

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ МЕНЕДЖМЕНТА»

И. Г. КИРИН

КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Курс лекций

3-е издание, исправленное и дополненное

Оренбург
2015

УДК 50(075.8)
ББК 20я73
К43

Рецензенты: доктор биологических наук, профессор М. С. Сеитов (ГОУ ВПО Оренбургский государственный аграрный университет), кандидат экономических наук, доцент М. П. Ситкова (Оренбургский филиал АТ и СО).

Кирин, И. Г.
К43 Концепции современного естествознания: курс лекций / И. Г. Кирин. – 2-е изд., испр. и доп. – Оренбург: ФГБОУ ВПО «ОГИМ», 2015. – 246 с.

Курс лекций подготовлен в соответствии с требованиями государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по дисциплине «Концепции современного естествознания». Цель издания – помочь студентам экономических специальностей овладеть новым предметом. Для этого в сжатой и доступной форме изложен полный курс данной дисциплины, освещены самые важные современные концепции наук о неживой и живой природе.

Для студентов, менеджеров, экономистов, аспирантов, преподавателей экономических вузов, слушателей курсов повышения квалификации и бизнес-школ, а также для широкого круга читателей, интересующихся различными аспектами естествознания.

УДК 50(075.8)
ББК 20я73

ISBN 978-5-9723-0104-1

© Кирин И. Г., 2015
© ФГБОУ ВПО «ОГИМ», 2015

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ЛЕКЦИЯ 1. Естественная и гуманитарная культуры. Панорама современного естествознания	6
ЛЕКЦИЯ 2. Принцип относительности. Теории относительности.....	31
ЛЕКЦИЯ 3. Структурные уровни организации материи: микро-, макро- и мегамиры	51
ЛЕКЦИЯ 4. Корпускулярная и континуальная концепции описания природы. Динамические и статистические закономерности в природе. Порядок и беспорядок в природе, хаос. Синергетика.....	79
ЛЕКЦИЯ 5. Симметрии пространства-времени и законы сохранения. Фундаментальные взаимодействия.....	98
ЛЕКЦИЯ 6. Химические системы. Основы химических процессов	123
ЛЕКЦИЯ 7. Земля и ее геосфера	139
ЛЕКЦИЯ 8. Биологический уровень организации материи	153
ЛЕКЦИЯ 9. Проблемы генетики. Принципы эволюции, воспроизводства и развитие живых систем	177
СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ.....	201
ТЕСТЫ	228
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	245

ВВЕДЕНИЕ

Будучи сложнейшей совокупностью наук о природе, естествознание выработало в процессе своей длительной эволюции такие способы, методы и приемы познания, которые могут служить и служат эталонными нормами не только для всех наук, но и приобретают общекультурное значение. Сегодня под концепциями естествознания понимают такие фундаментальные естественнонаучные идеи, модели и положения, которые проявляют себя во всех естественных науках.

Дисциплина «Концепции современного естествознания» представляет собой не просто совокупность избранных глав традиционных разделов физики, химии, биологии, экологии, а рассматривает междисциплинарные отношения и связи между разными естественнонаучными дисциплинами, изучает концепции в естествознании в целом, обеспечивая более высокий уровень универсальности по сравнению с междисциплинарной кооперацией, о которой традиционно принято говорить как о признаке единства естественнонаучного знания.

Курс лекций «Концепции современного естествознания» подготовлен в соответствии с государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования для студентов экономических специальностей вузов. Цель курса лекций состоит в том, чтобы сделать доступным для экономистов понимание проблем и результатов исследований в области естественных наук, в первую очередь физики, космологии, экологии и биологии. Эта цель определяется тем обстоятельством, что естественные науки составляют сегодня основу научной картины мира и тесно связаны с современными глобальными проблемами.

При подготовке курса лекций учитывалось, что спектр экономических специальностей в системе высшего образования достаточно широк и разнообразен и естествознание для этих специальностей не является профильной дисциплиной. Поэтому при подготовке курса лекций был выбран подход, направленный не на запоминание многочисленных правил, законов и формул естественных наук, а на концентрацию внимания на содержании важнейших концепций современного естествознания.

Предлагаемый курс лекций основан на материале лекций, прочитанных автором в последние годы в различных вузах по этой дисциплине.

В заключительной части курса лекций приводятся словарь терминов и понятий и тесты для самоконтроля.

Помимо помощи студентам в освоении дисциплины настоящий курс лекций может быть использован также для ознакомления с основами современного естествознания всех интересующихся проблемами в этой области науки.

Лекция 1

**ЕСТЕСТВЕННАЯ И ГУМАНИТАРНАЯ КУЛЬТУРЫ.
ПАНОРАМА СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

План:

1. Предмет и цели естествознания.
2. Естественнонаучная и гуманитарная культуры.
3. Критерии научного знания.
4. Псевдонаука.
5. Методы научного познания.
6. Формы научного знания.
7. Научная картина мира.
8. Панорама современного естествознания, тенденции развития.

1. Предмет и цели естествознания

Окружающий нас мир состоит из трех различающихся групп материальных объектов.

Первая группа – это люди. Совокупность людей называется обществом.

Вторая группа объектов – это мир искусственных объектов, который создается в результате человеческой деятельности и составляет наше ближайшее окружение. Этот мир принято называть техносферой.

Третья группа объектов представляет собой живую и неживую природу.

Деление окружающего нас мира на три группы принципиально отличающихся объектов позволяет разделить все отрасли и направления науки на три большие группы.

Первая группа наук изучает общество. Эту группу называют гуманитарными, или общественными науками.

Вторая группа наук изучает техносферу. Эту группу наук называют техническими науками.

Третья группа наук изучает природу. Эту группу называют естественными науками, или естествознанием.

Таким образом, объект изучения естествознания – то, что реально существует в окружающем нас мире, – живая и неживая природа.

Более сложно определить предмет изучения. Разница между объектом и предметом изучения состоит в том, что объект изучения (реальный мир) – это то, что исследуется, и то, что существует независимо от исследователя. Соответственно предмет изучения – это то, каким образом исследуется выбранный объект, как этот реальный объект представляется ученому.

Таким образом, предметом изучения современного естествознания является процесс трансформации живой и неживой природы во Вселенной. Такое определение выделяет главную задачу современного естествознания, а именно стремление понять многообразные изменения и превращения живой и неживой природы, понять жизнь природы.

Структура естествознания

Итак, основным объектом изучения является природа. В свою очередь, природу можно разделить двумя способами.

Первый способ – это деление природы на неживую и живую. Второй способ – деление природы на мегамир (Вселенную), макромир (Солнечную систему), мезомир (Земля и объекты, соразмерные человеку) и микромир (объекты, в тысячи раз меньшие, чем человек).

Исходя из такого деления объектов, получаем две группы естественных наук:

- отраслевые естественные науки, или отраслевое естествознание;

- системные естественные науки, или системное естествознание.

Существуют три главные отраслевые естественные науки: физика, изучающая неживую природу; биология, изучающая живую природу; химия, изучающая как неживую природу (неорганическая химия), так и живую природу (биоорганическая химия), а также переходные состояния вещества (органическая химия). Поэтому химия занимает промежуточное положение между физикой и биологией.

К системным естественно-научным дисциплинам относятся космология (синтезирующая все знания о Вселенной, включая Солнечную систему), науки о Земле (особенно география) и науки о микромире. Последние в настоящее время существуют в качестве разрозненных групп теорий и экспериментов, но попытки объединения этих теорий на основе идеи суперструн как изначального строительного материала микромира должны в ближайшем времени привести к созданию объединенной теории микромира.

На пересечении отраслевых и системных дисциплин формируются такие науки, как астрофизика, астрохимия и космическая биология; геофизика, геохимия и биогеография; атомная физика, молекулярная химия и молекулярная биология.

Человек как естественнонаучный объект изучается медициной. Современная медицина – это синтез физики, химии, биологии, а также наук о Земле, наук о Вселенной и даже наук о микромире. Ее можно рассматривать как один из наиболее синтетических разделов естествознания, имеющий теснейшие связи с техническими и гуманитарными науками.

Кроме медицины, в рамках естествознания формируется еще одна отрасль исследования, претендующая на объединение всех знаний для обеспечения выживания и развития человечества. Это экология. В настоящее время экология и медицина рассматриваются как наиболее пер-

спективные отрасли естествознания, определяющие приоритеты развития науки в XXI в.

2. Естественнаучная и гуманитарная культуры

Исторически первые зачатки реалистического естественнонаучного и гуманитарного знания возникли в древности примерно в одно и то же время в недрах религиозных и мифологических картин мира.

Поиски реальной научной основы сначала выявились у знания естественнонаучного, что было связано с потребностью физики, механики, астрономии, математики, градостроительства и некоторых других направлений естественной науки. Вместе с тем и здесь долгие столетия реалистическое, строго научное знание было неразрывно сплетено со знанием нереалистическим, произволом фантазии, что особенно четко проявилось в многообразных натурфилософских концепциях. В свою очередь, в сфере гуманитарного знания элементы научного подхода в этот исторический период были, безусловно, подавлены разнообразными утопическими проектами.

Естествознание постепенно стало первой формой строгого и развернутого научного знания. Произошло это в Западной Европе в XVII–XVIII вв., когда исследователи стали выстраивать результаты исследований на основе четких правил, последовательно разграничивая научные и ненаучные методы подхода к реальности. С большим запаздыванием, лишь в первой половине XIX в., на научную почву начало становиться и гуманитарное знание, во многом перенимая на этапе становления методологию и комплекс методов у более развитого естествознания. Позже всех (примерно в последней трети XIX в.) на строгие научные рельсы стали и технические науки, занимающие промежуточное место между естественнонаучным и гуманитарным знанием.

Сегодня наблюдается достаточно проявленное встречное движение, взаимное сближение естественнонаучного, технического и гуманитарного знания. Основой этого принципиального сближения, интеграции основных ветвей научного знания выступает процесс гуманизации науки. Лидерами такой интеграции являются именно гуманитарные науки.

В результате такого сближения наука все более лишается налета абстрактности, удаленности от непосредственных человеческих целей и ценностей и все более непосредственно ставит социально ориентированные задачи, связанные с решением проблем роста уровня и качества жизни населения, улучшением среды обитания человеческих сообществ, выяснением физических и духовных возможностей человека. Для продуктивного решения таких социально значимых задач уже сейчас в развитых странах мира создаются комплексные научные группы, объединяющие ученых самых разных специальностей, где все большую роль играют экологи, социологи, психологи, культурологи, юристы и т. п.

Гуманитарно-художественная культура отличается от научно-технической. Ее основные отличия: субъективность знания, нестрогий образный язык, выделение индивидуальных свойств изучаемых предметов, сложность (или невозможность) верификации и фальсификации.

3. Критерии научного знания

Можно выделить пять критериев научного знания.

1. Системность знания: наука – определенная структура, а не бессвязный набор отдельных частей. Система характеризуется внутренним единством, невозможностью изъятия либо добавления без веских оснований каких-либо элементов в ее структуру. В системах научного знания есть исходные принципы, фундаментальные понятия (аксиомы), а также знания, выводимые из этих принципов и понятий по законам логики. Кроме того, система включает в

себя важные для данной науки интерпретированные опытные факты, эксперименты, математический аппарат, практические выводы и рекомендации.

2. Наличие отработанного механизма для получения новых знаний: наука – это не просто система знаний, но и деятельность по их получению, что предусматривает не только отработанную методику практического и теоретического исследования, но и наличие людей, специализирующихся на этой деятельности, соответствующих организаций, координирующих исследования, а также необходимых материалов, технологий и средств фиксации информации.

3. Теоретичность знания, определяющая цель научного познания: этой целью является получение истины ради самой истины, а не ради практического результата. Если наука направлена только на решение практических задач, она перестает быть наукой в полном смысле этого слова.

4. Рациональность знания: получение знания только на основе рациональных процедур. В основе рационального стиля мышления лежит признание существования универсальных, доступных разуму причинных связей, а также формального доказательства в качестве главного средства обоснования знания.

5. Наличие экспериментального метода исследования, математизация науки (для науки начиная с Нового времени): этот критерий связал современную науку с практикой, создал современную цивилизацию, ориентированную на сознательное преобразование окружающего мира в интересах человека.

Таким образом, свойства научного знания: объективность, достоверность, точность, системность.

4. Псевдонаука

Пользуясь введенными критериями, можно всегда отличить научное знание от ненаучного. Это особенно важ-

но, так как в последнее время псевдонаука, всегда существовавшая рядом с наукой, пользуется популярностью и привлекает к себе все большее число сторонников и приверженцев.

Опасность псевдонауки заключается в том, что она, пользуясь авторитетом науки, паразитирует на ней. Никакого вклада в развитие подлинной науки псевдонаука не вносит, но претендует на те привилегии, которыми обладает наука.

Важнейшим отличием науки от псевдонауки является содержание знания: утверждения псевдонаук часто не согласуются с установленными фактами, не выдерживают объективной экспериментальной проверки.

Структура псевдонаучных знаний не носит системного характера, а отличается фрагментарностью. В результате их обычно невозможно логично вписать в сколько-нибудь подробную картину мира.

Для псевдонауки также свойствен некритический анализ исходных данных, что позволяет принимать в качестве таковых мифы, легенды и т.д.; пренебрежение противоречащими фактами, игнорирование тех данных, которые противоречат доказываемой концепции.

Для того чтобы отделить науку от псевдонауки, помимо уже названных критериев сформулировано несколько важнейших принципов.

Первый из них – это *принцип верификации*, утверждающий, что если какое-либо понятие или суждение сводимо к непосредственному опыту (т.е. эмпирически проверяемо), то оно имеет смысл. Различают непосредственную верификацию, когда происходит прямая проверка утверждений, и косвенную, которая утверждает, что, если невозможно опытным путем подтвердить какое-то понятие или суждение теории, можно ограничиться экспериментальным подтверждением выводов из них.

Но принцип верификации лишь в первом приближении отделяет научное знание от ненаучного. Более точно работает *принцип фальсифицируемости*, сформулированный крупнейшим философом и методологом науки XX в. К. Поппером. В соответствии с этим принципом научным может считаться только принципиально опровержимое (фальсифицируемое) знание. Давно известно, что никакое количество экспериментальных подтверждений не является достаточным для доказательства теории. Критическое стремление опровергнуть научную теорию является наиболее эффективным путем для подтверждения ее научности и истинности. Критическое опровержение выводов и утверждений науки не дает ей застояться, является важнейшим источником ее роста, хотя и делает любое научное знание гипотетичным, лишая его законченности и абсолютности.

Таким образом, псевдонаука – это имитация научной деятельности. Отличительные признаки псевдонауки: фрагментарность (несистемность), некритический подход к исходным данным, невосприимчивость к критике, отсутствие общих законов, неverifiedируемость и/или нефальсифицируемость псевдонаучных данных.

5. Методы научного познания

Метод – это совокупность способов, с помощью которых достигается цель. В истории естествознания проблема методов научного познания возникает уже в древности, но особенно остро ставится в XV–XVI веках, в период поиска оптимального метода научного познания.

Методы научного познания включают общие приемы познания, основными из которых являются: анализ и синтез, индукция, дедукция, моделирование, классификация и систематизация и другие; эмпирические (наблюдение и описание, эксперимент и измерение) и теоретические (формализация, аксиоматизация, гипотетико-дедуктивный метод).

Общие приемы познания

Анализ и синтез представляют важнейший познавательный метод. Разделение (анализ), мысленное или реальное, сложных объектов на части позволяет сузить область неизвестного. Решение сложной проблемы предстает в виде поиска решений ряда простых задач. Решая их по отдельности, можно решить и первоначальную задачу. И знание частей никогда не позволяет познать целое. Поэтому синтез – это не только реконструкция полученных в результате анализа данных, но и творческая работа по созданию целого. Для синтеза необходимы различного рода теоретические, философские и общекультурные допущения, которые встраиваются в научную теорию.

Индукции и дедукция. Индукция – метод познания, исходящий из анализа отдельных фактов и синтезирующий на их основе общее правило или закон природы. Дедукция исходит из рационально обоснованной теоретической или философской идеи, предшествующей опыту. Метод дедукции позволяет находить новые объекты познания, формулировать идеи, оказывающие влияние на экспериментальный уровень познания.

Моделирование – метод познания, основанный на изучении свойств модели реальных объектов. При мысленном моделировании в роли модели выступают мысленные представления физических процессов, например демон Максвелла, сортирующий молекулы по энергиям. Физическое моделирование широко распространено в инженерно-конструкторской деятельности. Так, изучение аэродинамических свойств производится на моделях самолетов. Компьютерное моделирование позволяет сократить время при анализе производственного процесса, для которого создана математическая модель.

Классификация и систематизация – установление закономерностей между различными элементами, создание

системы из элементарных составляющих. Вне системы знание отрывочно и неполно, его нельзя сопоставлять с другими утверждениями, устранять ошибки и находить более простые решения. В использовании системы как принципиального подхода для описания природы заключено отличие научного мировоззрения от всех других.

Эмпирические методы

Наблюдение – целенаправленное наблюдение за природным процессом или экспериментом. Проводя наблюдения, исследователь накапливает информацию о природе.

Описание – этап, завершающий наблюдение. Без описания нет и наблюдения. Фиксация наблюдений необходима для дальнейшей обработки результатов.

В современности наблюдение часто проводится с помощью приборов, а ученый наблюдает показания самих приборов.

Эксперимент – способ исследования каких-либо явлений или процессов путем активного воздействия на них при помощи создания новых условий, соответствующих целям исследования.

Измерение – это материальный процесс сравнения какой-либо величины с эталоном, единицей измерения, с помощью соответствующих измерительных приборов. Число, выражающее отношение измеряемой величины к эталону, называется числовым значением этой величины. Измерение – это установление количественных значений всех изучаемых свойств объекта. Количественные значения пришли на смену качественным характеристикам благодаря деятельности Галилео Галилея в XVII в.

Теоретические методы

Формализация – использование строго определенных понятий и терминов. Благодаря формализации ученые избегают путаницы. Формализация достигает высшего развития в логике и математике. В остальных науках форма-

лизация осуществляется с согласия, которое вырабатывается учеными на встречах и конференциях относительно содержания определений, терминов, обозначений и др. Важный вклад в формализацию науки внесли Аристотель, средневековые богословы, Ф. Бэкон (идол площади) и другие ученые.

Аксиоматизация – определение фундаментальных положений, принимаемых без доказательств. В математике первым использовал аксиоматический метод Евклид. Благодаря аксиоматизации становится возможным создание систематизированного знания.

Выбор набора первоначальных положений накладывает отпечаток на построенную на их основе теорию. Если аксиомы противоречат друг другу, то можно получить взаимно исключающие теоретические предположения.

Построенная на основе набора аксиом теория должна и одновременно описывать все объекты на основе единых правил.

Гипотетико-дедуктивный метод – один из основных методов построения научных теорий. Основания научной теории принимаются как возможные гипотезы. На их основе строятся логически оправданные выводы (дедукция). Экспериментальная проверка полученных выводов позволяет убедиться в правильности исходных посылок или в их ложности. В зависимости от результатов проверки основания выдвинутой гипотезы уточняются либо пересматриваются.

Эмпирический (экспериментальный) и теоретический уровни познания

Использование научного метода позволяет получать научное знание. Это знание разделено на два уровня – эмпирический (экспериментальный) и теоретический.

Экспериментальный уровень познания соответствует данным, полученным в результате наблюдения или эксперимента.

Теоретический уровень – результат теоретического осмысления данных эксперимента и правил познания. Ученый не свободен в построении теорий. С одной стороны, он должен учитывать данные экспериментов, с другой – на него оказывают воздействие социально-культурные факторы, такие как, например, социальная среда, религиозные воззрения, философские теории.

Экспериментальный уровень требует интерпретации для связи с теоретическим уровнем. Собственно, из данных эксперимента теории создать нельзя. Дело в том, что ученому необходимо объяснить с их помощью фундаментальные положения, выбранные им для основы теоретических построений.

Теоретический и эмпирический уровни связаны друг с другом, эксперимент не существует вне теоретических положений. Теории не возникают на пустом месте. Для создания теории необходимы данные, получаемые на экспериментальном уровне.

Взаимосвязь экспериментального и теоретического уровня не однозначна. Из данных эксперимента можно создать несколько теорий. А из одной теории могут вытекать различные выводы, противоречащие друг другу, – парадоксы.

Важное место во взаимосвязи эмпирического и теоретического уровней познания занимает интерпретация.

Интерпретация – придание, в том числе и философское, смысла опыту и теории. В научных теориях всегда используются интерпретация экспериментальных фактов. Один и тот же наблюдаемый факт может быть истолкован или интерпретирован различными способами, в зависимости от приверженности ученого той или иной научной теории. В ситуации создания новой теории создается и новая интерпретация фактов.

И в заключение этого раздела рассмотрим математику, занимающую особую роль в естествознании и являющуюся

его основой. Это обусловлено тем, что развитие современного естествознания неразрывно связано с использованием математики. Результатом научного познания окружающего мира становится открытие закономерностей, выраженное на языке математики. Использование математики позволяет рассчитывать последствия физических, химических, биологических, геологических и других природных процессов. Математика позволяет реализовать мечту каждого человека – рассчитать, т. е. предсказать будущее, и в этом проявляется величие и мощь как естествознания, так и фундамента естествознания – математики. Отсюда становится понятным включение математики в комплекс естественнонаучных дисциплин. Долгое время математике отказывали в праве быть естественнонаучной дисциплиной. С точки зрения как философов, так и ученых, математика – абстрактная дисциплина. Уже в конце XIX в. стало ясно, что математика не просто фундамент, она сама является актуальной дисциплиной ровно настолько, насколько соответствует окружающей нас реальности. Достижения математиков часто шли впереди открытий физиков. Тем удивительнее тот факт, что открытия в «чистой» (как первоначально казалось, лишенной связи с реальным миром) дисциплине становились основой для развития последующих физических идей.

6. Формы научного знания

К формам научного знания обычно относят проблемы, гипотезы, теории, а также идеи, принципы, категории и законы – важнейшие элементы теоретических систем. К формам знания могут быть отнесены и факты.

Проблема определяется как «знание о незнании», как осознанный учеными вопрос, для ответа на который имеющихся знаний недостаточно. Уметь правильно выбрать и поставить научную проблему очень важно.

При осмыслении фактов и попытках решения проблем рождается **догадка**, которая после логической обработки, формулирования и оценки либо отвергается как не имеющая необходимых и достаточных оснований, либо приобретает форму научной гипотезы.

Научная гипотеза — такое предположительное знание, истинность или ложность которого еще не доказана, но которое выдвигается не произвольно, а при соблюдении ряда правил — требований.

Требования к научным гипотезам: соответствие эмпирическим фактам, проверяемость (принципы верификации и фальсификации).

Теория — высшая форма научного знания, совокупность обобщенных положений, образующих какую-либо науку или ее раздел. Теория — одна из наиболее устойчивых форм научного знания. Такая стабильность обеспечивается и ее системностью, и в большей или меньшей степени ее общим характером. Чем более общим является знание, тем оно устойчивее. Но и теории подвержены количественным и качественным изменениям. Вслед за изменением фактического, эмпирического базиса теории, накоплением новых фактов ее законы уточняются или дополняются новыми. В конце концов, изменения затрагивают и фундаментальные принципы теории.

Главное отличие теории от гипотезы — достоверность, доказанность. Главные элементы теории — ее принципы и законы.

Принципы — наиболее общие и важные фундаментальные положения теории. Как обобщающий результат предыдущего познания в данной теории принципы всесторонне раскрываются и обосновываются.

Законы науки отражают в форме теоретических утверждений объективные законы (т. е. общие и необходимые связи изучаемых явлений, объектов, процессов).

