляющих пространство-время так, что любой световой луч не может выйти за пределы Вселенной. Таким образом, количество объектов во Вселенной оказывается ограниченным, как ограничено количество точек, которые мы можем поставить на поверхности шара. В то же время Вселенная оказывается бесконечной в том же смысле, как бесконечна поверхность шара.

Однако непонятно, почему такая Вселенная не «стягивается» в одну точку под действием сил гравитации. Для объяснения стационарности Вселенной Эйнштейн предложил ввести в рассмотрение новый вид сил, под действием которых удаленные космические тела отталкиваются друг от друга, компенсируя гравитационное притяжение. Это была надуманная мера, которая, тем не менее, хорошо согласовывалась с теорией.

В середине 20-х годов XX века Фридман построил математическую модель Вселенной с однородным распределением вещества в ней и установил, что из-за действия сил гравитации она не может находиться в покое и должна либо расширяться, либо сжиматься в зависимости от времени жизни Вселенной и плотности вещества в ней. В конце 20-х годов Хаббл установил, что далекие галактики (скопления звезд) удаляются от нас со скоростями, пропорциональными расстояниям до них $v = H L$, где H – постоянная Хаббла. Совмещение этого факта с теорией Эйнштейна привело к выводу, что никаких сил отталкивания между галактиками не существует, Вселенная представляет собой расширяющуюся четырехмерную сферу. Так, например, если надувать воздушный шар, то все расстояния между точками на его поверхности будут увеличиваться, и чем больше расстояние между двумя точками, тем быстрее они удаляются друг от друга в полном соответствии с законом Хаббла.

5.7. Современные космологические концепции. Теория Большого Взрыва

Формирование естественнонаучных представлений о структуре и истории Вселенной (космология) во многом обязано успехам астрономии. Масштабы физической Вселенной грандиозны. Например, наша галактика Млечный путь содержит приблизительно 100 миллиардов звезд, среди которых наше Солнце является заурядной звездой. Галактика имеет диаметр порядка 100000 световых лет. Галактики отделены друг от друга гигантскими межгалактическими пространствами. Так ближайшая к нам галактика Туманность Андромеды, которая примерно в два раза больше нашей, удалена от нас на 2 миллиона световых лет. Существуют и

скопления галактик, содержащие от десятков до тысяч членов. В структуре физической Вселенной различают также и сверхскопления галактик, которые представляют собой уплотненные образования размером до 150 миллионов световых лет.

Вся наблюдаемая часть физической Вселенной называется Метагалактикой. Она имеет радиус порядка 10 млрд. световых лет. Согласно закону Хаббла, галактики, находящиеся на расстоянии около 20 млрд. световых лет от нас, должны удаляться со скоростями, равными скорости света. Сфера, очерченная вокруг нас и имеющая радиус около 20 млрд. световых лет, называется горизонтом Вселенной. За пределами этой сферы никакой информационно связанной с нами реальности не существует (галактики не могут двигаться со скоростями, превышающими скорость света).

Простой расчет показывает, что около 20 млрд. лет назад все галактики находились в одной точке (сингулярности), из которой началось расширение Вселенной, получившее название Большого Взрыва. Сингулярность – это состояние с бесконечно высокой плотностью и бесконечно высокой температурой, для нее не определены понятия пространства и времени. Причины Большого Взрыва также неизвестны.

В первые мгновения жизни Вселенной в ней стали зарождаться элементарные частицы. По мере выравнивания электрической неоднородности Вселенной рождаемость частиц замедлилась, а затем прекратилась. Затем произошла аннигиляция (взаимное уничтожение с выделением энергии, накопленной в массе покоя частицы в форме фотона) частиц и соответствующих античастиц, после чего на каждые 100 миллионов пар частиц выжила только одна. Из этих частиц впоследствии формировалось вещество Вселенной сначала в форме водородно-гелиевых облаков, которые под действием сил гравитации распадались на фрагменты, давшие начало галактикам.

Протогалактическое облако в процессе гравитационного сжатия также распадалось на фрагменты, давшие начало звездам первого поколения. Сжатие протозвездного облака приводило к разогреванию вещества вплоть до начала реакций термоядерного синтеза. Звезда стабилизируется, когда силы гравитационного сжатия уравниваются силами внутреннего

давления. В процессе термоядерных реакций из водорода и гелия синтезируются тяжелые элементы, которые опускаются к центру звезды. Когда термоядерное топливо «выгорает», звезда теряет стабильность и коллапсирует (сжимается) до состояния белого карлика, нейтронной звезды или черной дыры, за пределы которой из-за сильной гравитации не может выходить даже свет. Внешние газовые оболочки звезды, обогащенные тяжелыми элементами, испытывают отдачу и сбрасываются в космическое пространство, формируя газово-пылевые облака. Это явление называется взрывом сверхновой. Из газово-пылевых облаков впоследствии формируются звезды второго поколения типа нашего Солнца с планетными системами. Так кратко выглядит современная космологическая модель.

Контрольные вопросы

1. Что изучает физика?
2. Что понимается под модельным представлением явления?
3. Что является физическим законом?
4. Сформулируйте принципы инерции и относительности Галилея.
5. Напишите правило сложения скоростей.
6. Как определял пространство и время Ньютон?
7. Сформулируйте законы механики Ньютона.
8. В чем суть концепции дальнего действия и ближнего действия?
9. В чем суть редукционистского и холистского подхода к пониманию явлений?
10. Сформулируйте постулаты специальной теории относительности.
11. Чем объясняется «парадокс близнецов»?
12. Приведите примеры экспериментального подтверждения теории относительности.
13. Опишите космологическую модель Фридмана.
14. Каковы представления современной космологии?
15. В чем суть теории Большого Взрыва?
16. Опишите эволюцию звезд.

6. ДИНАМИЧЕСКИЕ И СТАТИСТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ПРИРОДЕ

Термодинамика представляет собой науку о тепловых явлениях, в которой не учитывается молекулярное строение тел, число молекул которых огромно. Такие тела называются макроскопическими.

В термодинамике тепловые явления описываются с помощью величин, регистрируемых приборами, не реагирующими на воздействие отдельных молекул (термометр, манометр и др.). Газ в баллоне, вода в стакане, песчинка, камень, стальной стержень и т.п. – все это примеры макросистем.

Основа термодинамического метода – определение состояния термодинамической системы, представляющей собой совокупность макроскопических тел, которые взаимодействуют и обмениваются энергией как между собой, так и с другими телами (внешней средой). Состояние системы задается термодинамическими параметрами (параметрами системы), характеризующими ее свойства. Обычно в качестве термодинамических параметров состояния выбирают температуру, давление и удельный объем (объем единицы массы).

Температура – физическая величина, характеризующая состояние термодинамического равновесия макроскопической системы. В соответствии с решением XI Генеральной конференции по мерам и весам (1960 г.) в настоящее время рекомендовано применять две температурные шкалы – термодинамическую, градуированную в Кельвинах (К) и Международную практическую, градуированную в градусах Цельсия (°С).

Анализ показывает, что 0К (абсолютный нуль) недостижим, хотя сколь угодно близкое приближение к нему возможно.

6.1. Основные положения молекулярно-кинетических представлений

К концу XIX в. сформировалась теория поведения больших общностей атомов и молекул – молекулярно-кинетическая теория или

статистическая механика. Многочисленными опытами была доказана справедливость этой теории.

В основе молекулярно-кинетических представлений о строении и свойствах макросистем лежат три положения:

1. Любое тело – твердое, жидкое или газообразное – состоит из большого числа очень малых частиц – молекул (атомы можно рассматривать как одноатомные молекулы);

2. Молекулы всякого вещества находятся в беспорядочном, хаотическом, не имеющем какого-либо преимущественного направления, движения;

3. Интенсивность движения молекул зависит от температуры вещества.

Тепловые процессы связаны со строением вещества и его внутренней структурой. Например, нагревание кусочка парафина на несколько десятков градусов превращает его в жидкость, а подобное нагревание металлического стержня не оказывает на него заметного влияния. Такое различное действие нагревания связано с различием во внутреннем строении данных веществ. Поэтому исследование тепловых явлений можно использовать для выяснения общей картины строения вещества. И, наоборот, определенные представления о строении вещества помогают понять физическую сущность тепловых явлений, дать им глубокое истолкование.

Количественным воплощением молекулярно-кинетических представлений служат опытные газовые законы (Бойля – Мариотта, Гей – Люссака, Авогадро, Дальтона), уравнение Клапейрона – Менделеева (уравнение состояния), основное уравнение кинетической теории идеальных газов, закон Максвелла для распределения молекул и др.

Из основного уравнения молекулярно-кинетической теории вытекает важный вывод: средняя кинетическая энергия поступательного движения одной молекулы идеального газа прямо пропорциональна его термодинамической температуре и зависит только от нее:

$$E = \frac{3}{2} * kT,$$

где $k = 1,38 * 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана; T – температура.

Из данного уравнения следует, что при $T=0$ средняя кинетическая энергия равна нулю, т.е. при абсолютном нуле прекращается поступательное движение молекул газа, а, следовательно, его давление равно нулю.

Термодинамическая температура – мера кинетической энергии поступательного движения молекул идеального газа.