Категории науки – наиболее общие и важные понятия теории, характеризующие существенные свойства объекта теории, ее предмета. Принципы и законы выражаются через соотношение двух и более категорий.

Принцип соответствия – новая теория, претендующая на более широкую область применения, чем старая, должна включать последнюю как предельный, частный случай.

7. Научная картина мира

Цель науки – это формирование целостного, завершенного представления об объекте и предмете исследования. Ясно, что подобная задача по ряду объективных причин всегда остается не до конца выполнимой, но научное знание стремится быть максимально системным, целостным. В этом плане вся наука, как реальная комплексная система знания, всегда стремилась и стремится к выделению некой общей картины мира, где определенным образом взаимосвязаны все основные ветви знания – естественнонаучные, технические и гуманитарные.

Важно отметить, что практически любая форма общественного сознания так или иначе формирует свою особую картину мира – обыденную, мифологическую, религиозную, эзотерическую и т. п. Все они выполняют свои особые задачи, удовлетворяя конкретные потребности человечества, комплексно познающего мир, действительность. Поэтому в любой конкретный период времени в данном обществе можно выявить целый ряд разнообразных картин мира.

Однако именно научные картины мира стремятся дать целостные и максимально обобщенные реалистические представления о мире в целом, а также месте человека и человеческих сообществ в нем. Здесь можно выделить естественнонаучные, технические и гуманитарные картины мира. В свою очередь, скажем, развитая естественнонаучная картина мира состоит из физической, химической, ге-

ологической, биологической и т. п. частных картин мира, представленных конкретными естественными науками. В свою очередь, гуманитарная картина мира, к примеру, включает политическую, культурологическую, социологическую и т. п. частные картины мира. Можно выделить подобное и у технической картины мира. Однако исторически все это развивалось постепенно и в любой конкретный период истории всегда имело свою существенную специфику.

Под естественнонаучной картиной мира понимается обычно вся система важнейших принципов и законов, лежащих в основе функционирования и развития мира Природы, зримые представления о мироустройстве. При этом активно используются хорошо понимаемые современниками аналогии, символика. Ясно, что с течением времени такая картина мира существенно меняется, трансформируется с ходом развития блока естественных наук. Не случайно в формировании подобной обобщенной картины мира наиболее важное значение приобретают концепции и теории наиболее развитых в конкретный исторический период естественных наук, отраслей естествознания. А иные блоки естественнонаучного знания остаются или вообще невостребованными, или малопроявленными, второстепенными.

Фундаментальные вопросы, на которые отвечает научная (или натурфилософская) картина мира, следующие:

- о материи;
- о движении;
- о взаимодействии;
- о пространстве и времени;
- о причинности, закономерности и случайности;
- о космологии (общем устройстве и происхождении мира).

Так, в античности сформировалась специфическая картина мира, разграничивающая совершенный небесный

Космос и несовершенный земной мир. При этом Космос обозначал, например, у древних греков всякую упорядоченность, согласованность, совершенство – в противовес неупорядоченному, несовершенному Хаосу. Человек представлялся при этом, с одной стороны, как микрокосмос, порождаемый макрокосмосом, Вселенной, а с другой – как безвольная игрушка в руках богов и Природы. Вселенная, природный мир совершают некий кругооборот своего движения, символизируя цикличность, повторяемость всех природных процессов и явлений. Ведущая роль в такой картине мира принадлежала астрономии, математике, мифологии. В ней активно использовались понятные людям античности символы: колесо, огонь, лук и стрелы, колесница. Разумеется, подобная картина мира еще не может быть названа научной, поскольку сочетает элементы научных представлений с религиозными и мифологическими. Положение существенно меняется, например, в условиях европейского Возрождения, отражая изменения общих представлений во взглядах на мир и место человека в нем. Мыслители этой эпохи стремились объяснить существование единого бесконечного материального мира из него самого, независимо от деятельности внешней потусторонней силы – божества, понимая его как мир, подчиняющийся единому закону причинно-следственной связи. Развивались атомистические представления о строении материи, а также пантеистические идеи, суть которых – в отождествлении Бога и Природы, в растворении Бога в Природе. А движущая сила рассматривалась как неотделимое от материи разумное начало – мировая душа, архей – активная жизненная сила, вечный божественный разум. Как видим, и в этой картине мира еще не очень явно выделено научное начало, и научные представления причудливо переплетаются с вненаучными – магическими, эзотерическими.

Первой строго научной общей картиной мира можно считать механистическую (иногда называемую механической) картину мира, господствовавшую в Европе в Новое время, в XVII–XVIII вв. В ней уже четко доминировали механика, физика, математика, материалистические и атомистические представления о мироустройстве. Вселенная здесь уподоблялась огромному механизму, наподобие модных тогда механических часов, где все основные составные части на всех уровнях бытия были хорошо подогнаны друг к другу, как колесики, рычаги и пружинки в часах. Вместе с тем и здесь еще присутствует идея Бога, но уже в ослабленной форме деизма, согласно которой Бог сотворил и запустил в ход Вселенский механизм, а далее как бы «устранился от дел», наблюдая за всем происходящим со стороны.

И далее вновь возникавшие в истории все новые и новые научные картины мира сменяют друг друга, каждый раз уточняя понимание мироустройства с позиции современных им научных представлений, а также активно используя привычные для современников символику и аллегории.

Сегодня принято выделять следующие научные картины мира: механическую, электромагнитную, неклассическую (1-я половина XX в.), современную эволюционную.

Таким образом, научная (или натурфилософская) картина мира есть образно-философское обобщение достижений естественных наук.

8. Панорама современного естествознания, тенденции развития

Рассмотрим прежде всего современные проблемы естествознания.

Пространство и время. По сравнению с ньютоновскими представлениями о пространстве как пустоте (абсолютное пространство) и времени как абсолютном потоке длительности (абсолютное время) современное естествознание

использует понятия пространственно-временного континуума, в котором есть не отдельные вещество, пустота и длительность, а взаимосвязанные вещество, энергия, пространство и время, формирующие единое поле, с определенной точкой отсчета. Следствием такого понимания пространства и времени является признание того, что скорость времени зависит от системы отсчета, скорости и направления ее движения по отношению к внешней системе отсчета (станционный смотритель, фонарь и пассажиры поезда), что на время влияет масса тела и что масса тела в состоянии покоя меньше массы того же движущегося тела и т. д.

Материя и энергия. А. Эйнштейн показал, что масса тела и энергия связаны уравнением

$$E = mc^2,$$

где E – энергия,

m – масса тела,

c – скорость света в вакууме.

Из этого выражения следует возможность преобразования вещества в энергию и наоборот. В какой бы форме энергия ни выступала, она сама по себе обладает пропорциональной ей по величине массой, и наоборот, если «нечто» обладает тяжестью, то в этом «нечто» обязательно сосредоточена энергия (потенциальная и кинетическая). Переход энергии из одной формы в другую подчиняется закону сохранения энергии. Изучение свойств и строения вещества на микроуровне вместе с изучением преобразований энергии привело к созданию квантовой теории, объяснившей многие свойства света и элементарных частиц.

Энтропия и информация. Энтропия – это мера хаоса, показывающая способность энергии к превращениям. Чем больше энтропия системы, тем меньше заключенная в системе энергия способна к превращениям. Согласно второму началу термодинамики в замкнутой системе энтропия воз-

растает, достигая максимума в состоянии равновесия, когда вся энергия превращается в теплоту.

В понимании Н. Винера информация есть прямая противоположность энтропии. Количество информации в системе есть мера организованности системы точно так же, как энтропия системы есть мера ее дезорганизованности. Чем больше информации в системе, тем менее вероятно ее внутреннее состояние. Более подробно взаимосвязь энтропии и информации будет рассмотрена в последующих лекциях.

Хаос, организация и самоорганизация. Изучение хаоса, организации и самоорганизации на базе идей энтропии и информации позволяет подойти к исследованию проблем возникновения жизни и вообще проблем возникновения нового. Между состояниями абсолютной случайности и абсолютного порядка существуют промежуточные состояния диссипативного хаоса, порождающие элемент «неожиданности» поведения, который, в свою очередь, порождает при определенных условиях и ограничениях новую информацию и организацию. Таким образом, возможно случайное появление порядка из хаоса, что приводит к выводу об одинаковой вероятности перехода системы как от порядка к беспорядку (нарастанию энтропии), так и наоборот – от беспорядка к порядку (снижению энтропии).

Рассмотрим теперь основные прикладные проблемы естествознания. Прежде всего это новые материалы и новые источники энергии. На смену традиционным материалам – железу, стали, меди – приходят новые металлы и принципиально новые материалы, не существовавшие на Земле. По различным оценкам, химики и материаловеды создали от 100 тыс. до 600 тыс. новых химических компонентов и соединений.

Биотехнология. Новые методы молекулярной биологии позволили «вскрыть» генетический набор клетки и проводить работу с информацией, определяющей развитие лю-

бого организма. Первый этап – выращивание клонов, т. е. клеток с одним и тем же генетическим наследием; второй этап – выращивание эмбрионов в пробирках; третий – создание трансгенетических организмов с заданными свойствами.

Искусственный интеллект, роботизация и киборгизация. Соединение способностей мозга к размышлению и вычислительных способностей компьютера ведет к формированию человекомашинных систем принятия решений и созданию заводов-автоматов. Развитие компьютеров идет по пути увеличения объема памяти, количества счетных операций, а также развития периферии и дополнительных функций (например, связь с другими компьютерами). Робототехника развивается в направлении замены все большего количества функций человеческого тела, повышения точности перемещений и расширения параметров среды, в которой робот может функционировать.

Внедрение искусственных компонентов в тело и мозг человека приводит к киборгизации человека, превращению человеческого тела в человекомашинную систему.

Передача сигналов и транспортировка. Достижения в науке позволили создать планетарную систему связи, в которой оптические волокна, спутники и приемопередающие устройства являются ключевыми элементами. Первая трансатлантическая линия оптико-волоконной связи была проложена между США и Францией в 1988 г.

Освоение космоса. Создание новых жаропрочных материалов, новых видов топлива, двигателей и систем жизнеобеспечения, новых средств связи и вычислительной техники привело к освоению околоземного космического пространства. Ближайшими целями мирового сообщества являются создание постоянной базы на Луне (к 2012 г.) и предварительные полеты на Марс в 2016 г. с использованием лунного космодрома.

Охрана окружающей среды. Следствием научно-технической революции становятся такие изменения окружающей среды, которые ставят под сомнение само существование человечества. К ним относятся: загрязнение окружающей среды и истощение природных ресурсов; истощение озонового слоя; глобальное потепление; опустынивание и сокращение площади лесов; кислотные осадки; истощение ресурсов питьевой воды и др. Создание безопасных технологий и познание природы, новые подходы к решению социально-экономических проблем необходимы для решения экологических проблем.

Перейдем теперь к рассмотрению *философизации и математизации естествознания*. В отличие от мифологии (случайные связи между явлениями) и религии (взаимосвязь всего существующего через Бога и Богочеловека) философия исследует интеллект человека как главный источник связи между фактами и тем самым создает основы научной методологии. При этом человек-мыслитель (философ) сам начинает исполнять роль Творца, создающего если не мир, то «мыслемир» (миропонимание). Философы создали современный понятийный аппарат науки (понятие атома, энергии, вещества, света, организма и др.), принципы научного мышления, отражающего мир как динамическую систему, находящуюся в процессе развития, способы получения непротиворечивого, взаимосвязанного знания, наконец, идею самопознания материи через человека. Именно они стремились представить мир как целостность, которую стремится познать человек. В то же время философские системы миропонимания претендовали на абсолютность, истинность, завершенность и поэтому не были способны к эволюционным изменениям. Поэтому современные ученые пытаются трансформировать философское миропонимание в мирознание. Для этого они отказываются от провозглашения философских абсолютов и признают относительность мирознания.

В противоположность философии математика остается главным претендентом на абсолютное знание. Математика отвлекается от содержательной и качественной характеристики мира, а философия, в свою очередь, от формальной и количественной его характеристики.

В современных исследованиях синтез философских и математических подходов осуществлен в рамках системно-структурного подхода и информационно-проблемного подхода.

Эволюционно-синергетические парадигмы науки. Рассмотрим прежде всего теорию парадигм. Научная парадигма – совокупность научных достижений, в первую очередь теорий, признаваемых всем научным сообществом в определенный период времени. Примерами такого рода парадигм являются геоцентрическая система мира Птолемея, кислородная теория Лавуазье, теория эволюции Дарвина, теория атома Бора и т. п. Использование понятия парадигмы означает вовлечение исторического подхода в обсуждение того, что считать научной концепцией. Истине теперь вообще отказывается в существовании, поскольку время идет, парадигмы меняются. Принятая в данное время парадигма очерчивает круг проблем, имеющих смысл и решение. Все, что не попадает в этот круг, не заслуживает рассмотрения. Кроме того, парадигма устанавливает допустимые методы решения этих проблем. Таким образом, на каждом историческом этапе существует так называемая «нормальная» наука, та, что действует в рамках парадигмы. В ее задачи входят уточнение фактов, распознавание подтверждающих фактов, установление количественных закономерностей, определение констант с максимальной точностью, совершенствование самой парадигмы. Наука предстает в виде своеобразной игры – решение головоломок, складывание кубиков или популярных нынче пазлов. Она представляет собой ремесло, требующее определенных умений и навы-

ков, основа которого есть необсуждаемая догма (а никакая не возвышенная истина). И критерием демаркации служит лишь непротиворечие новой предлагаемой теории современной парадигме.

Так, однако, происходит лишь до поры. В наблюдаемых явлениях или теоретических построениях возникают аномалии, их число растет, их отклонения от предсказаний «нормальной» теории увеличиваются по мере роста точности наблюдений или появления новых экспериментальных данных. Парадигма терпит крах, наступает кризис. На ее развалинах появляются новые гипотезы, наука вступает в аномальную фазу. Одна из гипотез доказывает свою жизнеспособность, успешно объясняя не только старые данные, но и новые, и становится началом новой парадигмы. Старая парадигма отбрасывается. Произошла научная революция.

В современном естествознании ключевыми понятиями являются: самоорганизация и организация, энтропия и информация, физическое поле и ряд других, составляющих язык науки.

Формировался этот язык в результате смены парадигм, когда используемые термины зачастую сохранялись без изменения, а понимание данных терминов изменялось.

Кроме понятия «парадигма», можно выделить понятия «макропарадигма» и «исследовательская программа». Понятие макропарадигмы относится к единым правилам поведения всего глобального сообщества ученых, изучающих научные проблемы на основе общенаучных языков, средств и методов исследования. Понятие парадигмы относится к национальным и конкретно-научным сообществам ученых. Понятие исследовательской программы относится к отдельным ученым или исследовательским коллективам и частным научным задачам. Таким образом, каждый ученый, если он считает себя членом глобального, националь-

ного сообщества ученых и конкретного исследовательского коллектива, должен знать три соответствующих языка и три группы правил научного исследования, отвечающих существующей макропарадигме, парадигме и исследовательской программе.

Современная макропарадигма включает математические и философские основания, эволюционно-системный подход, кибернетику, неравновесную термодинамику, синергетику и информационный подход, применяющиеся во всех без исключения отраслях современной науки.

Лекция 2

**ПРИНЦИП ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ.
ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ**

План:

1. Принцип относительности.
2. Классический закон сложения скоростей.
3. Специальная теория относительности.
4. Общая теория относительности.
5. Эволюция представлений о пространстве и времени.

Концепция пространства и времени в современном естествознании.

1. Принцип относительности Галилея

Галилей первым установил относительность механического движения в его отношении к механическому же покою, показав, что покой тождествен равномерному (без ускорения) и прямолинейному перемещению тел относительно друг друга. Такие системы отсчета называются инерциальными системами отсчета. Смысл принципа относительности Галилея состоит в следующем: законы механики имеют одинаковую форму во всех инерциальных системах, т. е. все механические процессы в инерциальных системах протекают одинаково. В таких системах пространственно-временные свойства тел (их размеры, расстояния, время их существования, временные промежутки между ними) не зависят от скорости их движения, от того, находятся они в движении или нет. Но скорость их движения для разных систем отсчета выражается по-разному: скорость движения внутри системы отсчета алгебраически складывается (складывается или вычитается) со

скоростью перемещения систем отсчета относительно друг друга. Об этом обычно говорят так: в механике Галилея–Ньютона относительной величиной является только скорость. Здесь относительность означает уже не тождество, а различие сравниваемых величин. Это тоже надо иметь в виду.

2. Классический закон сложения скоростей

Координаты и время в двух произвольных инерциальных системах отсчета связаны преобразованием Галилея:

$$\begin{aligned} \mathbf{r}' &= \mathbf{r} - (\mathbf{r}_0 + \mathbf{v}_e t) \quad \mathbf{v}_e = \text{const} \\ t' &= t, \end{aligned}$$

где $\mathbf{r}$ и $\mathbf{r}'$ – радиус-векторы движущейся точки в первой и второй системах отсчета, $\mathbf{v}_e$ – скорость равномерного и прямолинейного движения второй системы по отношению к первой, а $\mathbf{r}_0$ – радиус-вектор, проведенный из начала первой системы в начало второй системы в момент времени $t = 0$. Второе условие выражает абсолютный характер времени в классической механике, т. е. одинаковость его течения во всех инерциальных системах отсчета.

Скорости и ускорения материальной точки в обеих системах отсчета связаны соотношениями:

$$\begin{aligned} \mathbf{v}' &= \frac{d\mathbf{r}'}{dt'} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} - \mathbf{v}_e = \mathbf{v} - \mathbf{v}_e, \\ \mathbf{w}' &= \frac{d\mathbf{v}'}{dt'} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \mathbf{w}. \end{aligned}$$

Ускорение какой-либо материальной точки во всех инерциальных системах одинаково.

В самом общем случае силы, действующие на материальную точку со стороны других тел или создаваемых ими полей, зависят от расстояний между точкой и этими телами, разностей между скоростями движения точки и тел, а также от времени. Из формул преобразования Галилея сле-

дует, что все эти величины во всех инерциальных системах одинаковы:

$$r'_2 - r'_1 = r_2 - r_1, \quad v'_2 - v'_1 = v_2 - v_1.$$

Поэтому одинаковы и силы, действующие на движущуюся материальную точку:

$$F' = F.$$

Следовательно,

$$\frac{F'}{w'} = \frac{F}{w} = m.$$

Т. е. уравнения движения материальной точки и систем этих точек одинаковы во всех инерциальных системах отсчета – инвариантны по отношению к преобразованию Галилея.

Этот результат можно сформулировать в виде механического принципа относительности: равномерное и прямолинейное движение (относительно инерциальной системы отсчета) замкнутой системы не влияет на ход протекающих в ней механических процессов.

Иными словами, в механике все инициальные системы равноправны. Поэтому в рамках классической механики нет никаких оснований для выделения какой-либо определенной «главной» системы отсчета, по отношению к которой покой и движение тел можно было бы считать абсолютными.

Дальнейшее обобщение принципа относительности сделано в специальной теории относительности.

3. Специальная теория относительности

Трудами Х. Лоренца, А. Пуанкаре, А. Эйнштейна и Г. Минковского создана в 1905–1908 гг. специальная теория относительности (СТО).

В основе этой теории лежат преобразования Лоренца. По этой теории механический принцип относительности Галилея в применении его к описанию распространения электромагнитных волн преобразуется в общезначимый. Это осуществлено путем дополнения принципа относительности принципом постоянства скорости света. Создание СТО – пример перехода к более общей теории не путем абстрагирования и упрощения, а методом конкретизации, обогащения содержания теории.

В механике Галилея–Ньютона скорости движения тел относительно друг друга складываются алгебраически. Точные опыты Майкельсона в 80-х годах XIX в. показали, что при распространении электромагнитных волн скорости не суммируются. Например, если вдоль направления движения поезда, скоростью которого v_1 послать световой сигнал со скоростью v_2 , близкой к скорости света в вакууме, то скорость перемещения сигнала по отношению к платформе оказывается меньше суммы $v_1 + v_2$ и вообще не может превышать скорость света в вакууме. Скорость распространения светового сигнала не зависит от скорости движения источника света. Этот факт вступил в противоречие с принципом относительности Галилея.

Но авторы СТО не отказались от принципа относительности, а, напротив, придали ему более общий вид. При этом потребовалось коренным образом преобразовать понимание самих пространства и времени, одним словом, создать принципиально новую теорию изменения пространственно-временных отношений между объектами.

По Галилею, при переходе от одной инерциальной системы Y_1 к другой системе Y_2 время остается тем же: $t_2 = t_1$, а пространственная координата меняется по уравнению $x_2 = x_1 - vt$.

В теории же относительности применяются лоренцевы преобразования координат и времени:

$$x_2 = \frac{x_1 - vt_1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \text{и} \quad t_2 = \frac{t_1 - \frac{v}{c^2}x_1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Пространственные и временные координаты в СТО зависят друг от друга. Длина отрезка в направлении движения сокращается:

$$l_2 = l_1 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}},$$

а ход времени замедляется (т. е. длительность процессов в движущейся системе по сравнению с покоящейся системой возрастает):

$$T_2 = \frac{T_1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Один из создателей СТО Г. Минковский углубил понимание неразрывности пространства и времени, показав, что в своем единстве они абсолютны, независимы от системы отсчета. Абсолютный интервал Минковского $dS^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2 dt^2$, объединяющий три пространственные и одну временную координаты, не зависит от системы отсчета и в любой из них имеет одно и то же значение.

Таким образом, если в механике Галилея – Ньютона относительной была только скорость, то в СТО относительными предстали также линейные размеры объектов, длительность и одновременность процессов. Если в классической механике пространство и время были независимы друг от друга, то в СТО они преобразовались в единое пространство – время. Причем интервал между двумя событиями в этом четырехмерном пространстве – времени остается неизменным при переходе от одной инерциальной системы к другой.

В 1905 г. А. Эйнштейн сформулировал основы специальной теории относительности (СТО), которая стала результа-

том обобщения и синтеза классической механики Ньютона и электродинамики Максвелла, между которыми с середины XIX в. возникли серьезные противоречия. Так, в механике господствовал классический принцип относительности Галилея, утверждавший равноправность всех инерциальных систем отсчета, а в электродинамике – концепция эфира, или ненаблюдаемой среды, заполняющей мировое пространство и являющейся абсолютной системой координат. Иными словами, в электродинамике выделялась одна система координат, имевшая предпочтение перед всеми другими системами.

Ряд ученых попытались решить данное противоречие. Среди них был нидерландский физик Х. Лоренц, который вывел математические уравнения, называемые сегодня преобразованиями Лоренца, для вычисления реальных сокращений движущихся тел и промежутков времени между событиями, происходящими на этих телах, в зависимости от скорости движения.

А в 1905 г. в журнале «Анналы физики» появилась статья неизвестного тогда еще А. Эйнштейна «К электродинамике движущихся тел». В ней и были сформулированы основы специальной теории относительности.

Специальная теория относительности. Около десяти лет размышлял Эйнштейн над проблемой влияния скорости движения тел на электромагнитные явления. В результате он пришел к выводу о невозможности существования ньютоновского абсолютного пространства и времени, так как это противоречит принципу относительности Галилея. Таким образом, Эйнштейн смог увидеть, что за рассуждениями Галилея скрывается принципиально иное представление о пространстве и времени. Сам Эйнштейн считал, что принцип относительности является квинтэссенцией классической механики и поэтому должен быть сохранен. От концепции абсолютного пространства и времени, как не имеющих

реального физического содержания, следовало отказаться.

Специальная теория относительности (СТО) базируется на двух постулатах.

Первый постулат СТО: законы природы инвариантны относительно преобразований Лоренца в любых инерциальных системах отсчета.

Это так называемый расширенный принцип относительности. Он распространил действие принципа относительности не только на законы механики, но и на законы электродинамики.

Классический принцип относительности Галилея очень прост. Он всего лишь заявляет, что между покоем и движением, если оно прямолинейно и равномерно, нет никакой принципиальной разницы. Разница лишь в точке зрения. Для путешественника, плывущего на корабле, книга, лежащая у него в каюте на столе, покоится, но для человека на берегу эта книга плывет вместе с кораблем. В данном примере бессмысленно спрашивать, движется или покоится книга. Такой спор был бы пустой тратой времени. Наблюдателям нужно лишь согласовать свои позиции и признать, что книга покоится относительно корабля и движется относительно берега вместе с кораблем.

Таким образом, слово «относительность» в названии принципа Галилея не скрывает в себе ничего особенного. Оно не имеет никакого иного смысла, кроме того, который мы вкладываем в утверждение о том, что движение или покой – всегда движение или покой относительно чего-то, что служит нам системой отсчета. Это, конечно, не означает, что между покоем и равномерным движением нет никакой разницы. Но понятия покоя и движения приобретают смысл лишь тогда, когда указана точка отсчета.

Эйнштейн развил классический принцип относительности и пришел к выводу, что этот принцип является всеобщим и действует не только в механике, но и в электродинамике.

Второй постулат СТО Эйнштейн позаимствовал из электродинамики – это принцип постоянства скорости света, которая в вакууме примерно равна 300 000 км/с. Второй постулат говорит о постоянстве скорости света во всех инерциальных системах отсчета. Он связан с принципом относительности, в соответствии с которым если и существует максимальная скорость, то она должна быть одинаковой во всех инерциальных системах отсчета.

Но почему так важна эта скорость, что суждение о ней приравнивается к принципу относительности? Дело в том, что скорость света – самая большая из всех скоростей в природе, предельная скорость физических взаимодействий, одна из немногих фундаментальных физических констант нашего мира.

Движение света принципиально отличается от движения всех других тел, скорость которых меньше скорости света. Скорости этих тел всегда складываются с другими скоростями. В этом смысле скорости относительны, их величина зависит от точки зрения (как в приведенном выше примере).

Скорость света не складывается с другими скоростями, она абсолютна, всегда одна и та же, и, говоря о ней, нам не нужно указывать систему отсчета. Скорость света – это верхний предел для скорости перемещения любых тел в природе, для скорости распространения любых волн и сигналов. Она максимальна – это абсолютный рекорд скорости. Она является предельной скоростью любых физических взаимодействий, да и вообще всех мыслимых взаимодействий в мире. Если бы это было не так, нарушился бы фундаментальный закон причинности, утверждающий, что причина всегда предшествует следствию. Тогда разрушилась бы логическая связь событий во Вселенной, в мире воцарились абсолютный хаос и случайность.

Все сказанное о скорости света противоречит тому, что

мы видим в окружающем нас мире. Более того, одновременное действие этих двух постулатов кажется невозможным. Чтобы решить данный парадокс, Эйнштейн обращается к анализу проблемы одновременности, которая и составляет суть теории относительности.

Классическая физика решала эту проблему очень просто в рамках концепции абсолютного времени, в соответствии с которой любые события во всех точках Вселенной совершались в рамках одной системы отсчета (абсолютного времени). Поэтому одновременность событий считалась реально существующим фактом.

Чтобы доказать существование одновременности, нужно иметь в двух точках пространства, в которых находятся интересующие нас объекты, одинаково устроенные, синхронно идущие часы. Синхронизировать эти часы можно, воспользовавшись световыми сигналами, которые будут направляться из одной точки в другую, а потом возвращаться обратно. Если часы при этом будут показывать одинаковое время, значит, события в данных точках протекают одновременно. Если бы свет распространялся мгновенно, проблемы бы не существовало. Но так как свет обладает конечной скоростью, то наши сигналы в разных точках покажут разные результаты. Таким образом, события, одновременные для одного наблюдателя, окажутся неодновременными для другого. Следовательно, понятие одновременности всегда относительно.

Из нового понимания одновременности вытекают важнейшие выводы специальной теории относительности, которые известны под названием релятивистских эффектов:

- относительность одновременности;
- относительность расстояний (релятивистское сокращение длин);
- относительность промежутков времени (релятивистское замедление времени);

- инвариантность пространственно-временного интервала между событиями;
- инвариантность причинно-следственных связей;
- единство пространства – времени;
- эквивалентность массы и энергии.

Относительными становятся не только скорости и траектории тел, как в классической механике, но и пространственно-временные характеристики тел, традиционно считавшиеся неизменными, – линейные размеры, масса и время протекания процессов. Оказывается, эти свойства зависят от скорости движения тел. Правда, изменения линейных размеров, массы и времени протекания процессов становятся заметными, если измерять их из другой системы, движущейся относительно первой системы с иной скоростью. При этом скорость движения наблюдаемой системы должна быть очень большой, сравнимой со скоростью света. Таким образом, релятивистские эффекты – это изменения пространственно-временных характеристик тел, заметные на больших скоростях, сравнимых со скоростью света. Их три:

– сокращение линейных размеров тела в направлении его движения. Чем ближе скорость космического корабля, пролетающего мимо неподвижного наблюдателя, к скорости света, тем меньше будут его размеры для наблюдателя. Если бы корабль смог двигаться со скоростью света, то его наблюдаемая длина оказалась бы равной нулю, что невозможно;

– увеличение массы быстро движущихся тел. Масса движущегося тела, с точки зрения неподвижного наблюдателя, оказывается больше массы покоя того же тела. Чем ближе скорость тела к скорости света, тем больше возрастает его масса. Если бы тело смогло двигаться со скоростью света, то его масса возросла бы до бесконечности, что невозможно. Поэтому никакое тело с массой, отличной от нуля, нельзя разогнать до скорости света, так как это потребова-

ло бы бесконечной энергии. В связи с этим появилась самая известная формула теории относительности, связывающая массу и энергию. Эйнштейну удалось доказать, что масса тела есть мера содержащейся в нем энергии: $E = mc^2$;

– замедление времени в быстродвижущихся телах. Так, в быстро летящем космическом корабле время течет медленнее, чем для неподвижного наблюдателя. Эффект замедления времени на космическом корабле сказался бы не только на часах, но на всех процессах, протекающих в этом корабле, в том числе и на биологических ритмах его экипажа. Чтобы проиллюстрировать эту ситуацию, был предложен так называемый парадокс близнецов. Если бы из двух близнецов один остался на Земле, а другой улетел к звездам, то космонавт, с точки зрения земного наблюдателя, старился бы медленнее, чем его брат-близнец. Поэтому после возвращения домой космонавт обнаружил бы, что брат значительно старше его. Интересно, что чем дальше совершается полет и чем ближе скорость корабля к скорости света, тем большей будет разница в возрасте между близнецами. Она может измеряться даже сотнями и тысячами лет, в результате чего экипаж корабля сразу перенесется в близкое или более отдаленное будущее, минуя промежуточное время, поскольку ракета вместе с экипажем выпала из хода развития на Земле.

Таким образом, специальная теория относительности утверждает, что пространство и время нельзя рассматривать изолированно друг от друга. На основании этих выводов в 1907 г. немецкий математик Г. Минковский высказал предположение, что три пространственных и одна временная размерность любых материальных тел тесно связаны между собой. Все события во Вселенной происходят в едином четырехмерном пространстве – времени.

Классическая физика решала эту проблему в рамках концепции абсолютного времени, в соответствии с кото-

рой любые события во всех точках Вселенной совершаются в рамках одной системы отсчета (абсолютного времени). Поэтому одновременность считалась реально существующим фактом. Но события, одновременные для одного наблюдателя, окажутся неодновременными для другого. Следовательно, понятие одновременности всегда относительно.

Принцип соответствия для СТО и классической механики следующий: их предсказания совпадают при малых скоростях движения (гораздо меньше скорости света).

4. Общая теория относительности

В рамках общей теории относительности, которая создавалась в течение десяти лет, с 1906-го по 1916 г., А. Эйнштейн обратился к проблеме тяготения, давно привлекавшей к себе внимание ученых. Поэтому общую теорию относительности часто называют теорией тяготения. В ней были раскрыты новые стороны зависимости пространственно-временных отношений от материальных процессов. Общая теория относительности основывается уже не на двух, а на трех постулатах.

Первый постулат общей теории относительности – расширенный принцип относительности, который утверждает инвариантность законов природы в любых системах отсчета, как инерциальных, так и неинерциальных, движущихся с ускорением или замедлением. Он говорит о том, что нельзя приписывать абсолютный характер не только скорости, но и ускорению, которое имеет конкретный смысл только по отношению к фактору, его определяющему.

Второй постулат – принцип постоянства скорости света – остается неизменным.

Третий постулат – принцип эквивалентности инертной и гравитационной масс. Этот факт был известен еще в классической механике.

Теоретический анализ, который был сделан ученым, позволил сделать вывод, что физика не знает способа отличить эффект гравитации от эффекта ускорения. Иначе говоря, кинематические эффекты, возникающие под действием гравитационных сил, эквивалентны эффектам, возникающим под действием ускорения. Так, если ракета взлетает с ускорением $2g$, то экипаж ракеты будет чувствовать себя так, как будто он находится в удвоенном поле тяжести Земли.

Важнейшим выводом общей теории относительности стала идея, что изменение геометрических (пространственных) и временных характеристик тел происходит не только при движении с большими скоростями, как это было доказано специальной теорией относительности, но и в гравитационных полях.

Сделанный вывод неразрывно связывал общую теорию относительности с геометрией, но общепризнанная геометрия Евклида для этого не годилась. Эйнштейн использовал геометрию Б. Римана, которая верна для поверхности сферы, и сделал вывод о кривизне пространства – времени.

Как можно представить себе искривление пространства, о котором говорит общая теория относительности? Представим себе очень тонкий лист резины и будем считать, что это модель пространства. Расположим на этом листе большие и маленькие шарики – модели звезд и планет. Шарик будет прогибать лист резины тем больше, чем больше его масса. Это наглядно демонстрирует зависимость кривизны пространства – времени от массы тела, подтверждает правоту Римана.

Теория относительности установила не только искривление пространства под действием полей тяготения, но и замедление хода времени в сильных гравитационных полях. Даже тяготение Солнца, достаточно небольшой по космическим меркам звезды, влияет на темп протекания времени,

замедляя его вблизи себя. Поэтому если мы пошлем радиосигнал в какую-то точку, путь к которой проходит рядом с Солнцем, путешествие радиосигнала займет в таком случае больше времени, чем тогда, когда на пути этого сигнала, отправленного на такое же расстояние, Солнца не будет. Задержка сигнала при его прохождении вблизи Солнца составляет около 0,0002 с. Такие эксперименты проводились начиная с 1966 г., в качестве отражателя использовались как поверхности планет (Меркурия, Венеры), так и оборудование межпланетных станций.

Одно из самых фантастических предсказаний общей теории относительности – полная остановка времени в очень сильном поле тяготения. Замедление времени тем больше, чем сильнее тяготение. Гравитационное замедление времени, мерой и свидетельством которого служит красное смещение, очень значительно вблизи нейтронных звезд, а у гравитационного радиуса черной дыры оно столь велико, что время там, с точки зрения внешнего наблюдателя, просто замирает.

Существование черных дыр было предсказано общей теорией относительности. Если бы наше светило вдруг сжалось и превратилось в шар с радиусом в 3 км или меньше (радиус Солнца равен 700 000 км), оно превратилось бы в черную дыру. Из-за такого сжатия сила тяготения на поверхности, откуда исходит свет, возрастет настолько, что гравитационное красное смещение окажется действительно бесконечным. Солнце просто станет невидимым, ни один фотон не вылетит за его пределы. С нашим Солнцем такого не случится, а вот звезды, превосходящие Солнце по массе в 3 раза, в конце своей эволюции превращаются в такие объекты.

Таким образом, общая теория относительности (ОТО) распространила принцип относительности на неинерциальные системы отсчета.

Важнейшие выводы ОТО:

- *принцип эквивалентности*: ускоренное движение неотличимо никакими измерениями от покоя в гравитационном поле;
- *взаимосвязь материи и пространства – времени*: материальные тела изменяют геометрию пространства – времени, которая определяет характер движения материальных тел.

Эмпирические доказательства ОТО следующие:

- отклонение световых лучей вблизи Солнца;
- замедление времени в гравитационном поле;
- смещение перигелиев планетных орбит.

Соответствие ОТО и классической механики следующее: их предсказания совпадают в слабых гравитационных полях, если скорость движения тела много меньше скорости света.

5. Эволюция представлений о пространстве и времени. Концепция пространства и времени в современном естествознании

В процессе создания естественнонаучной картины мира возникает вопрос о происхождении и изменении различных материальных предметов и явлений, об их количественных и качественных характеристиках. Физические, химические и другие величины непосредственно или опосредованно связаны с изменением длин и длительностей, т. е. пространственно-временных характеристик объектов. Поэтому для их описания в естествознании сформировались понятия пространства и времени.

Развитие представлений о пространстве и времени. Естественнонаучные представления о пространстве и времени прошли длинный путь становления и развития. Уже в античности мыслители задумывались над природой и сущностью пространства и времени, однако их рассужде-

ния носили стихийный и нередко противоречивый характер. Реальный эмпирический базис и строгое теоретическое описание представления о пространстве и времени обрели в ходе первой глобальной научной революции и в классической науке Нового времени. Это было связано с развитием механики, которая описывала движение материальных тел, происходящее одновременно в пространстве и времени.

Вершиной классического естествознания стало творчество И. Ньютона. Именно Ньютон в своей знаменитой книге «Математические начала натуральной философии» ввел господствовавшие в науке до начала XX в. понятия пространства и времени, известные как абсолютное пространство и абсолютное время. Раскрывая сущность пространства и времени, Ньютон предложил различать два типа этих понятий: абсолютные (истинные, математические) и относительные (кажущиеся, обыденные) пространство и время.

Абсолютное пространство предстает как универсальноеместилище себя и всего существующего в мире. Оно безотносительно к чему бы то ни было внешнему, всегда остается одинаковым и неподвижным. Его можно попытаться представить в виде гигантского «черного ящика», в который можно поместить или убрать из него любые материальные тела.

Относительное пространство есть мера или какая-либо ограниченная подвижная часть, которая определяется нашими чувствами по положению ее относительно некоторых тел и в обыденной жизни принимается за пространство неподвижное.

Абсолютное время предстает как универсальная длительность любых процессов во Вселенной. Оно само по себе, без всякого отношения к чему-либо внешнему протекает равномерно. Абсолютное время можно представить в образе гигантской реки, которая будет течь, даже если не будет никаких материальных тел.

Относительное время есть или точная, или изменчивая, постигаемая чувствами внешняя мера продолжительности. Она употребляется в обыденной жизни вместо истинного математического времени. Это – минута, час, день, месяц, год.

С точки зрения этой концепции, абсолютные пространство, время и материя представляют три независимые друг от друга сущности.

Некоторые философы и ученые, не соглашаясь с Ньютоном, выступили с критикой его взглядов. Среди них был давний научный соперник Ньютона Г. Лейбниц. Он предложил реляционную концепцию пространства и времени, отказывающую им в самостоятельном, не зависимом от материи существовании. Лейбниц рассматривал пространство как порядок сосуществования тел, а время – как порядок отношения и последовательность событий. Иными словами, он говорил о неразрывной связи материи с пространством и временем.

Однако взгляды Лейбница не смогли переубедить ученых, уверенных в правоте Ньютона. Сформулированные им законы движения и закон всемирного тяготения, ставшие основой классической механики, основывались на понятиях абсолютного пространства и времени. Поэтому на некоторые недостатки идей Ньютона предпочли не обращать внимания. Лишь в середине XIX в., когда Максвеллом была создана теория электромагнитного поля, ученым пришлось признать возможность ошибки, задуматься о замене абсолютных пространства и времени относительными. Тем не менее, утверждение новых взглядов на пространство и время произошло только в начале XX в. – после создания А. Эйнштейном теории относительности. Пространство и время стали пониматься как атрибуты материи, свойства материальных тел, существующие только вместе друг с другом и с движущейся материей.

Свойства пространства – времени. Поскольку пространство и время неотделимы от материи, правильнее было бы говорить о пространственно-временных свойствах и отношениях материальных систем. Однако при познании пространства и времени ученые часто абстрагируются от их материального содержания, рассматривая их как самостоятельные формы бытия. В учебных целях свойства пространства и времени также рассматриваются отдельно.

Общие свойства пространства. Общими свойствами пространства являются:

1) протяженность, понимаемая как рядоположенность, существование и связь различных элементов (точек, отрезков, объемов и др.), возможность прибавления к каждому данному элементу некоторого следующего элемента либо возможность уменьшения числа элементов. Протяженность пространства проявляется как единство прерывности и непрерывности в его структуре. Для пространства в целом характерно отсутствие каких-либо «разрывов» и нарушений в распространении взаимодействий в природе. Но для отдельных материальных тел свойственна относительная прерывность, которая проявляется в раздельном существовании материальных объектов и систем, имеющих определенные размеры и границы;

2) трехмерность, в соответствии с которой все материальные процессы и явления, известные нам, реализуются в пространстве трех измерений, т. е. обладают длиной, шириной и высотой. Это общее свойство, которое обнаруживается на всех известных структурных уровнях организации материи и органически связано со структурностью систем и их движением.

Общие свойства времени. Общими свойствами времени являются:

1) длительность, которая выступает как последовательность сменяющих друг друга моментов или состояний,

возникновение за каждым данным интервалом времени последующего. Длительность предполагает возможность прибавления к каждому данному моменту времени другого, а также возможность деления любого отрезка времени на меньшие интервалы.

Длительность бытия объектов во времени выступает как единство прерывного и непрерывного. Общая непрерывность времени проявляется в постоянном переходе предшествующих состояний в последующие. Прежде чем произойдет какое-либо явление в будущем, должны осуществиться все предшествующие ему изменения в прошлом. Но конкретные объекты материального мира имеют начало и конец, определенную длительность, т. е. существуют конечный период. Поэтому можно говорить о прерывности бытия конечных материальных объектов, хотя она и относительна, так как между всеми сменяющими друг друга качествами имеется внутренняя связь и непрерывный переход;

2) необратимость времени – общее свойство времени, означающее однонаправленное изменение от прошлого к будущему. Прошлое порождает настоящее и будущее, переходит в них. К прошлому относятся все те события, которые уже осуществились и превратились в последующие. Будущие события – это те, которые возникнут из настоящих и непосредственно предшествующих им событий. Настоящее охватывает все те объекты, системы и процессы, которые реально существуют и способны к взаимодействию между собой.

Понятие настоящего, также как и понятие современности, многозначно, так как охватывает различные временные интервалы. Так, для человека предельно суженное настоящее – это сиюсекундное переживание, фиксируемое с большим трудом; для элементарных частиц – очень малые отрезки, которые для Галактики возрастают до сотни тысяч лет, а в больших системах будут еще более значительными;

3) одномерность времени, проявляющаяся в линейной последовательности событий, генетически связанных между собой. Если для определения положения тела в пространстве необходимо задать три координаты, то для определения времени достаточно одной.

Общие свойства пространства и времени проявляются на всех структурных уровнях организации материи. У некоторых классов материальных объектов проявляются дополнительные, локальные свойства пространства и времени.

Так, в макром мире все материальные тела имеют конкретные пространственные формы, размеры, скорости перемещения и т. д. Все материальные тела и процессы имеют конкретную длительность своего существования.

Также у материальных тел проявляются разные виды симметрии или асимметрии. В целом пространству присущи свойства изотропности и однородности. Изотропность – это отсутствие выделенных направлений (верх, низ и т. д.), независимость свойств тел, движущихся по инерции, от направления их движения. Однородность – это одинаковость свойств пространства по всем направлениям. Но в структуре отдельных тел можно отметить анизотропию и неоднородность.

Изучение пространства и времени продолжается и сегодня. Есть интересные исследования о социальном и биологическом пространстве и времени, гипотезы о природе времени.

Лекция 3

**СТРУКТУРНЫЕ УРОВНИ ОРГАНИЗАЦИИ
МАТЕРИИ: МИКРО-, МАКРО- И МЕГАМИРЫ**

План:

1. Структурные уровни организации материи: микро-, макро- и мегамиры.
2. Макромир.
3. Микромир.
4. Мегамир.

1. Структурные уровни организации материи: микро-, макро- и мегамиры.

Все многообразие известных человечеству объектов и свойственных им явлений обычно разделяется на три качественно различные области: микро-, макро- и мегамиры.

Еще в начале XX в. немецкий физик М. Планк определил фундаментальные константы – длины (10^{-33} см) и времени (10^{-44} с), получившие название «планковская длина» и «планковское время». Это более чем в миллиард миллиардов раз меньше размеров атомных ядер (10^{-13} см), которые сами на пять порядков (в 10^5 , т. е. в сто тысяч раз) мельче атомов, характеризующихся величинами в 10^{-8} см. Считается, что в области планковских масштабов неприменима общая теория относительности, и для описания физических процессов здесь необходимо создание квантовой теории гравитации. Это свидетельствует не только о количественном, но и о качественном отличии предполагаемого гипомира от надежно установленного микромира – мира атомов и большого семейства (примерно четырехсот) так

называемых элементарных частиц – электронов, протонов, нейтронов и др. В области реально, экспериментально изучаемого мира физики фиксируют размеры порядка 10^{-16} см (в тысячу раз меньше размеров атомных ядер).

Специфика микромира наиболее ярко отражена в разделах физики, основанных на квантовой механике, в том числе релятивистской, учитывающей одновременно и квантованность, и относительность (релятивность) процессов в микромире, их структурных, пространственно-временных и энергетических характеристик.

Наряду с углублением познания в области микромира (познанием мира «вглубь») для науки XX в. очень характерно стремительное движение познания по линии увеличения размеров изучаемых объектов, т. е. познание мира «вширь». По этой линии наука дополняет познание привычного людям земного макромира, характеризуемого умеренными скоростями и энергиями взаимодействия, познанием мегамира – гигантских по сравнению с земными масштабами звездных скоплений и сверхскоплений. Это мир галактик.

Самым большим объектом, установленным наукой, является Метагалактика, включающая все известные скопления галактик. Размеры ее – порядка 10^{28} см. Такое расстояние свет проходит со скоростью 300 000 км/с за 20 миллиардов лет. Некоторые ученые отождествляют Метагалактику со Вселенной в целом, но все больше ученых склоняются к тому, что миров, подобных Метагалактике, во Вселенной множество.

При описании мегамира необходимо считаться с релятивистскими эффектами – зависимостью размеров объектов, длительности процессов, одновременности или разновременности событий от системы отсчета, искривлением пространства – времени, изменением его геометрии и топологии, размерности.

Таким образом, исследуемый современной наукой мир охватывает расстояния в диапазоне более чем 60 порядков. В этих рамках микромир выделяется прежде всего как объект квантовой механики, макромир – как объект классической механики, мегамир – как объект релятивистской механики.

2. Макромир

Макромир описывается механикой Ньютона–Галилея. Механика Ньютона–Галилея представляет собой синтез различных методологических установок его предшественников.

В Ньютоновской механике рассматривается абсолютное пространство и абсолютное время. Любая вещь считается состоящей из атомов и может быть разложена на свои составляющие. Атом рассматривается как первичный «кирпичик» вещества, который неделим, неизменен, вечен. Атомистическая (корпускулярная) концепция содержит в себе представление о дискретной структуре вещества, так как наряду с атомами принимает наличие пустоты между ними.

Механика Ньютона–Галилея основана на трех законах Ньютона и законе всемирного тяготения.