Первое положение молекулярно-кинетических представлений – любое тело состоит из большого числа весьма малых частиц-молекул – доказано многочисленными опытами, одновременно подтвердившими реальное существование молекул и атомов. С помощью ионного микроскопа удалось показать, что диаметр атомов вольфрама составляет около 2 ангстрем ($1 \text{ ангстрем} = 10^{-8} \text{ см}$). Размер молекулы водорода примерно того же порядка – примерно 2,3 ангстрема. Теперь понятно: при очень малых размерах молекул число их в любом макроскопическом теле огромно. Несложный расчет показывает, что число молекул в капле воды составляет около $3 \cdot 10^{22}$.

6.2. I закон термодинамики

Всякая термодинамическая система в любом состоянии обладает внутренней энергией – энергией теплового (поступательного, вращательного и колебательного) движения молекул и потенциальной энергией их взаимодействия.

Возможны два способа изменения внутренней энергии термодинамической системы при ее взаимодействии с внешними телами: путем совершения работы и путем теплообмена.

Известно, что в процессе превращения энергии действует закон сохранения энергии. Поскольку тепловое движение тоже механическое (только не направленное, а хаотическое), то при всех превращениях должен выполняться закон сохранения энергии не только внешних, но и внутренних движений. В этом заключается качественная формулировка закона сохранения энергии для термодинамической системы – первое начало термодинамики.

Количественная его формулировка: количество теплоты ΔQ , сообщенное телу, идет на увеличение его внутренней энергии ΔU и на совершение телом работы ΔA , т.е.:

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta A.$$

Из первого начала термодинамики следует важный вывод: невозможен вечный двигатель первого рода, т.е. такой двигатель, который совершал бы работу «из ничего», без внешнего источника энергии.

При наличии внешнего источника часть энергии переходит в энергию теплового, хаотического движения молекул, что является причиной невозможности полного превращения энергии внешнего источника в полезную работу.

6.3. II закон термодинамики

Многочисленные опыты показывают, что все тепловые процессы в отличие от механического движения необратимы. Если реализуется какой-либо термодинамический процесс, то обратный процесс, при котором проходили бы те же тепловые состояния, но только в обратном направлении, практически невозможен.

Приведем два характерных примера необратимых процессов. Если привести в соприкосновение два тела с различной температурой, то более нагретое тело будет отдавать тепло менее нагретому. Обратный процесс – самопроизвольный переход тепла от менее нагретого тела к более нагретому – никогда не произойдет. Столь же необратимым является и другой процесс – расширение газа в пустоту. Газ, находящийся в части сосуда, отдаленной от другой части перегородкой, после ее удаления заполняет весь сосуд. Без постороннего вмешательства газ никогда не соберется самопроизвольно в той же части сосуда, где он находился первоначально.

Всякая предоставленная самой себе система стремится перейти в состояние термодинамического равновесия, в котором тела находятся в состоянии покоя по отношению друг к другу, обладая одинаковыми температурами и давлением. Достигнув этого состояния, система сама по

себе из него не выходит. Значит, все термодинамические процессы, приближающиеся к тепловому равновесию, необратимы.

Необратимы и все механические процессы, сопровождающиеся трением. Трение вызывает замедление движения тел, при котором кинетическая энергия переходит в тепло. Замедление эквивалентно приближению к состоянию равновесия, при котором движение тел отсутствует.

В системе тел, находящихся в термодинамическом равновесии, без внешнего вмешательства невозможны никакие реальные процессы. Следовательно, с помощью тел, находящихся в термодинамическом равновесии, невозможно совершить никакой работы, так как последняя связана с механическим движением, т.е. с переходом тепловой энергии в кинетическую. Это составляет сущность второго начала термодинамики.

Окружающая нас среда обладает значительными запасами тепловой энергии. Двигатель, работающий только за счет энергии находящихся в тепловом равновесии тел, был бы практически вечным двигателем. Второе начало термодинамики исключает возможность создания такого вечного двигателя второго рода.

6.4. Энтропия

Необратимость тепловых процессов имеет вероятностный характер. Самопроизвольный переход тела из равновесного состояния в неравновесное не невозможен, а лишь весьма маловероятен. В результате необратимость тепловых процессов обуславливается колоссальностью числа молекул, из которых состоит тело.

Молекулы газа стремятся к наиболее вероятному состоянию, т.е. к состоянию с беспорядочным распределением молекул, при котором примерно одинаковое число молекул движется вверх и вниз, вправо и влево, причем в каждом объеме находятся примерно одинаковое число молекул, одинаковая доля быстрых и медленных молекул в верхней и нижней частях какого-либо сосуда. Любое отклонение от такого беспорядка, хаоса, т.е. от равномерного и беспорядочного перемешивания молекул по местам и скоростям, связано с уменьшением вероятности, или

представляет собой менее вероятное событие. Напротив, явления, связанные с перемешиванием, с созданием хаоса из порядка, увеличивают вероятность состояния. Только при внешнем воздействии возможно рождение порядка из хаоса, при котором порядок вытесняет хаос.

Количественной характеристикой теплового состояния тела является число микроскопических способов, с помощью которых это состояние может быть достигнуто. Это число называется статистическим весом состояния (обозначим его W). Тело, предоставленное самому себе, стремится перейти в состояние с большим статистическим весом.

Принято пользоваться не самим числом W , а его логарифмом, который еще умножается на постоянную Больцмана k . Определенную таким образом величину

$$S = k \cdot \ln W$$

называют энтропией тела.

Энтропия сложной системы равна сумме энтропий ее частей.

Закон, определяющий направление тепловых процессов, можно сформулировать как закон возрастания энтропии:

для всех происходящих в замкнутой системе тепловых процессов энтропия системы возрастает; максимально возможное значение энтропии замкнутой системы достигается в тепловом равновесии:

$$\Delta S \geq 0.$$

Данное утверждение принято считать количественной формулировкой второго закона термодинамики, открытого немецким физиком Р.Ю. Клаузиусом (1822–1888).

Идеальному случаю – полностью обратимому процессу замкнутой системы – соответствует неизменяющаяся энтропия. Все естественные процессы происходят так, что вероятность состояния возрастает, что означает переход от порядка к хаосу. Значит, энтропия характеризует меру хаоса, которая для всех естественных процессов возрастает. В этой связи закон о невозможности вечного двигателя второго рода, закон о стремлении тел к равновесному состоянию получают свое объяснение. Механическое движение переходит в тепловое потому, что механическое движение упорядочено, а тепловое беспорядочно, хаотично.

В середине XIX в. активно обсуждалась проблема тепловой смерти Вселенной. Рассматривая Вселенную как замкнутую систему и применяя к ней второе начало термодинамики, Р.Ю. Клаузиус свел его содержание к утверждению, что энтропия Вселенной должна достигнуть своего максимума. Это означает, что все формы движения со временем должны перейти в тепловые. Переход же теплоты от горячих тел к холодным приведет к тому, что температура всех тел во Вселенной сравняется, т.е. наступит полное тепловое равновесие, и все процессы во Вселенной прекратятся – наступит тепловая смерть Вселенной. Ошибочность вывода о тепловой смерти заключается в том, что бессмысленно применять второе начало термодинамики к незамкнутым системам, например к такой безграничной и бесконечно развивающейся системе, как Вселенная.

7. САМООРГАНИЗАЦИЯ В ЖИВОЙ И НЕЖИВОЙ ПРИРОДЕ

7.1. Энтропия и жизнь

Согласно первому закону термодинамики, каждый процесс в природе мог бы протекать так же легко в обратном направлении, как и в прямом. В действительности природные процессы протекают “самопроизвольно” только в одном направлении, они необратимы, т.е. их нельзя заставить идти в обратную сторону, не изменяя окружающую среду.

Теплота “самопроизвольно” переходит от более теплого тела к более холодному, но не наоборот. Растворенные частицы распространяются путем диффузии из области более высокой концентрации в область более низкой концентрации, но не наоборот. Газ в вакууме расширяется и никогда не уменьшает самопроизвольно свой объем.

В качестве меры необратимости оказалось пригодным понятие энтропии (S), введенное в 1859 г. Клаузиусом. В высокой степени необратимый процесс характеризуется большим увеличением энтропии. Увеличение энтропии в замкнутой системе при температуре T во время обратимого процесса составляет

$$dS = dQ_{\text{rev}}/T \text{ (Дж/К)},$$

где dQ_{rev} – обмененное количество тепла при обратимом процессе.

При всех необратимых процессах в замкнутой системе имеем:

$$dS > dQ_{\text{rev}}/T.$$

В изолированной системе (без обмена теплом!) энтропия никогда не может уменьшаться, она только возрастает (при необратимых процессах) или, в предельном случае, остается постоянной (при обратимых процессах).

Это и есть второй закон термодинамики (закон энтропии):

$$dS \geq 0 \text{ (в изолированной системе!)}$$

Все процессы, самопроизвольно протекающие в природе, способствуют установлению равновесия. Это наиболее вероятное состояние с наименьшей упорядоченностью частиц. Каждое

упорядоченное состояние (с различиями в концентрации, температуре, давлении и др.) стремится к наименьшей упорядоченности (выравнивание различий означает увеличение энтропии). Поэтому второй закон в формулировке Больцмана (1866) гласит: природа стремится перейти из менее вероятного состояния в более вероятное.

Энтропию можно рассматривать как меру неупорядоченности.