Первый закон Ньютона: если на тело не действуют другие тела, то оно движется прямолинейно и равномерно либо сохраняет состояние покоя.

Второй закон Ньютона: ускорение, которое приобретает тело, прямо пропорционально действующей силе и обратно пропорционально массе тела.

Третий закон Ньютона: всякому действию есть равное и противоположно направленное противодействие.

Закон всемирного тяготения: сила взаимного тяготения двух тел прямо пропорциональна произведению их масс и обратно пропорциональна квадрату расстояния между их центрами.

В механике Ньютона–Галилея принят принцип дальности действия: действие от одного тела к другому, расположенным на любом расстоянии, передается мгновенно.

В механике Ньютона–Галилея выделены три основных момента механистической концепции целого и части:

- целое рассматривается как простое соединение элементов. Возможно разложение, разделение целого на его элементы, то есть редукция сложного к простому;

- элементы целого рассматриваются как неизменяющиеся, простые, неделимые;

- элемент внутри и вне целого один и тот же. Это формирует представление об объекте познания как самостоятельной сущности, с присущими ему характеристиками и свойствами, не зависящими от условий познаний, а тем более от познающего его субъекта.

Бесспорно, под влиянием воздействия на элемент других элементов системы элемент может изменять ряд своих характеристик. Но при этом в классической физике предполагается, что это воздействие является контролируемым и может быть оценено с позиций жесткой причинно-следственной обусловленности результатов воздействия.

Понятие силы Ньютон вводит в качестве абсолютного элемента. Истинное абсолютное движение, в отличие от относительного, не может ни произойти, ни измениться иначе, как от действия сил, приложенных непосредственно к движущемуся телу. Ньютон дает также динамическую трактовку массы тела как индивидуальной характеристики тела по отношению к нетождественному ему пустому пространству. То есть понятия силы и массы у Ньютона – это как бы «надпространственные» понятия.

В основе механики Ньютона лежит принцип относительности Галилея. Принцип относительности Галилея выделяет определенный класс систем отсчета, которые называют инерциальными. Инерциальными являются системы

отсчета, в которых выполняется принцип инерции (первый закон Ньютона). Общепринятая формулировка первого закона Ньютона такова: «Существуют системы отсчета, относительно которых всякое тело сохраняет состояние своего движения (состояние покоя или равномерного прямолинейного движения), пока действие всех тел и полей на него компенсировано». Если мы имеем хотя бы одну такую инерциальную систему отсчета, то всякая другая система отсчета, которая движется относительно первой равномерно и прямолинейно, также является инерциальной. Все другие системы отсчета называются неинерциальными.

В соответствии с принципом относительности Галилея: «Во всех инерциальных системах отсчета все физические явления происходят одинаково».

Тот факт, что ускорения тел относительно обеих инерциальных систем отсчета одинаковы, позволяет сделать вывод о том, что законы механики, определяющие причинно-следственные связи движения тел, одинаковы во всех инерциальных системах отсчета. И это составляет суть принципа относительности Галилея.

Беря производные по времени от кинематических параметров, можно рассматривать изменения этих величин за бесконечно маленькие промежутки времени. При этом представлялось само собой разумеющимся, что эти бесконечно маленькие промежутки времени, равно как и любые промежутки времени, одинаковы в обеих системах отсчета.

Преобразования Галилея отражают наше обыденное представление об инвариантности (неизменности) пространственных и временных масштабов при переходе из одной инерциальной системы отсчета в другую.

В механике Ньютона–Галилея понятие состояния физической системы является центральным элементом, также как во всякой физической теории. Понятие состояния физической системы – основная задача классической ме-

ханики. Оно подразумевает совокупность данных, характеризующих особенность рассматриваемого объекта или системы в данный момент времени. Оказывается, что для описания поведения какого-либо объекта одних только законов природы недостаточно, важно знать также начальные условия, описывающие состояние данного объекта в начальный момент времени. По словам великого математика Ю. Вигнера, «именно в четком разделении законов природы и начальных условий и состоит удивительное открытие ньютоновского века».

Состояние физической системы – это конкретная определенность системы, однозначно детерминирующая ее эволюцию во времени. Для задания состояния системы необходимо: 1) определить совокупность физических величин, описывающих данное явление и характеризующих состояние системы, – параметры состояния системы; 2) выделить начальные условия рассматриваемой системы (зафиксировать значения параметров состояния в начальный момент времени); 3) применить законы движения, описывающие эволюцию системы.

Параметрами, характеризующими состояния механической системы, являются совокупность всех координат и импульсов материальных точек, составляющих эту систему. Задать состояние механической системы, значит, указать все координаты и импульсы всех материальных точек. Основная задача динамики состоит в том, чтобы, зная начальное состояние системы и законы движения (законы Ньютона), однозначно определить состояние системы во все последующие моменты времени, то есть однозначно определить траектории движения частиц. Траектории движения получаются путем интегрирования дифференциальных уравнений движения и дают полное описание поведения частиц в прошлом, настоящем и будущем, то есть характеризуются свойствами детерминированности и обратимо-

сти. Здесь полностью исключается элемент случайности, все заранее жестко причинно-следственно обусловлено. Считается, что задать начальные условия можно абсолютно точно. Точное знание начального состояния системы и законов движения ее предопределяет попадание системы в заранее выбранное, «нужное» состояние.

Понятие причинности в классической физике связывается со строгим детерминизмом в лапласовском духе – фундаментальный принцип, провозглашенный Лапласом, и вошедший в науку в связи с этим принципом образ, именуемый «демоном Лапласа»: «Мы должны рассматривать существующее состояние Вселенной как следствие предыдущего состояния и как причину последующего. Ум, который в данный момент знал бы все силы, действующие в природе, и относительное положение всех составляющих ее сущностей, если бы он еще был столь обширен, чтобы ввести в расчет все эти данные, охватил бы одной и той же формулой движения крупнейших тел Вселенной и легчайших атомов. Ничто не было бы для него недостоверным, и будущее, как и прошедшее, стояло бы перед его глазами». Тем самым, трансдисциплинарной концепцией естествознания в классический период его развития становится представление о том, что только динамические законы полностью отражают причинность в природе. С философской точки зрения можно сказать, что в динамических теориях нет места взаимопревращению необходимости и случайности. Случайность понимается как некая досадная помеха в получении истинного результата, а не как необходимость, проявленная в действительности.

В механике Ньютона тела взаимодействуют на расстоянии, и взаимодействие происходит мгновенно. Именно эта мгновенность передачи взаимодействий и обуславливает ненужность какой-либо среды и утверждает принцип дальнего действия.

Механика Ньютона–Галилея использует математику как язык физической науки.

3. Микромир

К объектам микромира принято относить элементарные частицы, атомы, атомные ядра и молекулы.

Элементарные частицы. Элементарные частицы – основные элементы структуры микромира, которые не содержат в себе какие-либо другие элементы и обладают наиболее простыми свойствами. Из них состоят материя и поле. При этом все они неоднородны: некоторые из них являются составными (протон, нейтрон), а другие – несоставными, или *фундаментальными частицами* (электрон, нейтрино, фотон).

Элементарные частицы обладают довольно большим количеством характеристик.

1. Масса частицы (масса ее покоя, которая определяется по отношению к массе покоя электрона, считающегося самой легкой из всех частиц, имеющих массу). В зависимости от массы покоя все частицы можно разделить на несколько групп:

- фотоны – частицы, не имеющие массы покоя и движущиеся со скоростью света;
- лептоны (от «лептос» – легкий) – легкие частицы (электрон и нейтрино);
- мезоны (от «мезос» – средний, промежуточный) – средние частицы с массой от одной до тысячи масс электрона;
- барионы (от «барос» – тяжелый) – тяжелые частицы с массой более тысячи масс электрона (протоны, нейтроны, гипероны, многие резонансы).

2. Электрический заряд, всегда кратный фундаментальной единице заряда – заряду электрона (-1), который рассматривается в качестве единицы отсчета зарядов. Заряд

частиц может быть отрицательным, положительным или нулевым. Существуют также частицы с дробным электрическим зарядом – кварки, экспериментальное наблюдение которых пока невозможно.

3. Тип физического взаимодействия, в котором участвуют элементарные частицы. По данному показателю их можно разделить на три группы:

- адроны (от «андрос» – крупный, сильный), участвующие в электромагнитном, сильном и слабом взаимодействии;

- лептоны, участвующие только в электромагнитном и слабом взаимодействии;

Частицы – переносчики взаимодействий, непосредственно обеспечивающие взаимодействие: к ним относятся фотоны – переносчики электромагнитного взаимодействия, глюоны – переносчики сильного взаимодействия, тяжелые векторные бозоны – переносчики слабого взаимодействия. Высказывается также предположение о существовании гравитонов – частиц, обеспечивающих гравитационное взаимодействие.

4. Время жизни частиц, согласно которому они делятся на:

- стабильные – они не распадаются длительное время. Они могут существовать от бесконечности до 10^{10} с. Стабильными частицами считаются фотон, нейтрино, нейтрон, протон и электрон;

- нестабильные, например свободный нейтрон, время их жизни $10^{-10} - 10^{-24}$ с.;

- квазистабильные (короткоживущие) частицы, или резонансы, они распадаются в результате электромагнитного и слабого взаимодействия. Время их жизни составляет $10^{-24} - 10^{-26}$ с.

Возможны взаимопревращения элементарных частиц (распады, рождение новых частиц при столкновениях, ан-

нигиляция), возможны любые реакции элементарных частиц, не нарушающих законов сохранения (энергии, заряда и т. д.).

Спин – собственный момент количества движения (импульса) частицы, ее внутренняя степень свободы, обеспечивающая ей дополнительное физическое состояние. В отличие от классического момента количества движения, который может принимать любые значения, спин принимает только пять возможных значений. Он может равняться целому (0, 1, 2) или полуцелому – $1/2$ (электрон, протон, нейтрон), $3/2$ (омега-гиперон) – числу. Частицы с полуцелым спином называются фермионами, а с целым – бозонами (фотоны со спином 1; мезоны – 0; гравитоны – 2).

Теория кварков. В середине 1960-х гг. число открытых адронов превысило сотню. В связи с этим возникла гипотеза, согласно которой наблюдаемые частицы не отражают предельный уровень деления материи. На основе этой гипотезы была создана теория кварков. Ее авторы – М. Гелл-Манн и Дж. Цвейг. Теория кварков позволила систематизировать известные частицы и предсказать существование новых.

Основные положения теории кварков заключаются в следующем. Адроны состоят из более мелких частиц – кварков, которые представляют собой истинно элементарные частицы и поэтому бесструктурны. Главная особенность кварков – их дробный электрический заряд. Кварки могут соединяться друг с другом парами и тройками. Соединение трех кварков образует барионы (протоны и нейтроны). Соединение кварка и антикварка образует мезоны. Большинство образующихся частиц являются барионными и мезонными резонансами. При таком соединении дробные заряды суммируются до нуля или единицы.

Кварки различаются ароматом и цветом. Существует шесть видов кварков, различающихся ароматом, особой

физической характеристикой: u (up – верхний), d (down – нижний), s (stran – странный), c (charn – очарование), b (beauty – прелесть), t (top – верхний).

Считается, что каждый кварк имеет один из трех возможных цветов, которые выбраны учеными произвольно: красный, зеленый, синий. Цвет кварка означает разновидность «заряда» сильного ядерного взаимодействия.

Каждому кварку соответствует антикварк с противоположным цветом (антикрасный, антизеленый и антисиний).

При объединении кварков и антикварков должны выполняться два условия:

- суммарный электрический заряд кварков в адроне должен быть целочисленным, скомпенсированным до нуля или единицы;
- кварки, соединяющиеся в адрон, должны полностью компенсировать свои цветовые заряды и удовлетворять признаку бесцветности. Белый (бесцветный) цвет дает сумма красного, зеленого, синего или красного – антикрасного, синего – антисинего и т. п.

Кварки объединяются между собой благодаря сильному взаимодействию. Переносчиками сильного взаимодействия выступают глюоны, которые как бы «склеивают» кварки между собой. Предполагается, что кварки участвуют также в электромагнитных и слабых взаимодействиях. В электромагнитном взаимодействии кварки не меняют свой цвет и аромат, в слабых взаимодействиях меняют аромат, но сохраняют цвет.

Долгое время ученые пытались обнаружить кварки в многочисленных экспериментах, но сделать этого не удалось. Пришлось признать, что законы природы запрещают существование отдельных частиц с дробным электрическим зарядом. Однако в 1969 г. в Стэнфордском университете США были проведены опыты, доказавшие существование

кварков. В настоящее время теория кварков продолжает развиваться и уточняться.

Атомы. Атом представляет собой целостную ядерно-электронную систему. Размер атома порядка 10^{-10} м. Ядро является основой атома, определяющей как численный состав электронов в атоме, так и всю его внутреннюю структуру. Размер атомного ядра порядка 10^{-15} м. Если на этапе образования атома главную роль играют индивидуальные свойства ядра и электронов, то поведение электронов в составе атома в первую очередь обусловлено характеристикой их квантовых состояний, распределением электронов по энергетическим уровням, подуровням и отдельным «ячейкам» или «орбитам», в каждой из которых может находиться не более двух электронов.

Из всех взаимодействий атомов, электромагнитных по своей общей природе, можно выделить следующие: 1) взаимодействия с полями и частицами, при которых происходит изменение внутренней структуры атомов, не связанное с образованием более сложных и устойчивых объектов (таковы процессы излучения и поглощения атомами света); 2) взаимодействия атомов друг с другом, определяющие агрегатное состояние вещества; 3) химическое взаимодействие, которое приводит к образованию молекул и других химических соединений и лежит в основе качественного изменения вещества, построенного из атомов и молекул.

В общей форме электромагнитное взаимодействие, общие его законы изучаются физикой, поэтому можно сказать, что химическая форма движения является разновидностью физического взаимодействия, но это будет чисто терминологическим определением, не вскрывающим конкретного содержания определяемых процессов и имеющим смысл только для сопоставления изучающих их наук. Задача же в том и состоит, чтобы раскрыть специфику химических процессов как особой разновидности электромагнитного взаимодействия.

Если в простейшем случае химического взаимодействия атома водорода с протоном, на первый взгляд, еще можно предполагать, что при расчетах этого взаимодействия допустимо рассматривать отдельные электроны и протоны, то в случае взаимодействия сложных атомов и особенно молекул уже со всей очевидностью обнаруживается недопустимость такого представления о механизме химического взаимодействия. С усложнением атомов все более сложным становится соотношение между внутриатомными физическими и межатомными химическими взаимодействиями. С одной стороны, увеличивается их несовпадение друг с другом, с другой стороны – с переходом к сложным атомам раскрывается обусловленность химического взаимодействия атомов всеми особенностями их внутренней структуры и обнаруживаются более глубокие структурные изменения в самих атомах.

Сравнение химической формы движения атомов с их внутренними и внешними физическими взаимодействиями показывает, что именно химическое взаимодействие атомов следует рассматривать как специфически атомную форму движения. Во-первых, в отличие от других взаимодействий атомов, свойственных и более простым объектам, химическое взаимодействие возникает только на атомном уровне, поэтому атом следует рассматривать как наипростейшую в химическом отношении частицу. Во-вторых, химическое взаимодействие – это взаимодействие атомов с атомами, а не с другими объектами, что определяет полнейшую зависимость химических процессов от свойств самих атомов. В-третьих, из всех взаимодействий атомов с атомами их химические взаимодействия в наибольшей мере зависят от специфических для атомов каждого химического элемента особенностей электронной структуры.

Молекулы. Молекулы – это очередной после атомов качественный уровень строения и эволюции вещества.

Подчеркивая целостность молекул, органическое единство их составных частей, современное естествознание характеризует движение молекул как движение самостоятельных и целостных систем, а не как простую сумму разрозненных движений отдельных образующих их частиц (атомов, ядер и электронов). Те взаимодействия молекул, которые не сопровождаются изменением их структуры (т. е. определенного порядка химических связей между атомами внутри молекул), изучаются физикой и называются физическими. Взаимодействия же молекул, приводящие к их качественным взаимопревращениям, перестройке их внутренних связей, называются химическими и изучаются химией.

Так же, как в случае с атомами, химическое поведение молекул является их индивидуальной характеристикой, специфически обусловлено их составом и структурой. Этого нельзя сказать о вандерваальсовом взаимодействии, связанном с агрегатным состоянием вещества. В этом взаимодействии молекулы тоже участвуют как единые и целостные образования, но, в отличие от химического, оно универсально, осуществляется между всеми атомами и молекулами независимо от их принадлежности к какому-либо определенному химическому элементу или соединению.

Общая природа каких-либо взаимодействий не исключает, а предполагает наличие особенного, отличающего одно взаимодействие от другого. И простое кулоновское взаимодействие любых электрических зарядов, и вандерваальсово взаимодействие атомов и молекул, и химическое взаимодействие между ними имеют общую электрическую природу. Однако кулоновское взаимодействие между зарядами проявляется на макроскопических расстояниях, и энергия его убывает с расстоянием пропорционально r^2 . Вандерваальсово взаимодействие осуществляется на расстояниях нескольких ангстрем ($1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ см} = 0,1 \text{ нм}$), и энергия его уменьшается с расстоянием пропорционально

r^6 , т. е. на пять порядков быстрее. Химическое же взаимодействие возможно только при сближении атомов и молекул на 1–2 ангстрема, и энергия его, изменяясь пропорционально e^{-r} , спадает до нуля при расстоянии между атомами в 2 А. Все это тоже демонстрирует более внутренний характер химического взаимодействия атомов и молекул по сравнению с другими их взаимодействиями.

Таким образом, вещество можно рассматривать как совокупность корпускулярных структур: кварки – нуклоны – атомные ядра – атомы с их электронными оболочками, молекулы.

4. Мегамир

Основные структуры мегамира: планеты, звезды, галактики.

Единицы измерения расстояний в мегамире: астрономическая единица (в Солнечной системе), световой год, парсек (межзвездные и межгалактические расстояния).

Звезды. Звезда – это небесное тело, в котором естественным образом происходили, происходят или с необходимостью будут происходить реакции термоядерного синтеза. Звезды в обычном стационарном состоянии – раскаленные газовые шарообразные небесные тела, находящиеся в гидродинамическом и тепловом равновесии. Гидродинамическое равновесие обеспечивается равенством сил тяготения и сил внутреннего давления, действующих на каждый элемент массы звезды. Тепловое равновесие соответствует равенству энергии, выделяемой из недр звезды, и энергии, излучаемой с ее поверхности. Звезды, кроме ближайшей – Солнца, находятся на столь больших расстояниях от Земли, что даже в самые сильные телескопы видны как светящиеся точки различной яркости и цвета. Основной видимой характеристикой звезды является ее блеск, который определяется мощностью излучения звезды и расстоянием

до нее. Основными параметрами состояния звезд являются светимость, масса и радиус. Их численные значения принято выражать в солнечных единицах.

Звезды по состоянию вещества в недрах разделяют на три главные группы: 1) нормальные, гидростатическое равновесие которых поддерживается давлением классической идеальной плазмы, существующей благодаря термической ионизации атомов; 2) белые карлики; 3) нейтронные.

Основным источником излучения звезд является реакция термоядерного синтеза. После выгорания водорода в центре, сжатия ядра и повышения его температуры становится возможным, при достаточно большой массе звезды, горение все более тяжелых элементов. Большую часть своей жизни звезда находится в стационарном состоянии. Равновесность звезд при непрерывной потере энергии обусловлена сильным различием времени протекающих в них процессов. Нарушение механического равновесия, например снижение давления в звезде, приводит к ее сжатию и превращению части гравитационной энергии в теплоту.

Звезды весьма различны по их видимому блику. Этот признак стал основополагающим при разделении звезд на классы.

Первый класс представляют голубые гиганты – очень большие (в 50–60 раз массивнее Солнца), очень яркие и очень горячие звезды (температура поверхности около 35 тыс. градусов). Второй класс – бело-голубые звезды с температурой поверхности около 20 тыс. градусов. Третий класс – белые звезды с температурой около 10 тыс. градусов. Четвертый класс – желто-белые звезды с температурой около 7500 °С. Пятый – желтые звезды (в этот класс входит Солнце) с температурой около 6000 °С. Шестой класс составляют оранжевые звезды с температурой 4700 °С. Седьмой класс – красные карлики с температурой около 3000 °С.

Все перечисленные классы звезд образуют главную последовательность, т. е. распределение звезд в порядке уменьшения их температуры и яркости (диаграмма Герцшпрунга–Расселла).

Звезды возникают в результате конденсации межзвездных пыли и газа, богатого водородом. Затем следует долгая стадия эволюции звезды.

Звезды, возникшие из одного газопылевого облака, образуют звездные скопления. Различают шаровые звездные скопления, состоящие из старых звезд, и рассеянные скопления, состоящие из молодых звезд (с возрастом менее 60 млн. лет). Шаровые скопления находятся в центрах галактик, а рассеянные – на периферии.

Поскольку звезды удалены от Земли на огромные расстояния, на небосводе они выглядят как неподвижные объекты. Поэтому могут быть использованы как способ ориентации в пространстве. Для удобства запоминания и использования звезды объединены в 88 созвездий. Среди них 12 созвездий называются зодиакальными. Зодиак – пояс зверей. С Земли кажется, что Солнце, двигаясь на фоне звезд, проходит через эти созвездия в течение года.

Все звезды в созвездиях имеют наименования по буквам греческого алфавита и названию созвездия. Наиболее яркая называется альфа, вторая по яркости – бета, третья – гамма и т. д. Иногда звезды получают персональные имена, в первую очередь это относится к самым ярким звездам – Сириусу, Канопусу, Арктуру, Ригелю, Бетельгейзе, Антаресу и др.

Планеты. Атрибуты планеты:

- не звезда;
- обращается вокруг звезды (например, Солнца);
- достаточно массивна, чтобы под действием собственного тяготения стать шарообразной;
- достаточно массивна, чтобы своим тяготением рас-

чистить пространство вблизи своей орбиты от других небесных тел.

Галактики. Галактики – системы из миллиардов звезд, связанных взаимным тяготением и общим происхождением. Галактики – это гигантские звездные системы, в нашей Галактике Млечный Путь наше Солнце находится как рядовая звезда.

Внешний вид галактик чрезвычайно разнообразен, и некоторые из них очень живописны. Э. Хаббл избрал самый простой метод классификации галактик по внешнему виду, и нужно сказать, что хотя впоследствии другими выдающимися исследователями были внесены разумные предположения по классификации, первоначальная система, выведенная Хабблом, по-прежнему остается основой классификации галактик.

Хаббл предложил разделить все галактики на три основных вида:

- 1) эллиптические (E – elliptical);
- 2) спиральные (S – spiral);
- 3) неправильные (I – irregular).

Эллиптические галактики. Эллиптические галактики – внешне самый невыразительный тип галактик. Они имеют вид гладких эллипсов или кругов с общим падением яркости по мере удаления от центра к периферии. Падение яркости описывается простым математическим законом, который открыл Хаббл. На языке астрономов это звучит так: эллиптические галактики имеют концентрические эллиптические изофоты, т. е. если соединить одной линией все точки изображения галактики с одинаковой яркостью и построить такие линии для разных значений яркости (аналогично линиям постоянной высоты на топографических картах), то мы получим ряд вложенных друг в друга эллипсов примерно одинаковой формы и с общим центром.

Эллиптические галактики состоят из звезд красных и

желтых гигантов, красных и желтых карликов и некоторого количества белых звезд не очень высокой светлости. В них отсутствуют бело-голубые сверхгиганты и гиганты, группировки которых можно наблюдать в виде ярких сгустков, придающих структурность системе, нет пылевой материи, которая в тех галактиках, где она имеется, создает темные полосы, оттеняющие форму звездной системы. Поэтому внешне эллиптические галактики отличаются друг от друга в основном одной чертой – большим или меньшим сжатием.

Спиральные галактики. Спиральные галактики – это, может быть, самые живописные объекты во Вселенной и, в отличие от эллиптических галактик, являют собой пример динамичности формы. Их красивые ветви, выходящие из центрального ядра и как бы теряющие очертания за пределами галактики, указывают на мощное, стремительное движение.

Идеальные спиральные галактики имеют две спиральные ветви (рукава), исходящие либо прямо из ядра, либо из двух концов бара (перемычки), в центре которого расположено ядро. Этот признак позволил разделить спиральные галактики на два основных подтипа: *нормальные* спиральные галактики (S) и *пересеченные* спиральные галактики (SB). Нормальных спиральных галактик во много раз больше, чем пересеченных.

Наша Галактика – Млечный Путь:

- гигантская (более 100 млрд. звезд);
- спиральная;
- диаметр около 100 тыс. световых лет.

Неправильные галактики. Рассмотренные выше типы галактик характеризовались симметричностью формы и определенным характером рисунка. Но встречается большое число галактик неправильной формы, без какой-либо общей закономерности структурного строения. Это так называемые неправильные галактики, обозначаемые Irr.

Неправильная форма у галактики может быть вследствие того, что она не успела принять правильную форму из-за малой плотности в ней материи или из-за молодого возраста, а также, возможно, искажение формы галактики вызвано вследствие ее взаимодействия с другой галактикой.

Метагалактика. В 1981 году было сообщено об открытии огромной области пространства размером со сверхскопление, почти лишенной как отдельных галактик, так и их скоплений. Открывшие эту область астрономы назвали ее «пустотой» и обратили внимание на то, что космологи должны уметь объяснять отсутствие галактик так же, как и их наличие. Сейчас известно еще несколько пустот, крупнейшая из которых имеет размер 2 млрд. на 1 млрд. световых лет. Вместе с этими открытиями пришло понимание того, что галактики – это не просто объекты, которые иногда собираются в скопления. Вместо этого оказалось, что, по крайней мере, в некоторых частях Вселенной галактики образуют сеть с большими пустотами в промежутках между ними.

Метагалактикой является объединение (скопление) галактик примерно такого порядка, каким для звезд нашей системы является Галактика. Следует предположить существование и других метагалактик.

Изучение скоплений галактик вообще тесно переплетено с космологическими проблемами. Особую роль в этом играет то обстоятельство, что скопления (а их сейчас известно около 10000) объединены в более крупные системы, формируя, таким образом, крупномасштабную структуру Вселенной – Метагалактику. Иерархическая структура не обрывается на скоплениях галактик.

Понятие «Метагалактика» не является вполне ясным. Тем не менее, имеются некоторые основания предполагать, что такая система, как Метагалактика, существует, что она относительно автономна и является объединением галактик примерно такого порядка, каким для звезд нашей системы

является Галактика. Следует предположить существование и других метagalактик.

Реальность Метагалактики будет доказана, если удастся как-то определить ее границы и выделить наблюдаемые объекты, не принадлежащие ей.

В связи с гипотетичностью представлений о Метагалактике как об автономной гигантской системе галактик, включающей все наблюдаемые галактики и их скопления, термин «Метагалактика» стал чаще применяться для обозначения обозреваемой (при помощи всех существующих средств наблюдения) части Вселенной.

Эволюция Метагалактики, галактик и отдельных звезд. На протяжении XX столетия трудами А. Фридмана, А. Эйнштейна, Э. Хаббла, Ж. Леметра, Г. А. Гамова и других исследователей разработана концепция, согласно которой Метагалактика находится в процессе расширения, разбегания галактик от какого-то первичного центра, в котором и зародилась наша Вселенная. Что предшествовало ей – трудно сказать. Предполагается, что современная Вселенная произошла из материи, находящейся в особом, чрезвычайно раскаленном, сверхплотном состоянии. Примерно 15–20 млрд. лет назад этот сгусток материи, этот «первоатом» в силу еще не ясных причин как бы взорвался и стал быстро расширяться с резким падением температуры. В ходе этого процесса расширения Метагалактики, продолжающегося до сих пор, и сложилась та ее структура, которая наблюдается в настоящее время.

Теория расширяющейся Вселенной основана на истолковании экспериментально зафиксированного красного смещения спектральных линий галактик как следствия эффекта Доплера, объясняющего красное смещение разбеганием галактик. Однако такое истолкование не единственное, за последние десятилетия все больше накапливается сомнений в реальности расширения Вселенной. Эволюция

космических систем несомненна, но следует различать объективные законы эволюции и теоретические выражения их с помощью различных моделей. В частности, явление красного смещения линий спектра может быть объяснено как следствие уменьшения энергии и собственной частоты фотонов в результате взаимодействия с гравитационными полями при движении света в течение многих миллионов лет в межгалактическом пространстве.

Эволюцию претерпевают все космические объекты – звезды, планеты, галактики. Сейчас известно, что обычные звезды в ходе претерпеваемых изменений превращаются в так называемые белые карлики, нейтронные звезды и черные дыры, рассмотренные выше.

Образование звезд имеет следующие этапы:

1. На первом этапе существует газопылевое облако, в котором частички газа и пыли начинают притягиваться друг к другу.

2. В процессе этого притяжения облако начинает разогреваться.

3. При достижении температуры в ядре звезды в 10 млн. градусов Цельсия начинается термоядерная реакция. Водород превращается в гелий, что сопровождается излучением во всех частях спектра. Благодаря этому излучению звезда становится звездой, т. е. видимым космическим объектом.

После начала термоядерной реакции звезда проходит следующие этапы существования:

1. Нормальные, или желтые звезды. Находятся на этапе выгорания водорода. По мере выгорания водорода формируется гелиевое ядро, которое отделено от водородной оболочки зоной конвекции и излучения.

2. Сверхгигант, или красный гигант. Гелиевое ядро звезды сжимается, а размеры звезды значительно увеличиваются за счет того, что водородная оболочка удаляется

от ядра. Масса красного гиганта начинает сокращаться не только из-за горения водорода, но и из-за потерь вещества на внешней оболочке звезды.

3. Белый карлик. Внешний слой истощается, рассеивается в космическом пространстве, и от звезды остается только горячее гелиевое ядро. Гравитационное сжатие ядра продолжается. Первоначально поверхность белого карлика имеет очень большую температуру (до десятков тысяч градусов), но затем быстро остывает. Диаметр белого карлика составляет лишь 5–10 тыс. км, т. е. сравним с диаметром Земли.

4. Нейтронная звезда. Продолжающееся сжатие ядра и ускорение вращения вокруг своей оси приводят к уплотнению и схлопыванию атомов. Электроны соединяются с протонами, и образуются нейтроны. Белый карлик превращается в нейтронную звезду. Размер такой звезды составляет лишь несколько десятков километров (диаметр г. Москвы), скорость вращения вокруг оси – несколько сотен оборотов в минуту. Колоссальная плотность нейтронной звезды приводит к такому искривлению пространства вокруг нее, что вещество звезды стремится к сжатию в точку.

5. Черная дыра. Концентрация массы в пространстве достигает такой степени, что в одной чайной ложке оказалось бы 100 млн. метрических тонн вещества. Все объекты и излучения, находящиеся в зоне гравитационного действия черной дыры, стремятся к ней. Размер черной дыры составляет 2–3 км; конечная стадия существования черных дыр – взрыв и рассеивание вещества. На этой стадии существования звезды можно считать окончательно завершенным. Скорость прохождения звездой перечисленных этапов существования зависит от ее размеров. Большие звезды проходят все перечисленные этапы быстрее.

Концепции мегамира. Принцип несотворимости и неуничтожимости материи. Необходимо учесть следующее. Когда говорят о «начале времени», «рождении Вселенной»,

то надо помнить о значительной доле условности, образности подобных выражений. Пространственно-временные отношения, свойственные современному состоянию мира, не могут быть прямо и однозначно использованы для описания таких состояний материи, свойства которых еще не известны (или плохо известны).

Теологи и религиозно настроенные ученые начали использовать теорию «расширяющейся Вселенной» для обоснования креационизма, сверхъестественного творения мира Богом. Но показательно, что один из создателей этой теории Ж. Леметр, будучи и ученым, и аббатом, религиозным деятелем, выступал против подобных трактовок. Он считает, что данная теория не имеет никакого отношения к вопросу о существовании Бога, поскольку бытие Бога, по его мнению, вообще находится за пределами всякого возможного опыта, за рамками возможностей человеческого познания. Материи, из которой состоит наблюдаемая Вселенная, наша Метагалактика, предшествовали другие состояния материи. И сейчас, по мнению ряда ученых, Метагалактика не исчерпывает всего мира, бытия вообще. Поэтому возникновение нашей Метагалактики не означает образования всей Вселенной, ее начало не является абсолютным космологическим «началом».

С давних времен известно, что из ничего ничего не возникает. Любой объект может возникнуть лишь из других объектов. Абсолютной пустоты как полного отсутствия материи не существует. Если отсутствует вещество, то существует поле, если отсутствует поле, то существует его физический вакуум. Под вакуумом современная физика понимает особое состояние материи, а не абсолютное «ничто». Например, вакуумом электромагнитного поля называют такое его состояние, в котором нет фотонов. Поэтому когда физики говорят о возможности возникновения вещества из вакуума, это не значит, что речь идет о возникновении

вещества из пустоты. Встречающиеся рассуждения о том, что во Вселенной в какую-то единицу времени якобы из «ничего» возникает какое-то количество вещества, могут означать лишь то, что речь идет о возникновении известного вещества из какого-то другого, еще не установленного вида материи.

Свое всестороннее выражение принцип несотворимости и неуничтожимости материи и ее атрибутов находит в физических законах сохранения. Растет число частных законов сохранения отдельных характеристик физических форм движения. В начале XX в. были известны законы сохранения массы, энергии, электрического заряда, импульса, момента импульса. Ныне к ним прибавились законы сохранения четности, странности, барионного и лептонного зарядов и другие. С открытием каждого закона сохранения неразрывно связано появление нового фундаментального свойства материи. Характерной особенностью законов сохранения является то, что они могут выражаться в форме ограничений или даже категорических запретов, означающих невозможность протекания тех или иных процессов в определенных условиях.

Нет оснований абсолютизировать и понятие «черная дыра», толкование которого тоже изменяется и уточняется. Черные дыры не являются полностью замкнутыми мирами, через так называемые горловины, обладающие сильным электромагнитным полем, они связаны с внешним миром. Для внешнего наблюдателя они проявляются как объекты с определенными геометрическими размерами, массой, электрическим зарядом и угловым моментом.

Долго считалось, что черные дыры – абсолютно поглощающие объекты, гравитация которых удерживает даже световое излучение. Но в начале 70-х годов XX в., когда были приняты во внимание квантовые эффекты, выяснилось, что черные дыры, вопреки их названию, должны

излучать в окружающее пространство потоки вещества и антивещества, электромагнитные волны, испущенные виртуальными частицами, которые сами при этом «погибают» в черной дыре. Вокруг них происходит как бы «вскипание» вакуума (особое состояние поля), а внешне это выглядит, как постепенное испарение и стягивание черной дыры.

Как нет абсолютного начала, так нет и абсолютных тупиков развития. Все относительно и связано процессами взаимопревращения. Обнаруживаются пути дальнейшего включения в бесконечный мировой процесс и белых карликов, и нейтронных звезд, и черных дыр. «Трупами» их можно считать лишь по отношению к отдельным определенным звездам, но не по отношению ко всему космосу.

Перейдем теперь к анализу *проблемы «тепловой смерти» Вселенной*.

Еще с прошлого века обсуждается проблема «тепловой смерти» Вселенной. В 60-е годы XIX в. немецкий физик Р. Клаузиус сформулировал второе начало термодинамики — закон возрастания энтропии (меры неупорядоченного, хаотического движения) в необратимых процессах. Из этого закона был сделан вывод, что процесс мирового развития идет в направлении превращения других форм движения в тепловую и равномерного распределения теплоты в бесконечном пространстве, что сделает, в конце концов, невозможным существование высших форм материи, в том числе и жизни. Следует согласиться с теми учеными (физиками и философами), которые считают такой вывод ошибкой, возникающей из-за неправомерного распространения закона возрастания энтропии, отражающего тенденцию к тепловому равновесию конечных, замкнутых систем, на всю бесконечную Вселенную (в смысле всего мира в целом). Аналогично расширение (или сжатие) какой-либо части Вселенной (нашей Метагалактики, например) есть тоже местный, конечный эффект, и его

нельзя распространять на всю бесконечную Вселенную.

Наряду с процессами рассеяния материи в космосе происходят и обратные процессы ее концентрации. Взятый в отдельности каждый такой процесс неизбежно приводит к тупику, концу какой-либо линии развития, но объективно они существуют в неразрывном единстве, переходя друг в друга. Философ и астрофизик А. П. Трофименко представляет взаимоотношения форм движения и энергии в космических масштабах следующим образом. Рассеянная энергия излучения, концентрируясь в черных дырах, превращается в кинетическую энергию. Затем кинетическая энергия рассеиваемой материи антиколлапсара (своего рода антипода черной дыры) переходит в гравитационную потенциальную энергию. Распад рассеянного вещества на отдельные облака и их дальнейшая концентрация (сжатие) ведет к непрерывному переходу потенциальной энергии в энергию теплового движения. Этот процесс, нарастая, приводит к образованию звездных объектов, в которых тепловая форма движения дает жизнь ядерной форме. В результате ядерных реакций в звездах создаются устойчивые термодинамические потенциалы. Так, в принципе, может восстанавливаться термодинамическая активность материи.

Необходимо брать второе начало термодинамики вместе с «теоремой площадей всех черных дыр». Неуменьшающейся величиной в общей теории относительности оказывается суммарная площадь всех черных дыр, а не энтропия. Размеры черной дыры пропорциональны квадрату ее массы и могут лишь возрастать по мере накопления поглощаемой массы. «Теорема площадей» очень похожа на второе начало термодинамики, но говорит о противоположном: об уменьшении, а не увеличении энтропии. И, взятая в отдельности, эта теорема так же приводит в пределе к выводу о неизбежной «смерти» Вселенной, но уже не в результате диссипации, рассеяния энергии, а, наоборот, вследствие

гравитационного стягивания всего вещества Вселенной в черные дыры – эти «космические могильники», разбросанные в пространстве.

Однако теорема площадей является точной только в рамках классической гравитационной теории черных дыр и теряет силу, если принять во внимание квантовые эффекты, уменьшающие массы и площади черных дыр. Черные дыры – это концентраторы вещества и энергии, возвращающие их обратно в окружающее пространство путем квантового испарения и взрывов. В отдельности к черным дырам не применимы ни второе начало термодинамики, ни его гравитационный аналог – «теорема площадей». Поскольку же уменьшение энтропии сопровождается увеличением площади черных дыр и наоборот, то можно предположить, что неубывающей величиной в действительности является их сумма. Такое обобщенное второе начало термодинамики объединяет сразу три раздела физики: общую теорию относительности, термодинамику и квантовую теорию. В философском плане такой подход представляется безупречным.

Лекция 4

**КОРПУСКУЛЯРНАЯ И КОНТИНУАЛЬНАЯ
КОНЦЕПЦИИ ОПИСАНИЯ ПРИРОДЫ.
ДИНАМИЧЕСКИЕ И СТАТИСТИЧЕСКИЕ
ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ПРИРОДЕ. ПОРЯДОК
И БЕСПОРЯДОК В ПРИРОДЕ, ХАОС.
СИНЕРГЕТИКА**

План:

1. Физические исследовательские концепции.
2. Механистическая исследовательская концепция.
3. Релятивистская исследовательская концепция.
4. Квантово-полевая исследовательская концепция.
5. Современная физическая исследовательская концепция – единая теория поля.
6. Динамические и статистические закономерности в природе.
7. Порядок и беспорядок в природе, хаос.
8. Синергетика.
9. Закономерности самоорганизации.
10. Универсальный эволюционизм.

1. Физические исследовательские концепции

Естествознание, как и наука в целом, является частью общечеловеческой культуры, что предполагает необходимость выявления социокультурных детерминантов научного знания. Стремление к созданию общей теории естествознания на фоне интеллектуальной атмосферы той или иной эпохи, как части истории культуры, привело к формированию культурно-исторического подхода к анализу развития науки, в рамках которого были выработаны понятия культурного фона, стиля мышления, научной картины мира,

типа научной рациональности. Работы ряда физиков, философов, методологов и историков науки были посвящены поиску более емкой структурно-понятийной научной формации, чем фундаментальная теория, с помощью которой удалось бы найти механизмы, приводящие к революциям в науке, обосновать смену стилей мышления, научных картин мира, типов научной рациональности. Наиболее известными (прижившимися в науке) являются следующие структурно-понятийные формации: научная парадигма Т. Куна, научно-исследовательские концепции описания природы.

Выделяют четыре физические исследовательские концепции, сменяющие друг друга в истории развития науки:

- механистическая исследовательская концепция;
- релятивистская исследовательская концепция;
- квантово-полевая исследовательская концепция;
- современная физическая исследовательская концепция – единая теория поля.

2. Механистическая исследовательская концепция

Механистическая исследовательская концепция предпосылкой своего возникновения имеет механику Ньютона.

Основные концепции механистической исследовательской концепции:

1. Концепция использования математики как языка физической науки.

2. Концепция пространственно-временных отношений в природе.

Пространство и время являются основными категориями в физике, ибо большинство физических понятий вводятся посредством операциональных правил, в которых используются расстояния в пространстве и время. В то же время пространство и время относятся к фундаментальным понятиям культуры.

3. Концепция иерархического строения материи и континуалистского характера движения.

В основу иерархического строения вещества кладется атом Демокрита, который в Новое время рассматривается как экспериментально исследуемая частица. Любая вещь считается состоящей из атомов и может быть разложена на свои составляющие. Атом рассматривается как первичный «кирпичик» вещества, который неделим, неизменен, вечен. Атомистическая (корпускулярная) концепция содержит в себе представление о дискретной структуре вещества, ибо наряду с атомами принимает наличие пустоты между ними.

Механика Ньютона представляет собой синтез различных методологических установок его предшественников; корпускулярная концепция (атомы и пустота) у него связывается с аристотелевской континуалистской концепцией непрерывного пространства, непрерывного времени и движения. Континуалистская концепция явилась предпосылкой создания аппарата интегрального и дифференциального исчисления и была неоспоримой парадигмой научного сообщества вплоть до открытия Планка (начало XX в.)

4. «Себетожественность» физического объекта, «внеположенность» его в пространстве и во времени.

«Себетожественность» физического объекта – это принцип, который является следствием представлений о непрерывном пустом пространстве и непрерывном времени, в котором выделено индивидуальное тело. «Себетожественность» движущегося тела гарантируется непрерывным изменением координат и непрерывным изменением времени, что позволяет одновременно и зарегистрировать существование тела, и определить его скорость между одним положением и другим. Отсюда вывод: перед нами одно и то же тело, само себе тождественное. Из непрерывности состояний «себетожественного» объекта вытекает существование дифференциальных уравнений, с помощью которых, зная начальные

условия, можно с абсолютной достоверностью предсказать все последующее движение тела.

5. Детерминированность поведения физического объекта (строгая, однозначная причинно-следственная связь между конкретными состояниями объекта). Обратимость всех физических процессов.

Интегрирование дифференциальных уравнений сводится к вычислению траекторий движения частицы, которые дают полное описание поведения частицы как в прошлом, настоящем, так и в будущем, то есть характеризуются свойствами детерминированности и обратимости. Достаточно точного задания начальных условий и уравнений движения тела, чтобы получить полное описание движения частицы. Собственно, основной задачей механики является определение траектории движения тела, то есть установление строгой причинной зависимости координат (положения тела в пространстве) в зависимости от времени.

Траектория – это линия, которую описывает тело в пространстве при своем движении. Подчеркнем, что в механике движение тела происходит по строго определенным траекториям, то есть вследствие «себестождественности», индивидуальности физического объекта мы всегда можем одновременно измерить и его координату, и его скорость.

6. Механистическая концепция целого и части. Механистическая концепция целого и части предполагает возможность дробления целого на составляющие его элементы вплоть до последнего «кирпичика». При этом элемент целого обладает своими индивидуальными особенностями независимо от целостности, в которой он функционирует.

3. Релятивистская исследовательская концепция

Релятивистская исследовательская концепция своим возникновением обязана попытке построения простой, свободной от противоречий электродинамики движущихся тел.

щихся тел. Это построение было успешно осуществлено А. Эйнштейном в созданной им специальной теории относительности (СТО). Теория относительности базируется на новом взгляде на природу пространства и времени и является, по существу, новой кинематической теорией, критически переосмысливающей понятия пространства и времени ньютоновской механики. На смену пространству Евклида в СТО приходит четырехмерное псевдоевклидово пространство Минковского, в котором время по своему месту в физических уравнениях эквивалентно трем пространственным координатам. В специальной теории относительности пространство и время не могут быть рассмотрены независимо друг от друга, а речь идет о четырехмерном пространстве – времени. Четырехмерный формализм позволил создать адекватный математический аппарат для обобщенного описания специальной теории относительности, то есть создать базисную теорию релятивистской исследовательской программы. Все фундаментальные физические теории впоследствии были переформулированы в четырехмерном формализме.

Несмотря на революционность специальной теории относительности, на возникновение на ее основе новой релятивистской исследовательской программы, включающей в себя ньютоновскую механику как свой предельный случай, релятивистская исследовательская программа не привела к новому типу научной рациональности. Здесь возникает совершенно иной взгляд на пространство–время, однако вся эволюция физических явлений сохраняет идеал – классическое описание в смысле жесткой причинно-следственной, детерминированной связи явлений.

Стремление распространить принцип относительности на любые типы движения приводит Эйнштейна к созданию общей теории относительности (ОТО). Общая теория относительности лежит в основе космологии – науки о происхожде-

нии и эволюции Вселенной. Несмотря на широкий диапазон и спектр математических обобщений, используемых в построении ОТО, на сегодняшний день она может рассматриваться как фундаментальная теория, а именно как классическая теория гравитации. По всей видимости, только синтез ОТО и квантовой теории поля приведет к построению базисной теории четвертой из рассматриваемых нами физических исследовательских программ – единой теории поля.

4. Квантово-полевая исследовательская концепция

Гениальная идея, высказанная Максом Планком, о дискретном характере излучения, о корпускулярной природе света привела к возникновению квантовой механики. Квантовая механика – фундаментальная теория, позволяющая описывать поведение объектов в микромире. Основопологающей в квантовой механике является идея о том, что корпускулярно-волновая двойственность свойств, установленная для света, имеет универсальный характер и распространяется на все объекты микромира. Синтез релятивистской исследовательской программы и квантовой теории привел к созданию квантовой электродинамики – фундаментальной теории, описывающей электромагнитные взаимодействия.

Именно на основе этой фундаментальной теории была в дальнейшем разработана базисная теория квантово-полевой исследовательской концепции, описывающей любые взаимодействия микрочастиц – электромагнитные, сильные, слабые.

На протяжении всей истории возникновения и становления квантово-полевой исследовательской программы имело место формирование нового неклассического типа научной рациональности, нового стиля мышления ученых, резко размежевывающегося с привычным классическим механистическим.

Корпускулярная концепции описания природы. Корпускулярная концепции описания природы основана на достижениях квантовой механики.

При этом понятие состояния в квантовой физике включает в себя характеристики макросообщения, которые приготавливают объект определенным образом для исследования.