Живые организмы постоянно создают из беспорядка упорядоченность. В них создается и поддерживается физическое и химическое неравновесие, на котором основана работоспособность живых систем. В процессе индивидуального развития (онтогенеза) каждого живого организма, так же как и в процессе эволюционного развития (филогенеза), все время образуются новые структуры, т.е. достигается состояние более высокой упорядоченности. Это кажущееся противоречие с законом возрастания энтропии объясняется тем, что организмы – не изолированные, а открытые системы, непрерывно обменивающиеся веществом и энергией с окружающей средой.

Изменение энтропии в открытой системе складывается из ее изменений при процессах, происходящих в самой системе ($d_i S$), и из изменений при обмене веществом и энергией с окружающей средой ($d_e S$):

$$dS = d_i S + d_e S.$$

Согласно второму закону, $d_i S$ может быть только положительным или, в предельном случае (обратимые процессы), равным нулю; напротив, $d_e S$ может принимать положительные (система получает энтропию) или отрицательные (система отдает энтропию) значения:

$$d_i S \geq 0; d_e S \geq, \leq 0.$$

При этом изменение энтропии dS в открытой системе может быть и отрицательным (упорядоченность увеличивается!), а именно когда систему покидает больше энтропии, чем возникает внутри системы благодаря необратимым процессам.

Каждый живой организм и каждая клетка представляет собой термодинамическую открытую систему, которая непрерывно превращает заключенную в органических веществах потенциальную химическую энергию в энергию рабочих процессов и в конце концов отдает ее в окружающую среду в форме тепла. В результате этого обмена веществом и

энергией с окружающей средой между средой и живой системой нет термодинамического равновесия. “Живая система никогда не находится в равновесии и все время совершает за счет своей свободной энергии работу против равновесия, устанавливающегося при данных внешних условиях” (“всеобщий закон биологии”, Бауэр, 1935). При температурах, свойственных живому организму, его структуры лабильны и подвергаются непрерывному распаду. Для компенсации этого распада должна совершаться “внутренняя работа” в форме процессов синтеза. Иными словами, рабочие процессы являются процессами с отрицательной энтропией (негэнтропийными процессами), так как они противодействуют увеличению энтропии, связанному с распадом структур. Живые организмы создают упорядоченность с помощью химической энергии и низкой энтропии поглощаемых высокоструктурированных органических веществ (гетеротрофные организмы) или с помощью электромагнитной энергии и низкой энтропии поглощаемого солнечного света (автотрофные зеленые растения). Прекращение этого процесса означает потерю структурности, смерть. Труп переходит в состояние термодинамического равновесия с максимальной энтропией.

У гетеротрофных организмов поглощаемые пищевые вещества обладают большей степенью упорядоченности (меньшей энтропией), чем выделяемые продукты обмена веществ. Организмы используют “деградацию” этих веществ, они питаются “отрицательной энтропией” (Шредингер), переносят упорядоченность (отрицательную энтропию!) из питательных веществ в самих себя. Обмен веществ с точки зрения термодинамики необходим для того, чтобы препятствовать увеличению энтропии, обусловленному необратимыми процессами в системе. Для системы “живой организм + окружающая среда” (среда, из которой берутся питательные вещества и которой отдаются продукты обмена) второй закон термодинамики действителен в своей классической форме, т.е. ее энтропия возрастает и никогда не уменьшается. Таким образом, живые организмы могут создавать внутри себя упорядоченность только за счет того, что они уменьшают упорядоченность в окружающей их среде.

7.2. Самоорганизация в природе

Динамика Вселенной проявляется в двух взаимодополняющих процессах: разрушение и созидание. Исторически первым был открыт принцип разрушения, известный как принцип роста энтропии. Как выяснилось, этот закон имеет всеобщий характер.

Существование процессов усложнения форм жизни вытекает из принципа дополнительности: при наличии во Вселенной процессов разрушения следует ожидать в ней равного по объему созидания. Жизнь является следствием принципа Ле Шателье – Брауна: рост энтропии Вселенной вызывает процессы, сдерживающие этот рост, то есть направленные на рост негэнтропии (негэнтропия – мера упорядоченности), а значит, на возникновение и усложнение упорядоченных структур. Это называется самоорганизацией.

Если учесть, что энтропия является не только мерой хаоса, но и мерой качества энергии, мерой ее концентрации и направленности, то неизбежность самоорганизации в природе можно вывести также из вариационного принципа минимума диссипации (рассеяния) энергии: если возможно множество сценариев протекания процесса, согласных с законами сохранения и связями, наложенными на систему, то в реальности процесс протекает по сценарию, которому отвечает минимальное рассеяние энергии, то есть минимальный прирост энтропии. Другими словами, если в ходе процесса возможно образование упорядоченных устойчивых статических или динамических структур в локальных областях системы, то они обязательно возникнут, уменьшая тем самым суммарный прирост энтропии.

Долгое время было непонятно, каким образом в живых организмах «обходится» запрет на рост энтропии. Сейчас мы знаем, что в основе самоорганизации лежит принцип Онзагера: одновременно протекающие процессы могут влиять друг на друга так, что, хотя в каждом из процессов в отдельности энтропия не может уменьшаться, но, взятые вместе, они могут компенсировать уменьшение энтропии в одном из процессов за счет еще большего увеличения в других. В итоге по всем процессам энтропия растет.

Следствия из принципа Онзагера:

1) самоорганизующаяся система должна быть открытой по отношению к окружающей среде;

2) она может существовать, уменьшая внутреннюю энтропию, только за счет увеличения энтропии (разрушения) внешней среды.

Поэтому любая самоорганизующаяся система может существовать только в потоке энергии, при этом энтропия потока энергии на входе в систему меньше, чем энтропия выходного потока (система потребляет более концентрированную энергию, а выдает более рассеянную). В энергетический поток система сбрасывает свою внутреннюю энтропию (неупорядоченность), из этого потока она берет необходимый ей порядок, что позволяет ей существовать длительное время без саморазрушения. Для этого, например, мы потребляем пищу, разрушая ее внутри себя, высвобождая таким образом накопленную в ней информацию (порядок, мерой которого является свободная энергия), и за счет этого упорядочивая свою структуру. Продукты разрушения, несущие в себе хаос, мы выбрасываем в окружающую среду.

Согласно Пригожину, любая самоорганизующаяся система должна обладать рядом особенностей:

1) открытостью, то есть их существование немислимо без постоянного взаимодействия с окружающей средой;

2) неравновесностью, то есть энтропия в данной системе существенно меньше энтропии окружающей среды;

3) нелинейностью, то есть непропорциональностью изменения различных свойств системы, ограниченностью пределов изменения этих свойств, что приводит к разного рода фазовым переходам.

В процессе самоорганизации происходит самопроизвольный поиск устойчивых структур. Под устойчивостью системы понимают ее способность сохранять свою структуру при наличии внешних воздействий на нее; при снятии воздействия такая система должна вернуться в исходное состояние. Для устойчивых систем характерно подобие части и целого. Только тогда система сможет потреблять энергию (упорядочивающий фактор) из окружающей среды, когда она подчинена принципу соответствия (резонанса) с окружающей средой. Однако

подобие не должно быть абсолютным. «Свобода выбора», непредсказуемость в поведении систем дает перспективы для дальнейшего развития (поиска новых форм организации). Излишек стабильности, предсказуемости также грозит гибелью, как и отсутствие системного «законопослушания».

Изучение открытых систем – одно из перспективных направлений термодинамики. В системах, способных обмениваться веществом и энергией с внешней средой, образуются диссипативные структуры. Это новые стационарные состояния, стабилизирующиеся в результате обмена веществом и энергией открытых систем с окружающей средой при необратимых процессах вдали от равновесия в нелинейной области, когда параметры системы превышают определенные критические значения. За разработку теории диссипативных структур И. Пригожин получил в 1977 г. Нобелевскую премию. Самоорганизация в системе связана с формированием структуры более сложной, чем первоначальная.

Изучением общих закономерностей процессов самоорганизации в системах различной природы занимается новая дисциплина – синергетика.

Контрольные вопросы

1. Что изучает термодинамика?
2. Сформулируйте основные положения молекулярно-кинетических представлений.
3. Раскройте первое начало термодинамики.
4. Дайте количественную формулировку второго начала термодинамики.
5. В чем заключается сущность проблемы тепловой смерти Вселенной?
6. Почему мы называем живые организмы открытыми системами?
7. За счет чего живые организмы могут создавать внутри себя упорядоченность?
8. Для чего с точки зрения термодинамики живому организму необходим обмен веществ?
9. Какими свойствами должна обладать самоорганизующаяся система?
10. Что изучает синергетика?

8. СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА

8.1. Строение ядра атома

Начало теории строения атомного ядра связано с именами Марии Склодовской-Кюри и Пьера Кюри, исследовавшими явление радиоактивности, в процессе которого вещество может испускать особые лучи. При этом происходит превращение одних химических элементов в другие. Впоследствии выяснилось (это связано с именем Э. Резерфорда), что радиоактивные лучи состоят из трех составляющих: α -лучи являются потоком ионизированных (лишенных электронов) атомов гелия, β -лучи – это поток электронов, а γ -лучи являются жестким (коротковолновым) электромагнитным излучением.

С помощью α -частиц в 1911 г. Э. Резерфорд «проникает» внутрь атома и доказывает существование положительно заряженного атомного ядра, в котором сосредоточена практически вся его масса. В 1919 г., облучая α -частицами легкие газы Резерфорд получает ионизированные ядра водорода, которые он назвал протонами, предположив, что протоны являются структурной частью всех более тяжелых ядер.

Так как масса α -частицы равна приблизительно четырем массам протона, а заряд равен заряду двух протонов, то Резерфорд предсказывает существование электрически нейтральной частицы, масса которой равна массе протона, получившей название нейтрона. В 1932 г. Дж. Чедвик открывает нейтрон в опыте по бомбардировке α -частицами бериллиевой мишени. После этого была предложена модель ядра атома, состоящего из протонов и нейтронов, которые удерживаются особым видом сил – ядерными силами, или сильными взаимодействиями. Они действуют как на протоны, так и на нейтроны, независимо от электрического заряда, но только на малых расстояниях в пределах атомного ядра. Действие этих сил превышает силы электростатического отталкивания между протонами, но на больших расстояниях они значительно ослабевают, уступая электростатическим силам.

Атомное ядро напоминает каплю воды, в которой частицы взаимодействуют лишь с соседними частицами, а частицы, находящиеся на

поверхности капли, стремятся втянуться внутрь, создавая поверхностное натяжение. С увеличением числа частиц в ядре возрастает ее объем, удаленные друг от друга протоны не притягиваются друг к другу ядерными силами, но силы электростатического отталкивания становятся соизмеримыми с силами ядерного взаимодействия. Такие ядра становятся неустойчивыми, электростатические силы разрывают их, что является причиной радиоактивности.

8.2. Ядерные реакции

Изменение структуры ядра превращает атом в другой химический элемент. Ядра, отличающиеся только количеством нейтронов, называются изотопами. Если же изменяется число протонов, то мы получаем новый элемент периодической таблицы Менделеева, обладающий совсем другими химическими свойствами. Помимо радиоактивности ядерные реакции могут происходить при бомбардировке вещества другими частицами (например α -частицами). Особенно удачной оказывается бомбардировка нейтронами, которые электрически нейтральны и поэтому не отталкиваются протонами атомного ядра. Даже медленные нейтроны могут беспрепятственно приблизиться к ядру на расстояние, при котором начинают действовать ядерные силы.

Нейтрон придает ядру дополнительную энергию, после чего ядро может стать нестабильным и «развалиться» на более простые составляющие, которые отталкиваются друг от друга кулоновскими (электрическими) силами. При этом осколки ядра приобретают высокую энергию, которая в настоящее время используется как в мирных (атомные электростанции), так и в военных (атомная бомба) целях. Такие ядерные реакции называются реакциями деления.

Теория утверждает, что возможно лишь расщепление тяжелых ядер, например, ^{233}U , ^{235}U , ^{239}Pu . Типичным примером является деления ядра изотопа урана ^{235}U под действием нейтронов на два осколка с образованием нейтрино и высвобождением энергии. Осколки ядра оказываются радиоактивными, так как по сравнению со своими устойчивыми изотопами содержат излишнее количество нейтронов. Эти

нейтроны могут «выбрасываться» из ядер. При каждом акте деления высвобождается 2-3 нейтрона, каждый из которых в свою очередь может вызвать расщепление еще одного ядра урана. В результате формируется цепная реакция, характеризующаяся лавинообразным расщеплением ядер урана. Для начала цепной реакции необходимо сосредоточить большое количество ядер урана в достаточно компактной области. Минимальная масса урана, при которой начинается цепная реакция деления, называется критической массой.

Делиться могут только относительно неустойчивые тяжелые ядра. В отношении легких ядер (водород, гелий и т.д.) более характерной является реакция ядерного синтеза. Если сложить массы всех нуклонов (протонов и нейтронов), образующих атомное ядро, то получим число, большее, чем действительная масса данного ядра, приведенная в таблице Менделеева. Например для гелия $m_{\text{He}} = 2 \cdot m_p + 2 \cdot m_n + 2 \cdot m_e = 2 \cdot 1,00727 + 2 \cdot 1,00865 + 2 \cdot 0,00055 = 4,03294$, в то время как по таблице $m_{\text{He}} = 4,00261$ (здесь m_p – масса протона, m_n – масса нейтрона, m_e – масса электрона). То есть масса ядра оказывается меньше суммарной массы компонентов, из которого состоит ядро на величину, называемую дефектом масс.

Согласно общей теории относительности дефект масс соответствует энергии $E = \Delta m \cdot c^2$. Эта энергия называется энергией связи. Если частицы, обладающие собственной энергией приблизить друг к другу до расстояний, при которых начинают действовать ядерные силы, то образуется целостная система, энергетически более выгодная (с меньшей внутренней энергией), чем исходная система разрозненных частиц. При этом излишек исходной энергии частиц высвобождается в форме энергии связи, которая может придать определенную скорость образовавшемуся ядру, то есть разогреть получившееся в итоге вещество.

Условия, необходимые для реакции ядерного синтеза, возникают, например, в недрах звезд, где гравитационное сжатие вещества приводит к его разогреву до таких температур, при которых отдельные ядра могут преодолевать силы кулоновского отталкивания и сближаться друг с другом до критических расстояний. Аналогичные условия могут возникать при взрыве атомной бомбы. При этом реакция расщепления урана создает условия, аналогичные условиям в недрах звезд, после чего начинается

реакция синтеза, например, ядер гелия из ядер водорода. На этом принципе основано действие термоядерной бомбы.

8.3. Четыре фундаментальных взаимодействия

Во времена Ньютона была известно лишь одна сила, действующая на расстоянии без видимых посредников – гравитация. С развитием теории электричества были открыты кулоновские (электростатические) силы и затем магнитные. С самого начала чувствовалось наличие связи между электричеством и магнетизмом, доказанной Фарадеем, открывшим явление электромагнитной индукции. Окончательно эта связь оформилась в уравнениях Максвелла, после чего стали говорить об электромагнитных силах, как о едином явлении. С развитием теории атомного ядра к гравитации и электромагнетизму добавилась третья сила, ядерная, получившая название сильного взаимодействия. Затем было открыты еще и так называемые слабые ядерные силы, после чего система фундаментальных взаимодействий свелась к четырем компонентам: гравитационное, электромагнитное, сильное и слабое.

Открытие слабого взаимодействия связано с явлением распада нейтрона, названного β -распадом. Нейтрон является очень нестабильной частицей. Время его жизни в свободном состоянии составляет около 15 минут, после чего он распадается, порождая протон, электрон и нейтрино с выделением заметного количества энергии. В β -распаде проявляется новая и чрезвычайно слабая сила, которую назвали слабым взаимодействием. Следует отметить, что в составе атомного ядра нейтрон может существовать практически неограниченно долго. Природа часто соединяет неустойчивые элементы в какую-то устойчивую систему, в рамках которой данные элементы могут существовать длительное время.

Наличие в природе всего четырех фундаментальных сил порождает в науке идею объединить все эти силы в рамках одной «суперсилы», из которой в качестве частных проявлений следовали бы все остальные силы. Поиск такой силы был начат еще Эйнштейном, пытавшимся построить единую теорию поля, объединив гравитацию и электромагнетизм на основе общей теории относительности, то есть на основе геометрической

модели поля (геометрия Минковского). Эйнштейну это сделать не удалось. Однако уже в 60-х годах XX века было показано, что математически слабое ядерное взаимодействие можно объединить с электромагнетизмом. В 1983 г. данная теория нашла экспериментальное подтверждение. К этому времени теоретики выдвинули более амбициозную теорию, объединяющую с электромагнетизмом и слабым взаимодействием еще и сильное ядерное взаимодействие. Одновременно были получены результаты в области гравитации, показывающие, каким образом гравитационное взаимодействие можно было бы объединить с другими типами взаимодействий.

В настоящее время имеется уже множество попыток построить теорию великого объединения всех типов взаимодействий.

9. РАЗВИТИЕ ОСНОВНЫХ КОНЦЕПЦИЙ ХИМИИ

Основу современной химии заложил в XVII в. английский химик и богослов Роберт Бойль (1627-1691), который, по словам Энгельса, «сделал из химии науку». Бойль решительно порвал как с представлениями о четырех стихиях – вечных элементах всего существующего, так и со сменившими их представлениями алхимиков о начале всех веществ из ртути, серы и философской соли. В 1661 г. он сформулировал первое научное определение химического элемента, ввел в химию экспериментальный метод и положил начало анализу.

С конца XVII в. задачей химии становится разложение соединений на составные части и образование из этих частей снова этих соединений. Начинается бурное открытие новых химических элементов. До XVI в. было известно 9 элементов – углерод, сера, железо, олово, свинец, медь, ртуть, серебро и золото, в XVI в. были открыты еще четыре – мышьяк, сурьма, висмут и цинк, в 1669 г. открыт фосфор. В XVIII в. было открыто 18 элементов, а в XIX в. – 49.

Также основателем современной химии является французский ученый Антуан Лавуазье (1743-1794). Одна из первых работ Лавуазье была посвящена вопросу «можно ли воду превратить в землю?» (1770). Этой работой он окончательно разрешил вопрос, долгое время остававшийся спорным. Затем Лавуазье занимается исследованием газов и устанавливает, что при окислении металлов под действием огня вес окисла больше веса металла, но увеличение веса происходит за счет воздуха, а не за счет огня, как утверждал Бойль.

В 1767 г. Кавендиш открыл водород. Лавуазье и ряд других химиков изучили процесс горения водорода и нашли, что продуктом этого горения является вода. Найдя, что при сжигании органических соединений выделяется вода и углекислый газ, Лавуазье пришел к выводу о составе органических соединений из водорода, углерода и кислорода и дал первые примеры органического анализа.