Вследствие фундаментальной особенности явлений микромира, математическим выражением которой является соотношение неопределенностей Гейзенберга, фиксирующее наличие у частиц как корпускулярных, так и волновых свойств, в квантовой механике можно говорить лишь о вероятности того или иного значения динамической переменной и о среднем значении динамической переменной, а не о ее определенном числовом значении в данный момент времени. Поэтому классическое описание движения частиц в квантовой механике теряет смысл. Весь анализ явлений микромира проводится на языке понятий классической физики, таких как волна и частица, постольку, поскольку мы не обладаем иными понятиями. Ирония здесь состоит в том, что эти классические понятия отражают свойства объектов микромира неполно и односторонне. В квантовой механике вектором состояния является волновая функция ψ . Великий австрийский физик Э. Шредингер, проникшись идеей Л. де Бройля о волнах материи, создал теорию, в которой дискретные стационарные состояния энергии уподоблялись стоячим волнам L какой-либо системы. В аппарат квантовой теории прочно вошло в качестве ее основного уравнения уравнение Шредингера относительно волновой функции ψ . Сам Шредингер интерпретировал ψ -функцию как реальный волновой процесс в пространстве и во времени, который в конечном счете должен приводить к отрицанию дискретных состояний и квантовых скачков. Однако дальней-

шее развитие теории показало неадекватность подобных представлений, и волновая функция стала интерпретироваться как волна вероятности, а квадрат ее модуля – как мера вероятности обладания микрообъектом определенной координаты, или в другой, дополнительной к первой, физической ситуации – определенного импульса. Итак, волновая функция получила статус волны вероятности, чем еще раз подчеркивается статистический, вероятностный характер поведения микрообъектов. Казалось бы, что о причинно-следственном описании движения объектов следует забыть. Однако это не так. Уравнение Шредингера описывает эволюцию волновой функции с течением времени, является детерминированным и обратимым. Детерминированность и обратимость уравнения Шредингера определяют ситуацию в квантовой механике, аналогичную ситуации в классической механике, однако квантовая механика обладает важным отличием, состоящим в том, что в квантовой теории предсказуемы только вероятности, а не отдельные события. Волновая функция представляет собой полную характеристику состояния: зная волновую функцию, можно вычислить вероятность обнаружения определенного значения физической величины и средние значения физических величин. Существует важное различие между описанием состояния в статистической физике и в квантовой механике. Статистические закономерности в классической физике являются результатом взаимодействия большого числа частиц, поведение каждой из которых описывается законами классической механики. Если система состоит из малого числа частиц, то статистические закономерности перестают действовать, соответствующие статистические понятия теряют смысл. В квантовой же механике, согласно экспериментам, статистические закономерности отражают свойства каждой отдельной микрочастицы.

5. Современная физическая исследовательская концепция – единая теория поля.

На современном этапе предпринята попытка построения единой теории поля – новой физической исследовательской программы, в которой удалось бы объединить известные четыре типа физических взаимодействий – гравитационное, электромагнитное, сильное и слабое – в единое суперсимметричное суперполе. В рамках данной программы предполагается рассмотрение эволюции Вселенной из этого суперсимметричного состояния, в котором вся материя представлена только физическим вакуумом. Спонтанное нарушение симметрии вакуума в процессе расширения Вселенной и приводит к многообразию физического мира. Успех построения единой теории поля связан с возможностью осуществления синтеза общей теории относительно-сти и квантовой теории поля.

Разрабатываемая программа имеет целостно-синергетическую направленность и способствует формированию постнеклассического типа научной рациональности.

6. Динамические и статистические закономерности в природе

Динамические закономерности. Основой динамических закономерностей в природе является детерминизм.

Детерминизм – учение, которое основывается на признании объективной закономерной связи и взаимообусловленности всех явлений в мире.

Детерминизм характеризуется следующими положениями:

- 1) детерминизм основан на принципе всеобщей связи, в соответствии с которым все объекты окружающей действительности связаны друг с другом (принцип детерминизма);
- 2) детерминизм основан на признании причинности – это связь явлений, в которой одно явление (называемое

причиной) при определенных условиях с необходимостью порождает другое (называемое следствием).

Понятие детерминизма связано с именами И. Ньютона и П. Лапласа. Благодаря им сформировалось представление о мире, в котором признавалась только закономерная связь между состояниями материальных систем.

Существовал взгляд на мир как на замкнутую систему, зная первоначальные условия которой можно определить ее поведение в любое время. Вселенная в лапласовском детерминизме представлена в образе огромной машины, зная о принципе действия и состоянии частей которой можно точно предсказать, что было с ней в прошлом и что с ней произойдет в будущем.

Таким образом, детерминизм – это идея полной предопределенности всех будущих событий.

Критику концепции детерминизма высказывал Эпикур. Им создано учение о неустранимой случайности в движении атомов.

Механистический детерминизм можно рассматривать как:

- утверждение о единственно возможной траектории движения материальной точки при заданном начальном состоянии;

- лапласова концепция полной выводимости всего будущего (и прошлого) Вселенной из ее современного состояния с помощью законов механики.

Детерминистское описание мира лежит в основе **динамических теорий**, которые однозначно связывают между собой значения физических величин, характеризующих состояние системы.

Динамическая закономерность – это форма причинной связи, при которой данное состояние системы однозначно определяет все ее последующие состояния. В силу этого знание начальных условий дает возможность точно

предсказать дальнейшие состояния системы.

Примеры динамических теорий:

- механика;
- электродинамика;
- термодинамика;
- теория относительности.

Статистическая закономерность. Смена взглядов связана с применением статистики Л. Больцманом и Дж. Гиббсом в конце XIX в. Статистика – наука о распределении, которое связано не с большим количеством одинаковых элементов, а с какой-либо физической системой с различными начальными положениями и скоростями.

Вероятностный детерминизм основывается на признании объективности неопределенности, выражающейся в статистичности закономерностей отношений детерминации.

Статистическая закономерность – это форма причинной связи, при которой данное состояние системы определяет ее последующее состояние не однозначно, а лишь с определенной вероятностью, являющейся мерой возможности реализации заложенных в прошлом тенденций изменения.

Статистические закономерности лежат в основе статистических теорий.

Основные понятия статистической теории следующие:

- случайность (непредсказуемость);
- вероятность (числовая мера случайности);
- среднее значение величины;
- флуктуация (случайное отклонение системы от среднего (наиболее вероятного) состояния).

Примеры статистических теорий:

- молекулярно-кинетическая теория (исторически первая статистическая теория);
- квантовая механика, другие квантовые теории;
- эволюционная теория Дарвина.

Таким образом **статистическая теория** описывает системы с хаосом и беспорядком и однозначно связывает между собой **вероятности** тех или иных значений физических величин.

Динамическая и статистическая закономерности являются различными формами проявления закономерной связи между предшествующими и последующими состояниями материальных систем. Динамические закономерности действуют в автономных, мало зависящих от внешних воздействий системах с относительно небольшим числом элементов (например, движение планет в Солнечной системе). Статистические закономерности действуют во всех неавтономных, зависящих от постоянно меняющихся внешних условий системах с очень большим количеством элементов (биологические системы).

Соответствие динамических и статистических теорий следующее: их предсказания совпадают, когда можно пренебречь флуктуациями; в остальных случаях статистические теории дают более глубокое, детальное и точное описание реальности.

7. Порядок и беспорядок в природе, хаос

Впервые с хаосом в научном смысле столкнулись в броуновском движении – беспорядочном движении твердых частиц, находящихся в жидкости.

Под хаосом понимается отсутствие корреляции (взаимосвязи) процесса, его неупорядоченности.

Броуновское движение было объяснено в молекулярно-кинетической теории (МКТ), легло в ее основу и развито Больцманом и Максвеллом. Оно было распространено на механические свойства частиц, характеризующихся обобщенными параметрами – давлением, температурой, среднеквадратичной скоростью, в отличие от конкретных составляющих, имеющих только три характеристики в ми-

кромасштабах – мгновенную скорость, координаты и массы покоя. Такая идея устранила противоречия между механикой и термодинамикой, положила начало статистической механике, совместила обратимость процессов (возврат к исходным параметрам) и необратимость роста энтропии. Планк перенес эту идею на объяснение естественного теплового излучения как процесса квантового характера, что обосновало законы фотоэффекта и ряд других, не укладывающихся в классическую электродинамику.

Наука о «хаосе» начала формироваться с середины 60-х гг. XX в., после введения понятия «порядок Шарковского». В 1963 г. Э. Лоренц заметил также, что чувствительность к начальным данным ведет к хаосу: динамический хаос есть непериодическое движение в детерминированных системах (то есть в таких, где будущее однозначно определяется прошлым), имеющих горизонт прогноза. При этом объекты, поведение которых нельзя предсказать на достаточно большие времена (необязательно на уровне микромира, на котором квантовая механика дает вероятностное описание Вселенной), могут быть очень простыми (например, игрушечные системы с магнетиками).

Таким образом, в простых динамических системах с небольшим числом степеней свободы возможны случайные явления, от которых нельзя избавиться путем уточнения начальных условий и исчерпывающим описанием воздействия на систему. Это нелинейные колебательные механические и электрические системы. Получается парадокс: система подчиняется однозначным динамическим законам и совершает непредсказуемые движения.

Компьютерные эксперименты сделали реальностью пророчество А. Пуанкаре, заключающееся в том, что в будущем можно будет предсказывать новые физические явления исходя из общей математической структуры описы-

вающих эти явления уравнений. Компьютерные эксперименты сделали это реальностью. В 80-е гг. динамический хаос позволил в ряде случаев диагностировать серьезные заболевания по данным об электрической активности органов человека с помощью довольно простых компьютерных программ. Экономические прогнозы, опирающиеся на представления о хаосе, стали отраслью науки.

Близко к понятию хаоса понятие катастрофы – скачкообразное изменение, которое может возникнуть в ответ на плавное изменение внешних условий. Для системы это означает потерю устойчивости.

Работы, ведущиеся в Институте прикладной математики им. Н. В. Келдыша РАН и в ряде других научных учреждений по инициативе МинЧС РФ, показали, что есть огромное поле деятельности, на котором хаос занимает ключевое положение.

В этом плане управление рисками – одна из важнейших технологий цивилизации. Главная связь между идеями нелинейной динамики и управлением рисками стала ясна недавно на основе статистики крупнейших аварий: каждая авария связана с длинной цепью причинно-следственных связей, со стечением многих маловероятных случайных обстоятельств. Опасность лежит между динамикой и привносимой извне случайностью – на кромке хаоса. Это стало основой теории самоорганизованной критичности. Среди ее приложений – поведение фондовых рынков, биологическая эволюция, землетрясения, движение по автобанам, график сообщения через компьютерные сети и многое другое.

Работа с информацией, основанная на компьютерных технологиях (глобальных телекоммуникациях), – главное направление управления рисками,

Природа хаоса по логике исключает возможность управления им. Однако неустойчивость хаотических систем де-

дает их чрезвычайно чувствительными к управлению, чутко реагирующими на внешние воздействия, сохраняя тип движения. Хаотическая динамика является характерным типом поведения для жизненно важных подсистем живых организмов (например, сердечная деятельность).

Дальнейшее развитие теории хаоса связано с объяснением путей самоорганизации систем, биологической эволюции, всеми направлениями информационных технологий, становлением синергетики и др.

Хаос существует не только в классическом макром мире, но проникает и на микроуровень, образуя «квантовый хаос» с аналогиями в теории чисел. При этом квантовая механика по принципу соответствия Бора переходит в классическую в предельном случае объектов с размерами, большими атомных, поэтому сильно возбужденные атомы должны проявлять хаотическое поведение.

Хаос более присущ организации движения материи на всех ее структурных уровнях, чем порядок, – начиная от полевого движения микрочастиц и россыпей небесных тел в мегамире и заканчивая поведением тех же частиц в микромире (неопределенность поведения электрона в атоме). На этот эффект не раз обращали внимание и ученые (Л. Больцман, В. Гейзенберг, М. Планк и др.). Примерами могут служить броуновское движение и движение песчаных масс в пустыне, рассредоточение геологических пород и рельеф местности планет, движение воздушных масс и неупорядоченность биологических существ и т. д. Их организованность можно предсказать лишь с определенной долей вероятности.

Порядок можно наблюдать в основном в отдельно взятых локальных замкнутых областях или системах. Но это, как правило, временные явления, до первого возмущения извне. Поэтому большинство теорий основано на условных допущениях или идеальном совпадении условий.

8. Синергетика

Начиная с 1970-х гг. развивается направление – синергетика. Синергетика в переводе с греческого языка – сотрудничество, коллективное поведение. Этот термин ввел Г. Хакен. Синергетика появилась благодаря достижениям Н. Л. Пригожина в области неравновесной термодинамики.

Синергетика – теория самоорганизации. Синергетика носит междисциплинарный характер.

Предметом классической термодинамики XIX века были закрытые системы, которые стремились к равновесному состоянию.

Термодинамика 20 века изучает открытые системы, которые далеки от равновесия. Синергетика изменила представления о мире. Развитие в этом представлении понимается как процесс становления чего-то нового, чего раньше не было в природе.

Синергетика отвечает на вопрос, за счет чего происходит эволюция в природе. Там, где появляются новые структуры, нужен приток энергии и обмен с окружающей средой.

Синергетика подтверждает теорию относительности: энергия создает более высокие уровни организации.

Самоорганизация – это процесс, в результате которого формируется, поддерживается или улучшается организация сложной системы.

Процессы, происходящие в природе, можно разделить на две группы:

1) процессы, протекающие в замкнутых системах, – развиваются в направлении возрастания энтропии и приводят к установлению равновесного состояния в системах;

2) процессы, протекающие в открытых системах, – там в моменты неустойчивости могут возникать малые возмущения, флуктуации, способные разрастаться в макроструктуры. Таким образом, хаос и случайности в нем могут проявляться в качестве активного начала, которое приводит

к развитию новых самоорганизаций. Это флуктуационная гипотеза Больцмана.

А. И. Пригожин предложил новый подход к анализу сложных явлений:

- во-первых, самоорганизация в сложных системах подтверждает невозможность установления строгого контроля за системой, т. е. такой системе нельзя навязать путь развития;

- во-вторых, в самоорганизующихся системах существует несколько путей развития. Если система находится в неравновесном или слабравновесном состоянии, то существует только одно стационарное состояние, которое зависит, от некоторых управляющих параметров. Но стоит изменить эти параметры – и система уйдет из равновесного состояния, и вдали от равновесия система достигает критической точки, называемой точкой бифуркации.

Точка бифуркации – это момент кризиса, потери устойчивости системы. За точкой бифуркации возникает упорядоченная структура.

На дальнейший ход эволюции системы могут оказывать воздействие даже ничтожно малые флуктуации, которые в равновесном состоянии системы даже неразличимы. Поэтому нельзя точно предсказать, какой путь эволюции выберет система за порогом бифуркации.

Необходимые условия самоорганизации: неравновесность и нелинейность системы. Признак неравновесности системы: протекание потоков вещества, энергии, заряда и т. д. В неравновесной системе происходит диссипация (рассеяние) энергии. Соответственно диссипативная структура – неравновесная упорядоченная структура, возникшая в результате самоорганизации.

Явления самоорганизации носят пороговый характер, обладают внезапностью.

В процессе самоорганизации системы происходит син-

хронизация частей системы, понижение энтропии системы и повышение энтропии окружающей среды.

9. Закономерности самоорганизации

Самоорганизация в социальной среде. Процессы самоорганизации протекают в любой социальной среде, например в сообществе ученых. Наглядным примером самоорганизации может служить поведение людей на массовом мероприятии. В кинотеатре комедии смешнее, а мелодрамы слезливее из-за реакции множества людей на происходящие события. Эту способность психики используют при создании сериалов: за кадром звучит эмоциональный хор голосов, усиливая восприятие одиночного зрителя у экрана телевизора.

В социальной среде также процессы самоорганизации становятся наиболее наглядными после социальных революций, когда, пройдя сквозь хаос разрушения прошлой государственной структуры, возникают новые формы социальной и государственной организации людей.

Самоорганизация в биосфере. В биосфере самоорганизация проявляется в социальной жизни животных, в колебании численности хищников и их жертв, в организации пищевых сетей. Биосфера не только сглаживает колебания, но и в процессе эволюции создает новые элементы своей структуры. Ярким проявлением *самоорганизации в биосфере* являются явления биологической эволюции.

Примеры самоорганизации в простейших системах. Примерами самоорганизации в простейших системах являются ячейки Бенара, реакция Белоусова–Жаботинского, спиральные волны.

Самоорганизация в неживой природе. Некоторое время в научном мире ходили разговоры о «тепловой смерти Вселенной»: установление во всех точках Вселенной одинаковой температуры. Предполагалось, что наша

Вселенная замкнута, а в замкнутой системе, как мы знаем, $\Delta S \geq 0$. Отсюда вывод: Вселенная будет эволюционировать к состоянию с максимальной энтропией, и выходит, что жизнь должна деградировать. Реально же мы наблюдаем противоположный процесс – процесс развития системы «Вселенная». В научной картине мира появились противоречия, которые помогла решить неравновесная термодинамика. Неравновесная термодинамика установила тот факт, что наша Вселенная является открытой (происходит обмен энергией и массой), а не закрытой системой.

Таким образом, самоорганизация в природных и социальных системах есть самопроизвольное возникновение упорядоченных неравновесных структур в силу объективных законов природы и общества.

10. Универсальный эволюционизм

Универсальный эволюционизм – это научная программа современности. Его принципы:

- всё существует в развитии;
- развитие рассматривается как чередование медленных количественных и быстрых качественных изменений (бифуркаций);
- законы природы рассматриваются как принципы отбора допустимых состояний из всех мыслимых;
- фундаментальная и неустранимая роль случайности и неопределенности;
- непредсказуемость пути выхода из точки бифуркации (прошлое влияет на будущее, но не определяет его);
- устойчивость и надежность природных систем рассматривается как результат их постоянного обновления.

СИММЕТРИИ ПРОСТРАНСТВА–ВРЕМЕНИ И ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

План:

1. Принципы симметрии.
2. Законы сохранения.
3. Законы сохранения энергии в макроскопических процессах.
4. Принципы современной физики.
5. Движение и физическое взаимодействие.
6. Фундаментальные взаимодействия.

1. Принципы симметрии

В 1918 г. Э. Нетер была доказана теорема, из которой следует, что если некоторая система инвариантна относительно некоторого глобального преобразования, то для нее существует определенная сохраняющаяся величина. Теорема Нетер, доказанная ею во время участия в работе группы по проблемам общей теории относительности как бы побочно, стала важнейшим инструментом теоретической физики, утвердившей особую трансдисциплинарную роль принципов симметрии при построении физической теории. Можно сказать, что теоретико-инвариантный подход, развитый в математике, суть которого состоит в систематическом применении групп симметрии к изучению конкретных геометрических объектов, так называемый «эрлангенский принцип», проник в физику и определил целесообразность формулирования физических теорий на языке лагранжианов. То есть в основу построения теории

должен быть положен лагранжев подход, или лагранжев формализм. Функция Лагранжа является основным математическим инструментом при построении базисной теории механистической исследовательской программы – аналитической механики. Формы лагранжианов при описании различных явлений природы, в том числе и таких, которые не объясняются законами классической механики, разумеется, разные. Однако единым является сам подход к решению проблем.

Дело в том, что наряду с ньютоновской механикой в физике были сформулированы законы сохранения для некоторых физических величин: закон сохранения энергии, закон сохранения импульса, закон сохранения момента импульса, закон сохранения электрического заряда.

2. Законы сохранения

Закон сохранения массы – энергии. Закон сохранения массы – энергии является следствием временной трансляционной симметрии – однородности времени. Несложными математическими преобразованиями можно показать, что это приводит к тому, что полная энергия системы в процессе движения остается неизменной.

Закон сохранения импульса является следствием трансляционной инвариантности пространства (однородности пространства). Если потребовать, чтобы функция Лагранжа оставалась неизменной (инвариантной) при любом бесконечно малом переносе замкнутой системы в пространстве, то получим закон сохранения импульса.

Закон сохранения момента импульса является следствием симметрии относительно поворотов в пространстве, свидетельствует об изотропности пространства. Если потребовать, чтобы функция Лагранжа оставалась неизменной при любом бесконечно малом повороте замкнутой системы в пространстве, то получим закон сохранения мо-

мента импульса. Эти законы сохранения характерны для всех частиц, являются общими, выполняющимися во всех взаимодействиях.

До недавнего времени в физике проводилось четкое разделение на внешние и внутренние симметрии. Внешние симметрии – это симметрии физических объектов в реальном пространстве – времени, называемые также пространственно-временными или геометрическими. Законы сохранения энергии, импульса и момента импульса являются следствиями внешних симметрий.

Закон сохранения электрического заряда. В результате обобщения опытных данных был установлен фундаментальный закон природы – закон сохранения электрического заряда: алгебраическая сумма электрических зарядов любой электрически замкнутой системы остается неизменной, какие бы процессы ни происходили внутри этой системы, а система тел или частиц называется электрически изолированной или замкнутой, если между нею и внешними телами отсутствует обмен электрическими зарядами.

Таким образом, в электрически замкнутой системе могут образовываться или исчезать электрически заряженные частицы, но при этом одновременно рождаются или исчезают частицы, заряды которых противоположны по знаку и в сумме равны нулю. Например, при ионизации нейтрального атома образуется пара частиц – свободный электрон и положительный ион, однако алгебраическая сумма зарядов остается неизменной.

Закон сохранения электрического заряда был установлен еще в XVIII веке. Современные исследования демонстрируют неизменность электрического заряда замкнутой системы при любых протекающих в них процессах. В случае реакций, порождающих заряженные частицы, происходит одновременное рождение частиц с противоположными знаками заряда, таким образом, суммарный заряд системы

остается неизменным. Заряды неуничтожимы в том смысле, что нельзя уничтожить заряд только одного знака, но возможно взаимное уничтожение двух электрических зарядов противоположных знаков.

Закон сохранения электрического заряда связан с динамическими симметриями – при превращении элементарных частиц сумма электрических зарядов частиц остается неизменной. Здесь речь идет о классе внутренних симметрий, к которому относят симметрии относительно непрерывных преобразований во внутренних пространствах, не имеющих, как считалось до недавнего времени, под собой физической основы, связывающих их со структурой пространства – времени. Такой, к примеру, является глобальная калибровочная симметрия для электромагнитного поля, следствием которой является закон сохранения электрического заряда, и многие другие.

Законы сохранения в квантовой физике и физике элементарных частиц. Число законов сохранения в связи с развитием квантовой физики и физики элементарных частиц в XX столетии стало еще больше. Так, известен закон сохранения лептонного заряда, в соответствии с которым при превращениях элементарных частиц суммарное число лептонов и антилептонов не меняется.

При слабых взаимодействиях (кобальт-60) происходит нарушение зеркальной симметрии, но опыт остается симметричным относительно замены левого на правое, частиц на античастицы.

В квантовой механике симметрия проявляется в неразличимости элементарных частиц. Элементарные частицы нельзя различить после различных взаимодействий – это позволяет рассматривать особый вид симметрии относительно перестановки одинаковых частиц.

Возникает вопрос, как найти общую основу для записи как уравнений движения (скажем, законов Ньютона или

уравнений Максвелла), так и сохраняющихся во времени величин. Оказалось, что такой основой является использование лагранжева формализма. С одной стороны, использование лагранжиана и принципа наименьшего действия в классической механике позволяет получить уравнения Эйлера – Лагранжа, связь которых с законами Ньютона хорошо известна. Уравнения Эйлера – Лагранжа для лагранжиана классического электромагнитного поля оказываются уравнениями Максвелла. То есть использование лагранжиана в теории позволяет задавать и описывать динамику рассматриваемых систем. Однако лагранжиан обладает еще одной важной особенностью: он строится таким образом, что для данной конкретной теории оказывается инвариантным (неизменным) относительно преобразований, соответствующих конкретному рассматриваемому в данной теории абстрактному пространству, следствием чего и являются законы сохранения.