Лавуазье принадлежит первая в истории химии попытка систематизации химических элементов. Параллельно с работой над

классификацией Лавуазье много занимался упрощением химической номенклатуры. Новая номенклатура внесла простоту и ясность в химический язык, очистив его от сложных и запутанных терминов, которые пришли еще от алхимии, были произвольными и часто лишены всякого смысла.

Среди трудов ученых, работавших на рубеже XVIII-IX вв., большое значение имеют исследования английского физика и химика Дальтона (1766-1844), который возродил древнюю атомистическую теорию строения веществ, объяснив ею закон кратных отношений в химических соединениях. С признанием положений, выдвинутых Дальтоном, твердо установилась численная сторона изучения химических соединений и точный язык химических формул. Не меньшую роль в развитии химии сыграл итальянский физик и химик Авогадро (1776-1856), выдвинувший молекулярную гипотезу строения вещества.

Берцелиус открыл церий, селен, кремний, торий, в 1812-1819 гг. создал электрохимическую теорию химического сродства и на ее основе построил классификацию элементов соединений и минералов, определил атомные массы всех известных к тому времени 45 элементов, ввел современные обозначения химических элементов, которые вытеснили менее удачные обозначения, предложенные Дальтоном. Берцелиус выдвинул электрохимическую теорию, согласно которой молекулы любого вещества образуются из атомов за счет электростатического притяжения разноименно заряженных атомов или атомных групп.

Особую роль в истории химии сыграл русский ученый Д.И.Менделеев (1834-1907). Он в 1869 г. открыл периодический закон химических элементов – один из основных законов естествознания. В настоящее время Периодический закон Менделеева принят во всем мире. Менделеев является автором фундаментальных исследований по химии и химической технологии. Его труд «Основы химии» (1871) стал первым стройным изложением неорганической химии.

Конец XIX в. ознаменовался тремя выдающимися открытиями в области физики, в результате которых была доказана сложная структура атома, прежде считавшегося неделимым. Были открыты рентгеновские

лучи, явление радиоактивности и электрон, это положило начало новому этапу в развитии химии.

После того как Э.Резерфорд установил существование атомных ядер и в 1911 г. предложил планетарную модель атома, началась успешная разработка теории строения атома, появились новые представления об электрической природе химических сил.

Еще более глубокое понимание Периодического закона было достигнуто на основании работ Н.Бора и других ученых, показавших, что по мере перехода от элементов с меньшими атомными номерами к элементам с большими их значениями происходит заполнение электронами оболочек (уровней и подуровней), все далее расположенных от ядра. При этом периодически повторяется сходная структура внешних электронных конфигураций, от чего и зависит в основном периодичность химических и большинства физических свойств элементов и их соединений.

Современная теоретическая химия основана на общезначимом учении о строении материи, на достижениях квантовой механики и статистической физики. Применение методов квантовой механики к решению химических задач привело к возникновению квантовой химии. Был разработан метод молекулярных орбиталей, рассматривающий целостную электронную структуру молекулы. На его основе рассчитываются энергетические и электронные параметры молекул.

В современной химии накапливаются данные о химической эволюции вещества во Вселенной, что позволяет составить общую картину эволюции природы.

Контрольные вопросы

1. В чем суть явления радиоактивности?
2. Где сосредоточена практически вся масса атома?
3. Где проявляется сильное взаимодействие?
4. Почему с увеличением числа частиц в ядре ядра становятся неустойчивыми?
5. Что такое изотопы?

6. Опишите кратко цепную реакцию деления ядер урана.
7. В чем суть реакций ядерного синтеза?
8. Где в природе происходят реакции термоядерного синтеза?
9. Назовите четыре фундаментальных взаимодействия.
10. Назовите имена ученых, способствовавших становлению основных концепций в химии.

10. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЖИВЫХ СИСТЕМ

10.1. Признаки живых систем

Живое отличается необычайным разнообразием, оно представлено неисчислимым множеством видов живых существ. На Земле известно более 3000 видов прокариот (бактерий и сине-зеленых водорослей), более 450000 видов растений и более 1,2 млн. видов животных.

К признакам живых систем относится их типичный химический состав, для которого характерно присутствие **нуклеиновых кислот и белков**, т. е. макромолекул, состоящих из аperiodически соединенных мелких субъединиц и поэтому намного превосходящих по своему разнообразию весь мир живых существ. В организме макромолекулы постоянно синтезируются заново и распадаются (оборот, или обновление). Такого рода **обмен веществ** – важный признак живых систем – делает необходимыми механизмы для использования внешних источников энергии (либо богатых энергией веществ, т. е. пищи, либо света), поскольку процессы синтеза требуют расхода энергии. Поэтому живые системы – это **открытые системы**, через которые проходят потоки вещества и энергии; эти системы находятся в динамическом стационарном состоянии, но в то же время отграничены от окружения структурами, которые затрудняют обмен веществами, сводят к минимуму потери веществ и служат для поддержания пространственного единства системы. Эта обособленность, или индивидуализация, начинается на клеточном уровне – клетка ограничена мембраной – и продолжается дальше у многоклеточных организмов, которые, будучи отдельными особями, отграничены от окружающей среды покровными тканями.

Многообразие различных метаболических реакций делает необходимым разграничение пространств, в которых они происходят (**компарментализацию**). Так, уже в клетке присутствие внутренних мембран ведет к обособлению различных органелл: **структурная сложность** живого начинается с макромолекул, продолжается на уровне таких структур, как мембраны и органеллы, а далее клетки и – у

многоклеточных организмов – ткани, органы, системы органов, вплоть до целых организмов (особей). В конце концов, на надорганизменном уровне, она приводит к образованию сложных сообществ организмов (биоценозов), в основе которых лежат многообразные взаимодействия и взаимозависимости между особями одного вида и разных видов.

Процессы обмена веществ регулируются с помощью особого **биологического катализа** (катализаторами служат белки). Для сохранения живой системы важно, чтобы в процессе ее метаболизма синтезировались не любые макромолекулы, а все время одни и те же. Это стало возможным благодаря удивительному изобретению природы – **матрицам**, которые состоят из нуклеиновой кислоты и представляют собой «чертежи» для синтеза видоспецифических молекул, т. е. содержат информацию о структуре этих молекул. Таким образом, матрицы служат для **воспроизведения** системы. Сама матрица (в отличие от всех других молекул) обладает способностью к идентичному самоудвоению (репликации) и тем самым обеспечивает способность к **самовоспроизведению** всей живой системы. Превышение синтеза молекул над их распадом приводит к росту, а затем, когда части организма отделяются от него, – к **размножению**. Так как матрица реплицируется *идентично*, размножение связано с **наследованием** специфических для системы признаков. Размножение необходимо для того, чтобы поддерживать существование систем данного типа: оно позволяет компенсировать или даже с избытком покрывать потери, приносимые разрушением (смертью) живых систем. У сложных (многоклеточных) организмов отделяющиеся при размножении части, как правило, малы (это одиночные клетки). Постепенно изменяясь в процессе индивидуального **развития**, они превращаются в новые, полностью сформированные системы того же типа.

Для поддержания неизменности живых систем даже в меняющихся условиях внешней среды необходимо внутреннее **регулирование** самых различных процессов, которое приводит к взаимной подстройке этих процессов и их подчинению единому порядку. Использование принципа **обратной связи** позволило создать кибернетические регулирующие системы для поддержания постоянства параметров внутренней, а иногда и внешней, среды (**гомеостаза**). Во всякой живой клетке, например, такие

системы построены на химической основе, в целом животном организме – на нервной основе, а в сообществах организмов – на основе многообразных внутривидовых и межвидовых взаимодействий. Все эти системы способны к **саморегуляции** и являются самоорганизующимися системами высокой функциональной сложности.

Для жизни необходимо также целесообразное, т. е. способствующее сохранению системы, реагирование на воздействия внешней среды. Поэтому к признакам систем относятся также **способность отвечать на раздражение** (раздражимость) и **способность к движению**. Приспособляемость к внешней среде в больших масштабах времени основана на **наследственной изменчивости** организмов, т. е. на свойстве, противоположном способности к идентичному самовоспроизведению. Случайные ошибки при репликации матрицы делают возможным отбор, которому подвергаются измененные системы. Отбор – это оптимизирующее влияние внешней среды, он привел к образованию бесчисленных видов организмов из одного-единственного типа доисторической живой системы; это фактор **позитивной эволюции** организмов, их эволюционного изменения, при котором они всё лучше приспособляются к внешней среде, изменяющейся в ходе истории Земли.

Происхождение всех земных существ **от общего корня** подтверждается далеко идущими совпадениями в их самых фундаментальных особенностях. Это относится и к структурным признакам, например к строению определенных молекул нуклеиновых кислот или строению клетки, и к функциональным признакам, таким как общность путей метаболизма или единство генетического кода. Но надо помнить, что даже первые живые системы, возникшие из неживого, были уже продуктом какого-то развития.

Хотя все современные живые системы нашей планеты в результате миллиардов лет эволюции произошли из неживого, они резко отличаются от объектов физики – неживых систем. Это отличие состоит не в присутствии каких-то неуловимых метафизических свойств – все законы физики верны и для живого, – а в высокой **структурной и функциональной сложности** живых систем. Эта особенность включает

все названные выше признаки и делает состояние жизни качественно новым свойством материи. Живые системы представляют собой **особую ступень развития (форму движения) материи.**

Уже своим характерным химическим составом (нуклеиновые кислоты и белки) земные организмы достаточно четко отграничены от неживого. Пограничное в некотором смысле положение занимают вирусы, происходящие от частей живых систем и состоящие из нуклеиновых кислот и белков, но не являющиеся живыми. Они способны размножаться только с помощью хозяина, проникнув в него и используя его метаболический аппарат. Исходя из этого, можно дать такое *определение живого*: **живыми называются такие системы, которые обладают нуклеиновыми кислотами и белками и способны сами синтезировать эти вещества.** Это определение неприменимо к древнейшим ступеням возникновения жизни, а также к существующим, возможно, внеземным живым системам, которые могут быть устроены иначе.

Другое определение основано на способности живых систем к **разделению энтропии.** Согласно второму закону термодинамики, в природе в целом и в каждой изолированной системе энтропия всегда увеличивается, а так как величина энтропии характеризует степень неупорядоченности, упорядоченность всегда уменьшается. Но живые системы, расходуя энергию, не только поддерживают присущее им состояние упорядоченности – степень организованности, но и еще увеличивают его, например при росте. Это означает, что в живых организмах энтропия уменьшается. И все же второй закон термодинамики остается верным, так как в результате жизнедеятельности организма в окружающей его среде прирост энтропии оказывается больше, чем ее уменьшение внутри организма (это и есть разделение энтропии). Ведь живые существа – не изолированные, а открытые системы.

Это позволяет сформулировать определение живого следующим образом: **живыми называются такие системы, которые способны самостоятельно поддерживать и увеличивать свою очень высокую степень упорядоченности в среде с меньшей степенью упорядоченности.**

Подразделение биологии на отдельные науки можно проводить по-разному. По предмету науки выделяют микробиологию, ботанику и зоологию.

Частная микробиология, ботаника или зоология занимается множеством отдельных видов и естественной системой их родства (систематика, или таксономия). Общая микробиология, ботаника или зоология по возможности абстрагируется от видовых особенностей организмов; главные ветви этих наук – морфология, изучающая структуру, и физиология, занимающаяся функциями организмов (физиология обмена веществ, роста, развития, движения, органов чувств). Генетика (учение о наследственности) вначале была ветвью физиологии развития, но сейчас в значительной мере приобрела самостоятельность.

В самых разных областях биологии (в таксономии, морфологии, физиологии, генетике и др.) все возрастает значение пограничных дисциплин, связывающих биологию с соседними науками, – биохимии и биофизики.

По изучаемому структурному уровню живого различают молекулярную биологию, затем учение о клетке, или цитологию (она включает цитоморфологию, цитофизиологию, цитогенетику и цитохимию), учение о тканях, или гистологию, учение об органах, или органологию (органографию и физиологию органов), организменную биологию (к ней относится, например, учение о поведении – этология) и надорганизменную биологию. Ветви надорганизменной биологии изучают распространение организмов (биогеография) и их взаимоотношения с внешней средой (экология). На самом низшем (молекулярная биология) и самом высшем (экология) уровнях этой системы наук границы между структурой и функцией, морфологией и физиологией стираются.

По преобладающим методам можно различать описательную (например, морфологию), экспериментальную (например, физиологию) и теоретическую биологию.

10.2. Краткий исторический очерк проблемы жизни

Издавна существуют две противоположные точки зрения в оценке явления жизни. Представители **механицизма** отвергают всякое противопоставление живого и неживого, исходя при этом из того, что биологические явления полностью объяснимы физико-химическими закономерностями. **Витализм** отрицает сводимость процессов жизни к физике и химии и полагает, что в живых существах присутствуют особые, отличные от физико-химических жизненные факторы, которые и придают живым организмам их целостность, упорядоченность и способность стремиться к определенным целям.

10.2.1. Механицизм

Понятие «механицизм» используется для характеристики гносеологической точки зрения на проблему живого по меньшей мере в четырех различных смыслах:

1. Собственно механицизм. Попытки объяснить жизнь, исходят только из принципов ньютоновской механики. В таком смысле это слово теперь больше не употребляется.

2. Механицизм как машинная теория. Взгляд на жизненные процессы как на сумму изолированных физических или химических процессов, которые протекают на статичных, раз навсегда установленных структурах. Эта теория восходит к Декарту (1596–1650). Достигла наивысшего развития и завершения у иатрофизиков (Борелли, Перро и др., 17-й век).

3. Механицизм как физикализм. Объяснение жизненных процессов на основе только физики и химии.

4. Механицизм как каузализм. Нет действия без причины. Термин больше не должен употребляться в этом смысле, так как современные виталисты уже не утверждают, что постулируемая ими «жизненная сила» нарушает принцип причинности.

Под впечатлением огромных успехов физики и химии во второй половине 19-го века утвердилось представление, согласно которому всем происходящим в органических телах управляют те же силы и законы, что и в неорганических. Участие в этом какой-то жизненной силы уже не признавалось (Теодор Шванн, Карл Людвиг, Герман Гельмгольц, Эрнст

Геккель, Август Вейсман и др.). В книге Людвиг Бюхнера «Сила и материя» (1855) говорится: «Таким образом, принцип жизни сводится к процессам обмена веществ, идущим по химическим, физическим и механическим законам. Правда, основательно изучена пока лишь очень малая часть этих процессов. Но этот недостаток наших знаний не дает нам права ссылаться на какую-то особую, действующую только в живых телах силу – ведь это всего лишь отговорка или способ скрыть от нас самих наше незнание».

В очень многих случаях удалось свести взаимосвязи и явления, свойственные жизни, к закономерностям физики и химии.

Механистические теории сильно стимулировали это причинно-аналитическое изучение отдельных процессов. Почему бы, говорили сторонники механицизма, нельзя было в дальнейшем объяснить подобным же образом, исходя из физики и химии, и саму основу жизни? «Нет причин считать, что живая материя подчиняется иным законам, чем те, которые управляют неживой материей, и есть достаточные основания полагать, что все поведение живой материи удастся теоретически объяснить средствами физики и химии» (Бертран Рассел, 1951). Если это так, то в один прекрасный день биология как самостоятельная наука исчезнет и, подобно химии, должна будет влиться в физику. Эрвин Шредингер (1946) пишет, что «живая материя, хотя она и не отклоняется от установленных к настоящему времени физических законов, вероятно, подчиняется и другим, еще не открытым физическим законам, которые, когда они будут ясно познаны, составят такую же неотъемлемую часть физики, как и первые».

10.2.2. Витализм

Разнообразные виталистические учения сходятся лишь в том, что органическое не полностью объяснимо физико-химическим, что на все происходящее в нем действуют еще и особые «жизненные» факторы («жизненные силы»).

Корни витализма, как и механицизма, уходят в классическую древность (Аристотель, 384–322 г. до н. э.). Для витализма нового времени (Г.Э. Шталь, 1660–1734) самое главное – душа, она управляет телом и не допускает его распада. В 18-м и 19-м веках сторонниками этого учения

были прежде всего П.Ж. Бартез, К. Биша, затем К.Ф. Вольф, И.Ф. Блюменбах, Г.Р. Тревиранус, К.Э. фон Бэр, И. Мюллер. Во второй половине 19-го века витализм утратил привлекательность. Наиболее известный представитель неовитализма Г. Дриш (1876–1941) избежал одной ошибки старых виталистов: он не позволял своему «жизненному фактору» вмешиваться в принцип причинности и учил, что явления, свойственные организму как целому, должны объясняться присутствием внепространственного «детерминанта становления», некой «причиной, создающей целостность». Он назвал этот фактор заимствованным у Аристотеля понятием «энтелехия». Энтелехия управляет процессом жизни так, что он протекает планомерно, создавая и поддерживая целостность организма.

Постепенно витализму приходилось сдавать одну позицию за другой. «Жизненная сила» прежних виталистов еще считалась способной «изменять, а частично даже отменять силы, законы и соотношения химической природы» (Гуфеланд, 1795). Мнение, что органические вещества могут возникать только с помощью «жизненной силы», было опровергнуто синтезом мочевины (Вёлер, 1828). Представление о том, что разложение сахаров (при брожении или дыхании) – особая прерогатива живых клеток (Пастер), опроверг Бухнер, который в 1897 г. получил из дрожжевых клеток бесклеточный ферментный экстракт, сбраживающий сахар. Особенно серьезный удар витализму нанесло доказанное Рубнером (1854–1932) положение, что закон сохранения энергии действителен и в органическом мире.

Всякое признание существования энтелехии и подобных сил, всякий витализм в конечном итоге приводят к психизму («психовитализму») и мистицизму. Понятие жизненной силы используется антропоморфическим образом для обозначения некой единственной причины, которая должна объединять множество идущих в организме процессов в гармоничное целое. «Представление о такой силе имеет свои корни в учении о субстанциальной душе. Ибо только из внутреннего переживания осознанного действия мы приходим к представлению, что все возможные желаемые цепи процессов пускаются в ход одним «решением», за которым стоит «я» как управляющая психическая сила» (Ротшу, 1959).

10.3. Элементарный состав живых организмов

Из известных к настоящему времени элементов лишь немногие постоянно встречаются в живых организмах. В первую очередь это имеющиеся в больших количествах в природе (и необходимые!) **макроэлементы**: Н, С, О, N, S, P, Са, Mg, К, Fe и характерные для животных Na и Cl.