Законы сохранения являются следствиями симметрий, существующих в реальном пространстве – времени.

Симметрия означает соразмерность, законы микро-, макро- и мегамиров подчинены определенным правилам математического преобразования, приводящим к различного вида симметриям.

В основе физических процессов лежат фундаментальные преобразования пространства и времени. Любой физический процесс допускает следующие преобразования: перемещение в пространстве, отсутствие в нем выделенных точек (т. е. обладающих особыми свойствами) означает однородность пространства; возможность любого поворота в пространстве означает одинаковость всех направлений – изотропию пространства; возможность изменения начала отсчета времени, при котором физические законы не нарушаются, – однородность времени; отсутствие избранной системы отсчета – эквивалентность всех инерциальных систем отсчета.

Из симметрии пространственно-временных преобразований, согласно теореме Нетер, как уже было отмечено выше, вытекают законы сохранения. Таким образом, законы сохранения являются результатом физических свойств пространства – времени.

3. Законы сохранения энергии в макроскопических процессах

Законы сохранения энергии в макроскопических процессах имеют особое значение. Рассмотрим, например, термодинамическую систему, для которой механическая энергия не изменяется, а изменяется лишь ее внутренняя энергия. Внутренняя энергия системы может изменяться в результате различных процессов, например, совершения над системой работы и сообщения ей теплоты. Так, вдвигая поршень в цилиндр, в котором находится газ, мы сжимаем этот газ, в результате чего его температура повышается, т. е. тем самым изменяется (увеличивается) внутренняя энергия газа. С другой стороны, температуру газа и его внутреннюю энергию можно повысить за счет сообщения ему некоторого количества теплоты – энергии, переданной системе внешними телами путем теплообмена (процесс обмена внутренними энергиями при контакте тел с разными температурами).

Таким образом, можно говорить о двух формах передачи энергии от одних тел к другим: работе и теплоте. Энергия механического движения может превращаться в энергию теплового движения и наоборот. При этих превращениях соблюдается закон сохранения и превращения энергии; применительно к термодинамическим процессам этим законом и является первое начало термодинамики, установленное в результате обобщения многовековых опытных данных.

Допустим, что некоторая система (газ, заключенный в цилиндр под поршнем), обладая внутренней энергией U_1 ,

получила некоторое количество теплоты Q и, перейдя в новое состояние, характеризующееся внутренней энергией U_2 , совершила работу A над внешней средой, т. е. против внешних сил. Количество теплоты считается положительным, когда оно подводится к системе, а работа – положительной, когда система совершает ее против внешних сил. Опыт показывает, что в соответствии с законом сохранения энергии при любом способе перехода системы из первого состояния во второе изменение внутренней энергии $\Delta U = U_2 - U_1$ будет одинаковым и равным разности между количеством теплоты Q , полученным системой, и работой A , совершенной системой против внешних сил:

$$\Delta U = Q - A$$

или

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

Это уравнение выражает **первое начало термодинамики**: теплота, сообщаемая системе, расходуется на изменение ее внутренней энергии и на совершение ею работы против внешних сил.

Первое начало термодинамики в дифференциальной форме будет иметь вид

$$dQ = dU + dA$$

или в более корректной форме

$$\delta Q = dU + \delta A,$$

где dU – бесконечно малое изменение внутренней энергии системы, δA – элементарная работа, δQ – бесконечно малое количество теплоты. В этом выражении dU является полным дифференциалом, а δA и δQ таковыми не являются.

Если система периодически возвращается в первоначальное состояние, что характерно для циклических тепловых двигателей, то изменение ее внутренней энергии $dU = 0$. Тогда, согласно первому началу термодинамики, $A = Q$, а это свидетельствует о **невозможности построения**

вечного двигателя первого рода – периодически действующего двигателя, который совершал бы большую работу, чем сообщенная ему извне энергия (одна из формулировок первого начала термодинамики).

4. Принципы современной физики

Важной частью современной физической картины мира являются принципы современной физики – наиболее общие законы, влияние которых распространяется на все физические процессы, все формы движения материи.

Принцип дополнительности и соотношения неопределенностей. Принцип дополнительности является основополагающим в современной физике. Он был сформулирован в 1927 г. Н. Бором для объяснения феномена корпускулярно-волнового дуализма.

Прежде всего Бор обратил внимание на то, что все предметы и явления, которые мы видим вокруг себя, и, конечно, измерительные приборы для регистрации элементарных частиц состоят из огромного множества микрочастиц. Иными словами, они являются макроскопическими системами, ничем иным они быть не могут. Сам человек – существо макроскопическое. Поэтому наши органы чувств не воспринимают микропроцессов. Понятия, которыми мы пользуемся для описания предметов и явлений окружающего мира, – это макроскопические понятия. С их помощью можно легко описать любые физические процессы, проходящие в макромире. Вместе с тем применить эти понятия для описания микрообъектов полностью нельзя, так как они неадекватны процессам микромира.

Но других понятий у нас нет и быть не может. Поэтому, чтобы компенсировать неадекватность нашего восприятия и представлений об объектах микромира, нам приходится применять два дополняющих друг друга набора понятий, хотя с точки зрения классической науки они взаимно ис-

ключают друг друга – это понятия частицы и волны. Только в совокупности они дают исчерпывающую информацию о квантовых явлениях.

Частным выражением принципа дополнительности является соотношение неопределенностей, сформулированное В. Гейзенбергом в 1927 году. Этот принцип наглядно иллюстрирует отличие квантовой теории от классической механики.

Если в классической механике мы допускаем, что можно абсолютно точно знать координаты, импульс и энергию частицы в любой момент времени, то в квантовой механике это невозможно. В соответствии с принципом неопределенности, чем точнее фиксирован импульс, тем большая неопределенность будет содержаться в значении координаты, и наоборот.

Также соотносятся энергия и время. Точность измерения энергии обратно пропорциональна длительности процесса измерения. Причина этого – во взаимодействии прибора с объектом измерения.

Принцип суперпозиции. Принцип суперпозиции (наложения) – это допущение, согласно которому результирующий эффект представляет собой сумму эффектов, вызываемых каждым воздействующим явлением в отдельности. Одним из простых примеров принципа суперпозиции является правило параллелограмма, в соответствии с которым складываются две силы, воздействующие на тело. Этот принцип выполняется при условии, когда воздействующие явления не влияют друг на друга. Поэтому в ньютоновской физике он не универсален и во многих случаях справедлив лишь приближенно.

В микромире, наоборот, принцип суперпозиции – фундаментальный принцип, который наряду с принципом неопределенности составляет основу математического аппарата квантовой механики. Но, к сожалению, в квантовой

теории принцип суперпозиции лишен той наглядности, которая характерна для механики Ньютона. Его интерпретируют так: пока не проведено измерение, бессмысленно спрашивать, в каком состоянии находится физическая система. Иными словами, до измерения система находится в суперпозиции двух возможных состояний, т. е. ее состояние неопределенно. Акт измерения переводит физическую систему скачком в одно из возможных состояний.

Принцип соответствия. Принцип соответствия был сформулирован Н. Бором в 1923 г., когда физики столкнулись с ситуацией, что рядом со старыми, давно оправдавшими себя теориями (например, с механикой Ньютона) появились новые теории (теория относительности Эйнштейна), описывающие ту же область действительности. Принцип соответствия утверждает преемственность физических теорий, в частности, то, что никакая новая теория не может быть справедливой, если она не содержит в качестве предельного случая старую теорию, относящуюся к тем же явлениям, поскольку старая теория уже оправдала себя в своей области.

Поэтому теории, справедливость которых была экспериментально установлена для определенной группы явлений, с построением новой теории не отбрасываются, но сохраняют свое значение для прежней области явлений как предельное выражение законов новых теорий. Выводы новых теорий в области, где справедлива старая теория, переходят в выводы старых теорий.

Каждая физическая теория как ступень познания является относительной истиной. Смена физических теорий – это процесс приближения к абсолютной истине, процесс, который не будет никогда полностью завершен из-за бесконечной сложности и разнообразия окружающего нас мира. Таким образом, принцип соответствия отражает объективную ценность физических теорий.

5. Движение и физическое взаимодействие

Связь, взаимодействие и движение представляют собой важнейшие атрибуты материи, без которых невозможно ее существование. Долгое время в научной картине мира ведущая роль отводилась движению. Оно считалось важнейшей характеристикой материи. В широком смысле движение трактовалось как любое изменение, происходящее в природе. Но в физике движение понималось как механическое перемещение, изменение положения тела в пространстве с течением времени относительно выбранной точки отсчета. При этом признавалось, что в мире существуют и другие формы движения: биологическая, социальная, химическая, геологическая и др.

Несмотря на качественное разнообразие, у всех форм движения есть одна общая черта. Все они сводятся к взаимодействию тел, которое обуславливает соединение различных материальных элементов в системы, их структурные связи и контакты с другими материальными системами.

Взаимодействие – универсальная форма движения и развития, оно определяет существование и структурную организацию любой материальной системы. Таким образом, получается, что все свойства тел производны от взаимодействий. Для всякого объекта существовать – значит взаимодействовать, т. е. каким-либо образом проявлять себя по отношению к другим телам, находиться с ними в объективных отношениях.

Взаимодействие представляет собой развертывающийся во времени и пространстве процесс воздействия одних объектов на другие путем обмена материей и движением. Взаимодействие всегда выступает как движение материи, а любое движение включает в себя различные виды взаимодействия. По существу, эти понятия совпадают, хотя часто употребляются в разных контекстах. Когда мы говорим о движении, то имеем в виду не столько внутренние измене-

ния, основанные на структурных взаимодействиях элементов системы, сколько внешнее пространственное перемещение тел, где взаимодействия как будто не видно. Но если взглянуть глубже, то и при пространственном перемещении тел обязательно есть их взаимодействие с окружающей средой и материальными полями, в результате чего изменяются свойства тел. Не существует такого движения, в содержании которого не было бы взаимодействия элементов материи. В то же время всякое взаимодействие выступает как определенное изменение и движение.

Описание процесса взаимодействия, раскрытие его механизма и форм проявления составляют одну из центральных задач всей физики. В контексте этой задачи в науке сформировались два различных способа описания механизма физического взаимодействия, основывающихся на принципах *дальнодействия и близкодействия*.

Исторически первым был сформулирован принцип дальнодействия. Как было отмечено ранее, его автором стал И. Ньютон, который с помощью данного принципа пытался объяснить механизм действия гравитационных сил. Согласно *принципу дальнодействия* взаимодействие между телами происходит мгновенно на любом расстоянии, без каких-либо материальных носителей и посредников (агентов взаимодействия).

В XIX в. был сформулирован *принцип близкодействия*, который в настоящее время существует в двух вариантах. Первый вариант был предложен М. Фарадеем, который считал, что взаимодействие между телами переносится полем от точки к точке с конечной скоростью. В XX в. принцип близкодействия был уточнен, в его современном варианте утверждается, что каждое фундаментальное физическое взаимодействие переносится соответствующим полем от точки к точке со скоростью, не превышающей скорость света в вакууме.

Обычно при физическом взаимодействии между двумя телами происходит частичный обмен импульсом и энергией. Если рассмотреть этот процесс более детально, то мы увидим, что в один момент времени первый объект потерял доли импульса и энергии, а второй объект в следующий момент времени их приобрел. В промежутке между первым и вторым моментами времени импульс и энергия должны принадлежать какому-то третьему материальному объекту – посреднику, который должен переместиться от первого объекта ко второму, затратив на это какое-то время.

На небольших расстояниях этим дополнительным временем можно пренебречь. Так, когда мы нажимаем кнопку выключателя, свет для нас загорается практически мгновенно. Однако чтобы свет дошел от Солнца до Земли, требуется уже около 8 минут, т. е. время для переноса взаимодействия становится заметным.

Таким образом, с точки зрения современной науки физическое взаимодействие всегда подчиняется принципу близкодействия, т. е. идет с некоторым запаздыванием. Но во многих задачах, описывающих механические процессы с медленно движущимися объектами, этим запаздыванием можно пренебречь и приближенно считать его нулевым. Следовательно, многие процессы можно описывать, используя приближенный принцип дальнего действия.

В XX в. физика смогла еще глубже проникнуть в тайны физического взаимодействия, понять его механизм на уровне процессов, происходящих в микромире. Также удалось свести многочисленные виды взаимодействий, известные в физике, к небольшому числу фундаментальных физических взаимодействий. Любые формы движения, изучаемые физикой, есть проявление глубинных свойств материи – так называемых фундаментальных физических взаимодействий. Это силы гравитационного, электромагнитного, сильного и слабого взаимодействий.

В основе каждого фундаментального физического взаимодействия лежит изначально присущее веществу особое свойство, природу которого удастся выяснить лишь в ходе дальнейших исследований природы вещества и вакуума. В качестве носителя способности частиц к взаимодействию, а также количественной мерой самого взаимодействия служит понятие заряда. Каждая частица изначально обладает одним или несколькими зарядами, причем между собой взаимодействуют только однотипные заряды. Наименьшее дискретное значение заряда – квант – называют единичным зарядом. Сила взаимодействия во всех случаях пропорциональна произведению зарядов двух взаимодействующих частиц, более сложно она зависит от расстояния между частицами.

Согласно современным представлениям любое взаимодействие происходит в соответствии с принципом близкого действия. Поэтому взаимодействие любого вида должно иметь своего физического агента, без посредника оно не протекает. В основе такого требования лежит тот факт, что скорость передачи воздействия ограничена фундаментальным пределом – скоростью света. Воздействие передается через среду, разделяющую взаимодействующие частицы. Такой средой является вакуум, который в обыденном представлении ассоциируется с пустотой. На самом деле вакуум – это реальная физическая система, поле с минимальной энергией. Из него можно получить все другие состояния поля.

Для создания модели физического взаимодействия нужно вспомнить, что материя может быть разделена на поле и вещество, которые соответственно представлены частицами-бозонами и частицами-фермионами. В процессе физического взаимодействия всегда участвуют только частицы-фермионы (частицы вещества), а переносят взаимодействие частицы-бозоны (кванты полей).

Таким образом, теория физического взаимодействия использует следующую модель процесса:

- заряд-фермион создает вокруг частицы поле, порождающее присущие ему частицы-бозоны. Заряд частицы возмущает вакуум, и это возмущение с затуханием передается на определенное расстояние;
- частицы поля являются виртуальными – существуют очень короткое время и в эксперименте не могут быть обнаружены;
- оказавшись в радиусе действия однотипных зарядов, две реальные частицы начинают стабильно обмениваться виртуальными бозонами: одна частица испускает бозон и тут же поглощает идентичный бозон, испущенный частицей-партнером, и наоборот;
- обмен бозонами создает эффект притяжения или отталкивания частиц-хозяев.

Таким образом, каждой частице, участвующей в одном из фундаментальных взаимодействий, соответствует своя бозонная частица – переносчик взаимодействия.

6. Фундаментальные взаимодействия

Рассмотрим подробнее существующие физические взаимодействия. Для каждого взаимодействия можно назвать сферу его применения и значение для строения Вселенной, заряд – носитель взаимодействия и частицу – переносчик взаимодействия, результаты взаимодействия, место среди других взаимодействий, а также особенности, отличающие от других фундаментальных взаимодействий.

Гравитационное взаимодействие первым из всех известных сегодня фундаментальных взаимодействий стало предметом исследования ученых. В классической науке оно описывается законом всемирного тяготения, согласно которому между двумя телами существует сила притяжения, которая прямо пропорциональна произведению их масс

и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Отсюда следует, что любая материальная частица является источником гравитационного взаимодействия и испытывает его на себе. По мере увеличения массы вещества гравитационные взаимодействия возрастают, т. е. чем больше масса взаимодействующих веществ, тем сильнее действуют гравитационные силы.

Гравитационное взаимодействие является наиболее слабым из всех известных современной науке взаимодействий, оно в 1040 раз слабее силы взаимодействия электрических зарядов. Чтобы эта величина стала понятнее, можно провести следующую аналогию: если бы размеры атома водорода определялись гравитацией, а не электромагнитными силами, то радиус электрона в нем превосходил бы радиус доступной наблюдению части Вселенной.

Гравитация, будучи очень слабой силой, тем не менее определяет строение всей Вселенной: образование всех космических систем, существование планет, звезд и галактик, концентрацию рассеянной в ходе эволюции звезд и галактик материи и включение ее в новые циклы развития. Такая огромная роль гравитационного взаимодействия определяется его универсальностью. Ничто во Вселенной не может избежать этой силы. Все тела и частицы, не только имеющие массу, а также поля, участвуют в гравитационном взаимодействии. Это было выяснено еще Ньютоном в открытом им законе всемирного тяготения, который описывает гравитационное взаимодействие. Поэтому в микромире гравитационная сила слаба, она теряется на фоне куда более могучих сил. Зато в макромире она господствует. Правда, как считают ученые, при некоторых условиях гравитация может сравняться по своей значимости с другими силами, господствующими в микромире. Для этого требуется, чтобы вещество находилось в состоянии экстремально высокой плотности, равной 1094 г/см^3 (планковская плотность).

Гравитационная сила действует на очень больших расстояниях, ее интенсивность с увеличением расстояния убывает, но не исчезает полностью.

С точки зрения современной науки, гравитационное взаимодействие должно происходить по предложенной модели. Гравитационный заряд равен инертной массе вещества. Он создает вокруг себя гравитационное поле (поле тяготения). Это поле должно иметь свою бозонную частицу. Ее называли гравитоном. Силы тяготения являются результатом постоянного обмена между гравитонами, или гравитационными волнами. Они переносят энергию, обладают пространственно-временными свойствами, импульсом и другими характеристиками, присущими материальным объектам. Поскольку экспериментально эта частица еще не обнаружена, она считается гипотетической. Тем не менее косвенно ее существование удалось подтвердить.

Согласно современным представлениям движение тела, обладающего массой, под действием силы вызывает возмущение своего же гравитационного поля, распространяющегося со скоростью света в форме гравитационной волны. Поскольку гравитационная сила очень мала, то ее волна имеет малую амплитуду. Даже такие грандиозные космические события, как взрыв сверхновой или коллапс массивной звезды, создают гравитационные волны, лежащие за пределами чувствительности современных регистрирующих приборов. Именно поэтому гравитоны до сих пор не обнаружены.

Для гравитации не существует противоположной эквивалентной силы отталкивания (антигравитации). Даже в антимире, если он существует, все античастицы обладают положительными значениями массы и энергии. Поэтому гравитация всегда проявляется только как притяжение.

Электромагнитное взаимодействие обладает универсальным характером и осуществляется между любыми те-

лами в микро-, макро-и мегамире. Благодаря электромагнитным связям возникают атомы, молекулы и макроскопические тела. Все химические реакции представляют собой проявление электромагнитных взаимодействий, являются результатами перераспределения связей между атомами в молекулах, перестройки электронных оболочек атомов и молекул, а также количества и состава атомов в молекулах разных веществ. К электромагнитному взаимодействию сводятся все обычные силы: силы упругости, трения, поверхностного натяжения; им определяются агрегатные состояния вещества, оптические явления и др.

По своей величине электромагнитные силы намного превосходят гравитационные, занимая второе место на шкале взаимодействий. Поэтому эти силы легко наблюдать даже между телами обычных размеров. Но, как и гравитационные силы, электромагнитные взаимодействия являются дальнедействующими, их действие ощутимо на больших расстояниях от источника. Как и гравитация, электромагнитное взаимодействие подчиняется закону обратных квадратов, уменьшается с расстоянием, но не исчезает.

В отличие от гравитационной силы, электромагнитные взаимодействия существуют только между заряженными частицами: электрическое поле – между двумя покоящимися заряженными частицами, магнитное – между двумя движущимися заряженными частицами.

В современной физической картине мира основой теории электромагнитного взаимодействия является теория электромагнитного поля Дж. Максвелла. Однако современная физика создала более совершенную и точную теорию электромагнетизма, в которой учтены квантово-полевые аспекты явления. Эта теория названа квантовой электродинамикой. Электрический заряд создает поле, переносчиками этого типа взаимодействия являются фотоны. В случае разноименных зарядов обмен создает эффект притяжения,

а в случае одноименных – отталкивания. В этом состоит еще одно отличие электромагнитного взаимодействия от гравитационного, которое проявляется только как притяжение.

Слабое взаимодействие – третий тип фундаментального взаимодействия, которое действует только в микромире. Физической основой этого типа взаимодействия служит процесс распада частиц, поэтому его открытие произошло вслед за открытием радиоактивности. Слабое взаимодействие ответственно за превращение элементарных частиц друг в друга и играет очень важную роль не только в микромире, но и во многих явлениях космического масштаба. Благодаря слабому взаимодействию происходят термоядерные реакции, без которых погасло бы Солнце и большинство звезд.

Слабое взаимодействие значительно слабее электромагнитного, но больше гравитационного и в отличие от них распространяется на небольших расстояниях. Именно поэтому долгое время слабое взаимодействие экспериментально не наблюдалось.

Первая теория слабого взаимодействия была создана в 1934 г. Э. Ферми и развита в 1950-е гг. М. Гелл-Манном, Р. Фейнманом и другими учеными. В ней утверждалось, что взаимодействие между частицами происходит контактно, посредством так называемых слабых токов, а не через обмен квантами поля. Благодаря этим токам нейтроны могли превращаться в протоны, кварки одного вида – в кварки другого вида.

Однако к концу 50-х гг. XX в. новые физические исследования показали, что данная теория несовершенна, поскольку она работает только при малых энергиях частиц, участвующих во взаимодействии. Поэтому в 1960-е гг. независимо друг от друга С. Вайнберг и А. Салам решили, что трудности теории удастся преодолеть, если допустить, что слабое и электромагнитное взаимодействия – это разные проявления одного взаимодействия, наподобие того, как

электричество и магнетизм – два проявления единой сущности. Так появилась единая теория электрослабого взаимодействия, в рамках которой удалось построить модель слабого взаимодействия.

Модель слабого взаимодействия рассматривает два типа фундаментальных взаимодействий как проявление единого, более глубокого электрослабого взаимодействия. Так, на расстоянии более 10^{-17} см преобладает электромагнитный тип, а на меньших расстояниях в одинаковой степени важны и электромагнитный, и слабый типы.

Теория электрослабого взаимодействия исходит из существования единого фундаментального заряда, отвечающего одновременно и за слабое, и за электромагнитное взаимодействия. При очень высоких температурах (энергиях), сравнимых с теми, которые имели место в первые мгновения существования Вселенной после Большого взрыва, структура вакуума нарушается, и она не может помешать проявлению такого заряда. Тогда слабое и электромагнитное взаимодействия сливаются воедино. При понижении температуры наступает критический момент, после которого вакуум переходит в иную, более упорядоченную форму. В результате заряд распадается на две части – электромагнитный и слабый заряд, а переносчик электрослабого взаимодействия – на четыре составляющих (фотон – переносчик электромагнитного взаимодействия и три тяжелых векторных бозона – переносчики слабого взаимодействия).

Объединение электромагнитного и слабого взаимодействий стало важным научным открытием, поскольку позволило успешно описать все процессы, происходящие при энергиях от долей электронвольта до сотен гигаэлектронвольт. Кроме того, эта теория позволила также объяснить превращение элементарных частиц друг в друга и понять сущность и механизм протекания термоядерных реакций, происходящих на Солнце и большинстве звезд.