Регулярно в меньших количествах встречаются столь же необходимые для жизни **следовые элементы (микроэлементы)**: Cu, Mn, Zn, Mo, Co, у животных также F, J, Se, у растений – Cl и В. Есть еще элементы, которые встречаются только у определенных видов организмов (или случайно попадают в них).

В живой и неживой природе распространенность отдельных элементов весьма различна. Например, относительное количество железа в неорганической природе (земной коре, гидросфере и атмосфере) в 300 раз больше, чем в организме человека, тогда как углерода, наоборот, в нас самих в 200 раз больше, чем в окружающей неживой среде. Таким образом, живые организмы способны избирательно поглощать из окружающей среды определенные элементы. В живых организмах накапливаются главным образом элементы с низшими атомными массами. Однако некоторые элементы с высокой атомной массой (например, молибден – 95,94) тоже жизненно необходимы.

10.4. Химическая основа жизни

В количественном отношении первое место среди химических соединений занимает **вода** (в организме человека около 60%, у медузы – 96% и больше). Вода служит растворителем, средством внутреннего транспорта и средой для большинства процессов обмена веществ. Значительная часть остальных неорганических компонентов – **минеральных веществ** – находится в водном растворе.

Число **органических соединений**, состоящих главным образом из С, Н, О, N, S и P, в живом организме чрезвычайно велико; они принадлежат в основном к четырем классам – белкам, липидам, углеводам и нуклеиновым кислотам. У животных количественно преобладают белки, у растений –

углеводы. Даже бактерии *Escherichia coli* содержат более 5000 различных органических веществ, в том числе около 3000 белков и 1000 нуклеиновых кислот. У человека число белков оценивают в 5 млн.; примерно 1,2 млн. живых организмов содержит в совокупности около 10^{11} различных белков.

До того, как Вёлер синтезировал щавелевую кислоту (1824 г.) и мочевины (1828 г.), считали, что «органические» соединения могут создаваться только живыми организмами. В настоящее время синтез сложнейших, в том числе не встречающихся в живой природе органических соединений представляет широкое поле деятельности для химиков. Однако вопреки мнению многих исследователей конца прошлого века, например Эрнста Геккеля, ни одно из органических веществ, выделенных из живых организмов или синтезированных химиками, не проявляет свойств живого. Не существует изолированных «живых веществ». Только организованное взаимодействие различных веществ порождает то, что мы называем жизнью.

10.5. Структурная организация живых систем

Живое выступает в форме определенных образований – «живых организмов». Они отличаются сложной, вплоть до молекулярного уровня, структурной организацией (рис.6); говорят о «безграничной гетерогенности живых систем» (К.С. Тринчер). Наоборот, машина состоит из определенного числа неподвижных или подвижных частей, каждая из которых гомогенна.

Клетка, открытая в прошлом веке и признанная общим структурным элементом всех живых организмов, как многоклеточных животных и растений, так и одноклеточных «протистов», в высокой степени структурирована. Кроме клеточного ядра, обнаруженного Р. Брауном в 1833 г., в теле живой клетки – протоплазме – выявлены (частично лишь с помощью электронного микроскопа) многочисленные образования с собственными мембранами (например, митохондрии, пластиды, лизосомы и т.д.).

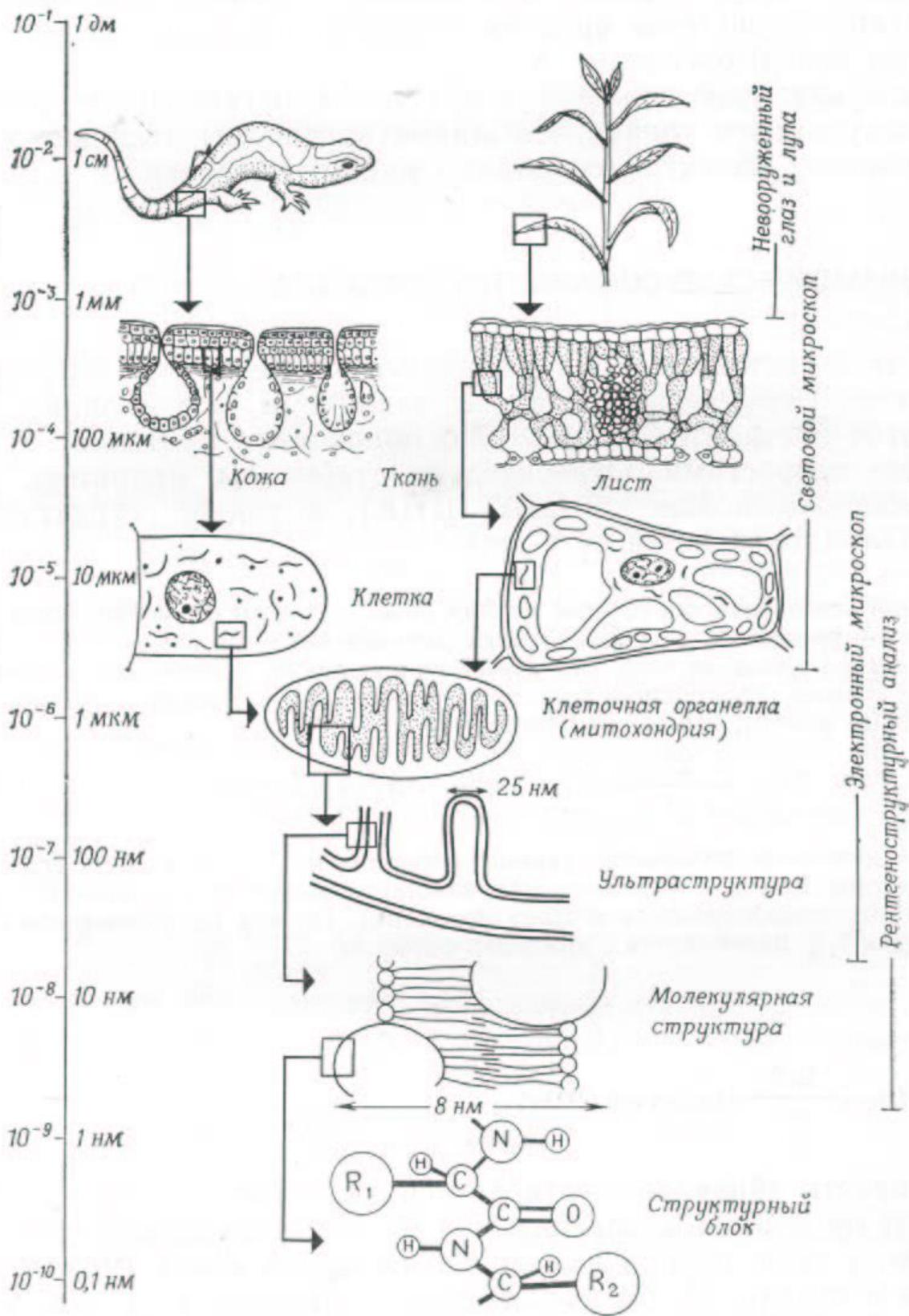


Рис. 6. Структурная организация живых систем до молекулярного уровня

Клетка, ограниченная снаружи плазматической мембраной, оказалась расчлененной внутренними мембранами на несколько вложенных друг в друга пространств, или отделений (компарментов). Мембраны имеют характерную молекулярную организацию.

Если уже каждая клетка определенным образом структурирована и организована, то у многоклеточных организмов из множества однотипных клеток образуются новые структурные единства – ткани, из различных тканей – органы, а из нескольких органов – системы органов, которые, наконец, вместе составляют живой организм.

Благодаря этой сложной структурной организации вплоть до молекулярного уровня все живые организмы отличаются от всех неживых объектов, созданных руками человека.

Контрольные вопросы

1. Назовите признаки живых систем.
2. Дайте определение живого.
3. На какие отдельные науки подразделяется биология?
4. Охарактеризуйте две противоположные точки зрения в оценке явления жизни.
5. Какие химические элементы встречаются в живых организмах?
6. Какие химические соединения характерны для живого?
7. В чем состоит сложность структурной организации живых организмов?

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

естественные науки, совокупность наук о природе, в отличие от обществоведения (наук об обществе).

НАУКА

сфера человеческой деятельности, функция которой – выработка и теоретическая систематизация объективных знаний о действительности; одна из форм общественного сознания; включает как деятельность по получению нового знания, так и ее результат – сумму знаний, лежащих в основе научной картины мира; обозначение отдельных отраслей научного знания. Непосредственные цели – описание, объяснение и предсказание процессов и явлений действительности, составляющих предмет ее изучения, на основе открываемых ею законов. Система наук условно делится на естественные, общественные, гуманитарные и технические науки. Зародившись в древнем мире в связи с потребностями общественной практики, начала складываться с 16-17 вв. и в ходе исторического развития превратилась в важнейший социальный институт, оказывающий значительное влияние на все сферы общества и культуру в целом. Объем научной деятельности с 17 в. удваивается примерно каждые 10-15 лет (рост открытий, научной информации, числа научных работников). В развитии науки чередуются экстенсивные и революционные периоды – научные революции, приводящие к изменению ее структуры, принципов познания, категорий и методов, а также форм ее организации; для науки характерно диалектическое сочетание процессов ее дифференциации и интеграции, развития фундаментальных и прикладных исследований. См. Научно-техническая революция.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

(НТР), коренное, качественное преобразование производительных сил на основе превращения науки в ведущий фактор развития общественного производства, непосредственную производительную силу. Началась с сер. 20 в. Резко ускоряет научно-технический прогресс; оказывает воздействие на все стороны жизни общества. Предъявляет возрастающие требования к

уровню образования, квалификации, культуры, организованности, ответственности работников. Возникла под влиянием крупнейших научных и технических открытий, возросшего взаимодействия науки с техникой и производством.

КОНЦЕПЦИЯ

(от лат. *conceptio* – понимание, система), определенный способ понимания, трактовки каких-либо явлений, основная точка зрения, руководящая идея для их освещения; ведущий замысел, конструктивный принцип различных видов деятельности. В «Толковом словаре живого великорусского языка» Владимира Даля слово концепция трактуется как «понятие, образ понятия, способ понимания, соображения и выводы». В более позднем «Толковом словаре» под ред. Ушакова под этим словом понимается замысел, теоретическое построение, то или иное понимание чего-либо.

ПАРАДИГМА

(от греч. *paradeigma* – пример, образец), в философии, социологии – исходная концептуальная схема, модель постановки проблем и их решения, методов исследования, господствующих в течение определенного исторического периода в научном сообществе. Смена парадигм представляет собой научную революцию.

КУЛЬТУРА

(от лат. *cultura* – возделывание, воспитание, образование, развитие, почитание), исторически определенный уровень развития общества, творческих сил и способностей человека, выраженный в типах и формах организации жизни и деятельности людей, в их взаимоотношениях, а также в создаваемых ими материальных и духовных ценностях. Понятие «культура» употребляется для характеристики определенных исторических эпох (античная культура), конкретных обществ, народностей и наций (культура майя), а также специфических сфер деятельности или жизни (культура труда, политическая культура, художественная культура); в более узком смысле – сфера духовной жизни людей. Включает в себя предметные результаты деятельности людей (машины, сооружения, результаты познания, произведения искусства, нормы морали и права и т. д.), а также человеческие силы и способности, реализуемые в деятельности

(знания, умения, навыки, уровень интеллекта, нравственного и эстетического развития, мировоззрение, способы и формы общения людей).

ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНАЯ И ГУМАНИТАРНАЯ КУЛЬТУРА

Сторонники ЕНК считают, что именно естествознание с его точными методами исследования должно стать образцом, которому должны подражать гуманитарные науки. Наиболее радикальные – позитивисты – считают идеалом науки математическую физику, а методом построения любого научного знания – аксиоматико-дедуктивный способ математики. Сторонники ГК считают, что такой взгляд не учитывает всей сложности и специфики гуманитарного исследования и поэтому является явно утопическим и мало продуктивным. Наиболее радикальные – антипозитивисты – вовсе отказываются признать общность и единство между гуманитарным и естественнонаучным познанием. С появлением таких методов исследования как системный подход, концепции самоорганизации и эволюции и др. прежняя конфронтация между естествоиспытателями и гуманитариями существенно ослабла. Системный подход ориентирует исследователя на целостный охват изучаемых процессов и явлений в их взаимосвязи и взаимодействии с другими явлениями и тем самым предостерегает его от односторонности, неполноты и ограниченности результатов. Эволюционный взгляд на явления, события и процессы помогает понять их роль в общем процессе развития. Самоорганизация раскрывает некоторые внутренние механизмы эволюции.

МЕТОД

(от греч. *methodos* – путь исследования, теория, учение), способ достижения какой-либо цели, решения конкретной задачи; совокупность приемов или операций практического или теоретического освоения (познания) действительности. В философии метод – способ построения и обоснования системы философского знания.

НАУЧНЫЙ МЕТОД

Представляет воплощение единства всех форм знаний о мире. Тот факт, что познание в естественных, технических, социальных и гуманитарных науках в целом совершается по некоторым общим

принципам, правилам и способам деятельности, свидетельствует 1) о взаимосвязи и единстве этих наук и 2) об общем, едином источнике их познания, которым служит окружающий нас объективный реальный мир: природа и общество.

ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ

Как философские категории, пространство – форма сосуществования материальных объектов и процессов (характеризует структурность и протяженность материальных систем); время – форма и последовательные смены состояний объектов и процессов (характеризует длительность их бытия). Пространство и время имеют объективный характер, неразрывно связаны друг с другом, бесконечны.

ПРИНЦИП ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

фундаментальный физический закон, согласно которому любой процесс протекает одинаково в изолированной материальной системе, находящейся в состоянии покоя, и в такой же системе в состоянии равномерного прямолинейного движения. Состояния движения или покоя определяются по отношению к произвольно выбранной инерциальной системе отсчета. Принцип относительности лежит в основе специальной теории относительности Эйнштейна.

СИММЕТРИЯ

(от греч. *symmetria* – соразмерность), в широком смысле – инвариантность (неизменность) структуры, свойств, формы материального объекта относительно его преобразований (т. е. изменений ряда физических условий). Симметрия лежит в основе законов сохранения.

ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

законы, согласно которым численные значения некоторых физических величин не изменяются с течением времени при различных процессах. Важнейшие законы сохранения – законы сохранения энергии, импульса, момента количества движения, электрического заряда. Кроме этих строгих законов сохранения существуют приближенные законы сохранения, которые справедливы лишь для определенного круга процессов; напр., сохранение четности нарушается лишь слабыми взаимодействиями.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

философская категория, отражающая процессы воздействия объектов друг на друга, их взаимную обусловленность и порождение одним объектом другого. Взаимодействие – универсальная форма движения, развития, определяет существование и структурную организацию любой материальной системы.

БЛИЗКОДЕЙСТВИЕ

представление, согласно которому взаимодействие между удаленными друг от друга телами осуществляется с помощью промежуточных звеньев (или среды), передающих взаимодействие от точки к точке с конечной скоростью.

ДАЛЬНОДЕЙСТВИЕ

(действие на расстоянии), представление, согласно которому действие тел друг на друга передается мгновенно через пустоту на сколь угодно большие расстояния. Открытие электромагнитного поля показало, что концепция дальнего действия неверна (60-80-е гг. 19 в.).

ПРИНЦИП СУПЕРПОЗИЦИИ

1) В классической физике: результирующий эффект от нескольких независимых воздействий; представляет собой сумму эффектов, вызываемых каждым воздействием в отдельности. Справедлив для систем или полей, описываемых линейными уравнениями; важен в механике, теории колебаний и волн, теории физических полей. 2) 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 суперпозиции состояний).

ПРИНЦИП НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

фундаментальное положение квантовой теории, утверждающее, что характеризующие физическую систему т. н. дополнительные физические величины (напр., координата и импульс) не могут одновременно принимать точные значения; отражает двойственную, корпускулярно-волновую природу частиц материи (электронов, протонов и т. д.).

ПРИНЦИП ДОПОЛНИТЕЛЬНОСТИ

сформулирован Н. Бором, согласно данному принципу при экспериментальном исследовании микрообъекта могут быть получены точные данные либо о его энергиях и импульсах, либо о поведении в пространстве и времени. Эти две взаимоисключающие картины: энергетически-импульсная и пространственно-временная, получаемые при взаимодействии микрообъекта с соответствующими измерительными приборами, «дополняют» друг друга. Принцип дополнительности сыграл важную роль при формировании квантовой механики.

ЭНТРОПИЯ

(от греч. entropia — поворот, превращение) (обозначается S), функция состояния термодинамической системы, изменение которой dS в равновесном процессе равно отношению количества теплоты dQ , сообщенного системе или отведенного от нее, к термодинамической температуре T системы. Неравновесные процессы в изолированной системе сопровождаются ростом энтропии, они приближают систему к состоянию равновесия, в котором S максимальна. Понятие «энтропия» введено в 1865 Р. Клаузиусом. Статистическая физика рассматривает энтропию как меру вероятности пребывания системы в данном состоянии (Больцмана принцип). Понятием энтропии широко пользуются в физике, химии, биологии и теории информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клягин, Н. В. Современная научная картина мира [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н. В. Клягин. - М.: Логос, 2014. - 264 с. - ISBN 978-5-98704-553-4.
2. Концепции современного естествознания: Практикум / В.П. Романов. - 3-е изд., испр. и доп. - М.: Вузовский учебник: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 128 с.: 60x90 1/16. (обложка) ISBN 978-5-9558-0397-5.
3. Разумов В. А. Концепции современного естествознания: Учебное пособие / В.А. Разумов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 352 с.: 60x90 1/16 + (Доп. мат. znanium.com). - (Высшее образование: Бакалавриат). (переплет) ISBN 978-5-16-009585-1.
4. Рузавин Г. И. Концепции современного естествознания: Учебник / Г.И. Рузавин. - 3-е изд., стер. - М.: ИНФРА-М, 2014. - 271 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-16-004924-3.
5. Тулинов В. Ф. Тулинов, В. Ф. Концепции современного естествознания [Электронный ресурс] : Учебник / В. Ф. Тулинов, К. В. Тулинов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2013. - 484 с. - ISBN 978-5-394-01999-9.
6. Физика и естествознание. Практические работы: Учебное пособие / С.Б. Акименко, О.А. Яворук. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 52 с.: 60x88 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат). (обложка) ISBN 978-5-369-01104-1.