Сильное взаимодействие, занимающее первое место по силе и являющееся источником огромной энергии, также было открыто только в XX в. Основная функция сильного взаимодействия – соединять кварки и антикварки в адроны. С его помощью ученые объяснили, почему протоны ядра атома не разлетаются под действием электромагнитных сил отталкивания.

Исходным положением теории является постулат о существовании трех типов цветовых зарядов (красного, синего, зеленого). Они присущи кваркам и выражают способность вещества к сильному взаимодействию. Цвет кварков подобен электрическому заряду. Как и электрические заряды, одноименные цвета отталкиваются, разноименные – притягиваются. Когда три кварка или кварк и антикварк объединяются в адрон, суммарная комбинация цветовых зарядов в нем такова, что адрон в целом обладает цветовой нейтральностью.

Цветовые заряды создают поля с присущими им квантами – бозонами. Переносчики сильного взаимодействия называются глюонами (от англ. *glue* – клей). Они, подобно фотонам, имеют спин, равный единице, и массу, равную нулю. Но электромагнитное взаимодействие является дальнедействующим, а сильное взаимодействие имеет очень ограниченный радиус действия – до 10^{-13} см (порядка атомного ядра).

Электрический заряд есть только один, хотя он и может принимать положительные и отрицательные значения. Поэтому фотоны – переносчики электромагнитного взаимодействия – электрически нейтральны, они не переносят заряда. Когда кварки взаимодействуют друг с другом, они излучают глюоны и переходят в другое цветовое состояние. Поэтому глюоны тоже имеют цветовой заряд. Всего существует восемь глюонов – переносчиков сильного взаимодействия.

Все фундаментальные взаимодействия зависят от рас-

стояния между зарядами – с уменьшением расстояния между ними сила взаимодействия возрастает (обратно пропорциональная зависимость). Сильное взаимодействие тоже зависит от расстояния между цветовыми зарядами, но прямо пропорционально. Из-за особых свойств глюонного поля цветовое взаимодействие между кварками тем меньше, чем они ближе расположены друг к другу. На малых расстояниях кварки перестают влиять друг на друга и ведут себя как свободные частицы. Но как только расстояние между кварками начинает увеличиваться, сила взаимодействия возрастает. Для разделения двух частиц с цветовыми зарядами понадобилась бы бесконечно большая энергия. Лишь в первые моменты после Большого взрыва в силу существовавших огромных температур было возможно свободное существование кварков.

Ядерное взаимодействие. До открытия кварков и цветового взаимодействия фундаментальным считалось ядерное взаимодействие, объединяющее протоны и нейтроны в ядрах атомов. Однако с открытием кваркового уровня вещества под сильным взаимодействием стали понимать цветовые взаимодействия между кварками, объединяющимися в адроны. Ядерные силы перестали считаться фундаментальными, они должны как-то выражаться через цветные силы. Теория предполагает, что при сближении барионов (протонов и нейтронов) на расстояние меньше, чем 10^{-13} см, они теряют свои индивидуальные особенности, глюонный обмен между кварками, удерживающий их в адронах, принимает коллективный характер. Таким образом, кварки всех барионов связываются в единую систему – атомное ядро.

Ядерные силы – это только отголоски цветовых сил, слабое подобие настоящего сильного взаимодействия. Не случайно для того чтобы расколоть атомное ядро, нужна совсем небольшая энергия. Расколоть же протон или нейтрон невозможно.

Теории великого объединения и суперобъединения. Существование отмеченных типов физического взаимодействия логично ставит перед физиками задачу поиска единой теории взаимодействия, которая позволила бы выявить универсальность всех фундаментальных сил, объяснить все четыре типа взаимодействий и объединить их в одной теории. Создание подобной теории означало бы также построение единой теории элементарных частиц. Поэтому физики-теоретики с 70-х гг. XX в. пытаются создать теорию великого объединения фундаментальных взаимодействий, в которой электромагнитное, слабое и сильное взаимодействия будут рассматриваться как различные проявления единого поля. Основанием для возможности создания такой теории служит то обстоятельство, что на малых расстояниях (менее 10^{-29} см) и при большой энергии (более 10^{14} ГэВ) электромагнитное, сильное и слабое взаимодействия описываются одинаковым образом, а кварки и лептоны становятся практически неразличимы. Косвенно это свидетельствует об общности природы указанных типов фундаментальных взаимодействий.

Считается, что проявление этих полей возможно при сверхвысоких энергиях, существовавших на ранних этапах эволюции Вселенной. По мере понижения энергии великое объединение сначала распадается на сильное и электрослабое взаимодействия. При дальнейшем уменьшении энергии электрослабое взаимодействие разделяется на электромагнитное и слабое.

Физики пытаются построить еще более грандиозную теорию суперобъединения. Она должна объединить все четыре фундаментальных взаимодействия, включая гравитационные силы. Данная теория строится на базе суперсимметрии и теории суперструн.

В основе нашего мира лежит симметрия. Поэтому квантовая физика предполагает, что должна существовать пол-

ная симметрия в описании вещества и поля, фермионов и бозонов. Иначе говоря, между этими частицами должно существовать полное физическое равноправие, они могут переходить друг в друга. Возможность такого перехода была открыта в 1970-е гг. и получила название суперсимметрии.

Благодаря идее суперсимметрии новую жизнь получила теория струн (сегодня ее называют теорией суперструн), создателями которой стали английский физик М. Грин и американский физик Д. Шварц. Они попытались отказаться от уже привычного описания элементарных частиц как точечных объектов. Эта теория описывает некие протяженные объекты – струны. Хотя струны являются протяженными объектами, они одномерны и представляют собой отрезки либо со свободными концами, либо соединенными в виде восьмерки. Их размеры примерно 10^{-33} см (планковская длина).

В этой теории понятие струны становится синонимом понятия микрочастицы или локализованного в пространстве объекта. Все частицы, которые мы знаем и, быть может, откроем в будущем, представляют собой определенное возбужденное состояние струны. Эти возбужденные состояния струн можно сравнить с набором гармоний, вызываемых колебанием скрипичной струны. Более высокие гармоники струны будут наблюдаться как новые частицы с массой больше массы предыдущих частиц. Полагают, что высшие гармоники струн рождались только на ранних стадиях эволюции Вселенной, когда энергии было в избытке. В обычных условиях существуют лишь состояния струн с наинизшей энергией. Введение понятия струны полностью исключает точечные представления из структуры микромира, и, по сути, эта теория сводит физику к геометрии очень сложных пространств.

В теории суперструн помимо очень сложных и громоздких вычислений есть еще некоторые сложности. В частности, теория предполагает, что на тех малых расстояниях,

на которых существуют струны, должны проявляться дополнительные пространственные измерения. Есть варианты теорий для 11-мерного, 26-мерного и т. д. пространств. Эти лишние измерения, возможно, компактифицированы, т. е. свернуты в точки, замкнуты на себя и не распространяются в область макромира.

Теория суперструн ведет к некоторым нетривиальным следствиям. Так, согласно расчетам, среди порожденных струнами элементарных частиц должны быть гипотетические частицы – тахионы, которые имеют мнимую массу и движутся со скоростью, большей скорости света.

Подтверждение или опровержение теории суперструн, возможность или невозможность создания теории суперобъединения – дело будущего. Над решением этих задач работают физики-теоретики, проверить экспериментально положения теории до сих пор не удалось.

В последние годы некоторые ученые начали обсуждать возможность существования еще одного типа взаимодействий – спинторсионного, фиксирующего и передающего информацию посредством торсионного поля (поля кручения). Существуют предположения, что эти поля обладают способностью передавать информацию практически без затрат энергии.

Также считается, что именно торсионные поля обеспечивают все известные сегодня парапсихические феномены и биоинформационное (энергоинформационное) воздействие. Если существование таких полей подтвердится, то это вновь приведет к пересмотру существующей физической картины мира.

Лекция 6

**ХИМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ.
ОСНОВЫ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

План:

1. Специфика химии как науки.
2. Учение о составе вещества.
3. Концепция химических соединений.
4. Структурная химия. Реакционная способность веществ.
5. Учение о химических процессах.

1. Специфика химии как науки

Одной из важнейших естественных наук является химия – наука о составе, внутреннем строении и превращении вещества, а также о механизмах этих превращений.

Химия всегда была нужна человечеству для того, чтобы получать из природных веществ материалы со свойствами, необходимые для повседневной жизни и производства. Получение таких веществ – производственная задача, и чтобы ее реализовать, надо уметь осуществлять качественные превращения вещества, т. е. из одних веществ получать другие. Чтобы этого добиться, химия должна справиться с теоретической *проблемой генезиса (происхождения) свойств вещества*.

Таким образом, основанием химии выступает двуединая проблема – получение веществ с заданными свойствами (на достижение ее направлена производственная деятельность человека) и выявление способов управления свойствами вещества (на реализацию этой задачи направлена научно-исследовательская работа ученых).

Эта же проблема является одновременно и системообразующим началом химии.

Важнейшей особенностью основной проблемы химии является то, что она имеет всего четыре способа решения вопроса. Свойства вещества зависят от четырех факторов:

- от элементного и молекулярного состава вещества;
- от структуры молекул вещества;
- от термодинамических и кинетических условий, в которых вещество находится в процессе химической реакции;
- от уровня химической организации вещества.

Поскольку эти способы появлялись последовательно, мы можем в истории химии выделить четыре последовательно сменявших друг друга этапа ее развития. В то же время с каждым из названных способов решения основной проблемы химии связана своя концептуальная система знаний.

Эти четыре концептуальных системы знания находятся в отношениях иерархии (субординации). В системе химии они являются подсистемами, так же как сама химия представляет собой подсистему всего естествознания в целом. Концептуальные системы химии можно представить следующим образом:

- XVII в. – учение о составе вещества;
- XIX в. – структурная химия;
- XX в. – учение о химических процессах;
- середина XX в. – эволюционная химия.

В развитии химии происходит не смена, а строго закономерное, последовательное появление концептуальных систем. При этом вновь появляющаяся система опирается на предыдущую и включает ее в себя в преобразованном виде. Таким образом, появляется система химии – единая целостность всех химических знаний, которые появляются и существуют не отдельно друг от друга, а в тесной взаимосвязи, дополняют друг друга и объединяются в концеп-

туальные системы знаний, которые находятся между собой в отношениях иерархии.

2. Учение о составе вещества

Первый действенный способ решения проблемы происхождения свойств вещества появился в XVII в. в работах английского ученого Р. Бойля. Его исследования показали, что качества и свойства тел не имеют абсолютного характера и зависят от того, из каких химических элементов эти тела составлены. У Бойля наименьшими частичками вещества оказывались неосязаемые органами чувств мельчайшие частички (атомы), которые могли связываться друг с другом, образуя более крупные соединения – кластеры (по терминологии Бойля). В зависимости от объема и формы кластеров, от того, находились они в движении или покоились, зависели и свойства природных тел. Сегодня мы вместо термина «кластер» используем понятие «молекула».

В период с середины XVII в. до первой половины XIX в. учение о составе вещества представляло собой всю химию того времени. Оно существует и сегодня, представляя собой первую концептуальную систему химии. На этом уровне химического знания ученые решали и решают три важнейшие проблемы: химического элемента, химического соединения и задачу создания новых материалов с вновь открытыми химическими элементами.

Концепция химического элемента появилась в химии в результате стремления человека обнаружить первоэлемент природы. Р. Бойль положил начало современному представлению о химическом элементе как о простом теле, пределе химического разложения вещества, переходящем без изменения из состава одного сложного тела в другое.

Но еще целый век после этого химики делали ошибки в выделении химических элементов: сформулировав поня-

тие химического элемента, ученые еще не знали ни одного из них.

Химическим элементом называют все атомы, имеющие одинаковый заряд ядра.

Особой разновидностью химических элементов являются изотопы, у которых ядра атомов отличаются числом нейтронов (поэтому у них разная атомная масса), но содержат одинаковое число протонов и поэтому занимают одно и то же место в периодической системе элементов. Термин «изотоп» был введен в 1910 г. английским радиохимиком Ф. Содди. Различают стабильные (устойчивые) и нестабильные (радиоактивные) изотопы.

С момента открытия изотопов наибольший интерес вызвали радиоактивные изотопы, которые стали широко использоваться в атомной энергетике, приборостроении, медицине и т. д.

3. Концепция химических соединений

Долгое время химики эмпирическим путем определяли, что относится к химическим соединениям, а что — к простым телам или смесям. В начале XIX в. Ж. Пруст сформулировал закон постоянства состава, в соответствии с которым любое индивидуальное химическое соединение обладает строго определенным, неизменным составом и тем самым отличается от смесей.

Теоретическое обоснование закона Пруста было дано Дж. Дальтоном в законе кратных отношений:

— если два элемента образуют несколько соединений, то массы одного элемента, приходящиеся на единицу массы другого, относятся как целые числа.

Согласно этому закону состав любого вещества можно было представить как простую формулу, а эквивалентные составные части молекулы — атомы, обозначавшиеся соответствующими символами, — могли замещаться на другие атомы.

Но дальнейшее развитие химии и изучение все большего числа соединений приводили химиков к мысли, что наряду с веществами, имеющими определенный состав, *существуют еще и соединения переменного состава – бертоллиды*. В результате были переосмыслены представления о молекуле в целом. Молекулой, как и прежде, продолжали называть наименьшую частичку вещества, способную определять его свойства и существовать самостоятельно. Но в XX в. была понята сущность химической связи, которая стала пониматься как вид взаимодействия между атомами и атомно-молекулярными частицами, обусловленный совместным использованием их электронов. Существуют ковалентные, полярные, ионные и ионно-ковалентные химические связи, отличающиеся характером физического взаимодействия частиц между собой. *Поэтому теперь под химическим соединением понимают определенное вещество, состоящее из одного или нескольких химических элементов, атомы которых за счет взаимодействия друг с другом объединены в частицу, обладающую устойчивой структурой: молекулу, комплекс, монокристалл или иной агрегат*.

4. Структурная химия. Реакционная способность веществ

Структурная химия. Многочисленные эксперименты по изучению свойств химических элементов в первой половине XIX в. привели ученых к убеждению, что свойства веществ и их качественное разнообразие обусловлены не только составом элементов, но и структурой их молекул. К этому времени в химическом производстве стала преобладать переработка огромных масс вещества растительного и животного происхождения. Их качественное разнообразие потрясюще велико – сотни тысяч химических соединений, состав которых крайне однообразен, так как они состоят из нескольких элементов-органогенов (углерода, водорода,

кислорода, серы, азота, фосфора). Объяснение необычайно широкому разнообразию органических соединений при столь бедном элементном составе было найдено в явлениях изомерии и полимерии. Так было положено начало второму уровню развития химических знаний, который получил название структурной химии. Она стала более высоким уровнем по отношению к учению о составе вещества, включив его в себя. При этом химия из преимущественно аналитической науки превратилась в синтетическую. *Главным достижением этого этапа развития химии стало установление связи между структурой молекул и реакционной способностью веществ.*

Термин «структурная химия» условен. В нем подразумевается такой уровень химических знаний, при котором, комбинируя атомы различных химических элементов, можно создать структурные формулы любого химического соединения. Возникновение структурной химии означало, что появилась возможность для целенаправленного качественного преобразования веществ и для создания схемы синтеза любых химических соединений, в том числе и ранее неизвестных.

Основы структурной химии были заложены Дж. Далтоном, который показал, что любое химическое вещество представляет собой совокупность молекул, состоящих из определенного количества атомов одного, двух или трех химических элементов. Затем И.-Я. Берцелиус выдвинул идею, что молекула представляет собой не простое нагромождение атомов, а определенную упорядоченную структуру атомов, связанных между собой электростатическими силами.

В 1857 г. немецкий химик Ф.-А. Кекуле опубликовал свои наблюдения о свойствах некоторых элементов, которые могут заменять атомы водорода в ряде соединений, и ввел новый термин – *сродство (количество атомов водо-*

рода, которые может заместить данный химический элемент). Число единиц сродства, присущее данному химическому элементу, он назвал валентностью.

Но схемы Кекуле не всегда можно было осуществить на практике. Это было вызвано тем, что подобные формальные схемы не учитывали реакционной способности веществ, вступавших в химическую реакцию.

Таким образом, важнейшим шагом в развитии структурной химии стало появление теории химического строения органических соединений русского химика А. М. Бутлерова, который вслед за Кекуле признавал, что образование молекул из атомов происходит за счет замыкания свободных единиц сродства, но при этом он указывал на то, с какой энергией (большей или меньшей) это сродство связывает вещества между собой. Иными словами, Бутлеров впервые в истории химии обратил внимание на энергетическую неравноценность разных химических связей. Эта теория позволила строить структурные формулы любого химического соединения, так как показывала взаимное влияние атомов в структуре молекулы, а через это объясняла химическую активность одних веществ и пассивность других.

В XX в. структурная химия получила дальнейшее развитие. В частности, было уточнено понятие структуры, под которой стали понимать устойчивую упорядоченность качественно неизменной системы. Также было введено понятие *атомной структуры – устойчивой совокупности ядра и окружающих его электронов, находящихся в электромагнитном взаимодействии друг с другом, – и молекулярной структуры – сочетания ограниченного числа атомов, имеющих закономерное расположение в пространстве и связанных друг с другом химической связью с помощью валентных электронов.*

Реакционная способность веществ. Самая общая качественная характеристика любого химического элемента –

это его химическая активность, которая по отношению к другим химическим веществам различна, например, инертные газы и благородные металлы или всеядный фтор.

В 1865 г. русский химик Н. Н. Бекетов опубликовал знаменитое исследование, в котором привел «ряд напряжений» – перечень металлов, построенный в зависимости от их химической активности в растворах. По степени возрастания этой активности ряд выглядит так: золото, платина, серебро, ртуть, медь, свинец, олово. Чем металл активнее, тем крепче он связан с другими веществами и тем труднее его выделить в чистом виде.

Исторически первыми были открыты элементы с малой химической активностью – неметаллы и металлы.

Реакционная способность проявляется в способности элементов быстрее присоединить к себе или отнять у уже образованных соединений какой-либо, но вполне определенный элемент и образовать достаточно устойчивое соединение с ним.

Активность отдельных химических элементов возрастает по мере приближения к левому верхнему углу таблицы элементов Менделеева.

К устойчивым химическим соединениям относятся кислоты, щелочи и вода.

Активность или реакционность, способность вступать в химические реакции веществ или их элементов, как правило, связана с электрическим потенциалом, который они несут или могут приобрести при определенных внешних условиях, а также с необходимостью затраты энергии. Различают следующие типы связей: полная (электровалентная), ковалентная, координативная и водородная, но суть процессов едина – перераспределение электронов атома во внешних оболочках. Как потеря, так и присоединение атомами электронов сопровождается энергетическим эффектом – энергией ионизации. Величина ее зависит от

заряда ядра и от атомного радиуса.

Как известно, химия делится на неорганическую и органическую, создание которой восходит к 1814 г., когда была синтезирована щавелевая кислота. До этого считалось, что подобные соединения возникают только в живом, органическом мире. В дальнейшем эта область химии развивается все ускоряющимися темпами. В 1900 г. было введено в теорию химических связей органической химии новое понятие – свободный радикал. Это атомы или их группы, обладающие свободной валентностью (неспаренным электроном).

Свободные радикалы существуют очень короткое время из-за их высокой реакционной способности. Они играют важную роль в реакции полимеризации, присоединении галогенов, фотохимических реакциях и т. д. Эти радикалы возникают как промежуточный продукт реакции при строго определенных условиях или одном из них: давлении, температуре, концентрации или облучении. Но затем этот процесс (начиная с одного или нескольких радикалов) быстро нарастает, как цепная реакция, иногда приводя к взрыву.

5. Учение о химических процессах

Химические процессы – это реакции, протекающие с образованием новых соединений.

На протекание химических реакций влияют такие характеристики, как энергия, необходимая для перехода электронов от одного атома к другому; концентрация химических веществ; давление и температура; наличие катализаторов; фазовое состояние (твердое, жидкое и газообразное) веществ и т. д.

При образовании химических связей происходит выделение или поглощение энергии. Эти процессы полностью подчиняются закону сохранения вещества и энергии и началам термодинамики. Исходя из этих законов, возможность протекания химической реакции определяется мак-

симальной работой, производимой данной реакцией при достижении химического равновесия, за вычетом совершаемой работы против внешнего давления (воздействия).

Изучение химических процессов позволяет сделать вывод, что все их многообразие может быть сведено к реакциям, идущим до полного превращения исходных веществ, и реакциям, протекающим в обоих направлениях, например, образование и последующий распад продуктов реакции (реакция Белоусова–Жаботинского). Подавляющее число химических процессов идет по обратимому пути. Но множество реакций, применяемых людьми, необратимо: в этом случае продуктами реакций являются вещества, находящиеся в ином фазовом состоянии, чем исходные продукты реакции. Например, при взаимодействии жидкостей выделяется газообразное вещество или выпадает нерастворимый осадок (твердое состояние).

Обратимые реакции при определенных стабильных внешних условиях достигают состояния химического равновесия. В этом случае скорости протекания прямой и обратной реакций равны друг другу.

Открытый в 1884 г. французским ученым А. Ле Шателье принцип утверждает, что *«если на систему, находящуюся в истинном равновесии, воздействовать извне, изменяя какое-либо из условий, определяющих положение равновесия, то в системе усилится то из направлений процесса, которое ослабляет эффект этого воздействия, и положение равновесия сместится в том же направлении»*. Проявлением принципа А. Ле Шателье могут служить реакции, связанные с выделением тепла. Если такую химическую систему подвергнуть нагреву, то реакция будет идти в обратную сторону, т. е. поглощать энергию.

Химическая система из нескольких веществ, различающихся по физическим или химическим свойствам, может находиться в равновесии только при постоянных условиях.

Согласно принципу Ле Шателье, изменение одного из условий (температуры, давления, концентрации), при которых система находится в состоянии химического равновесия, вызывает смещения равновесия в направлении той реакции, которая противодействует произведенному изменению.

Большое влияние на скорость реакции оказывают катализаторы – вещества, изменяющие скорость реакции либо приводящие к ней после их введения в химическую систему, но не входящие в состав конечных продуктов. При этом реакция протекает при более низких значениях энергии, чем в системе. Неактивным частицам вещества-катализаторы отдают свою энергию, делая их реакционно способными для преодоления энергетического барьера реакции.

Катализаторы не только создают условия для реакции, но и увеличивают их скорость от нескольких до тысяч раз. В настоящее время большинство промышленных химических процессов являются каталитическими. Но в этом синтезе «не поставлена точка», возможно, его удастся осуществлять прямо в поле из воздуха, высвободив огромные мощности заводов по производству этого вида удобрений.

Другие примеры каталитических технологий: крекинг нефти по Гудри; получение метанола, формальдегида, твердых жиров, синтетического каучука по Лебедеву, бутадиена по Мортону в течение нескольких минут с уникальными эксплуатационными свойствами; дожиг автомобильных выхлопных газов и т. д.

Роль катализа в химии огромна. В общем виде она сводится к образованию промежуточных соединений.

Выдвинут целый ряд химических теорий катализа, сводящих роль катализаторов к роли обычных реагентов, вызывающих реакцию и участвующих в ней, а также физических, объясняющих действие катализаторов адсорбцией на поверхности молекул реагентов и «сгущением» реагентов в порах катализаторов.

По мере развития катализаторов появились и добавки к ним: промоторы – усиливающие и ингибиторы – тормозящие их действие.

В целом роль катализа в следующем:

1. Активизирует молекулы реагента при контакте с катализатором за счет неополновалентного взаимодействия и расслабления химических связей. Иначе в реактор необходимо подводить энергию.

2. Каталитическая реакция происходит через промежуточный комплекс, в котором идет перераспределение ослабленных (неополновалентных) химических связей.

3. В подавляющем большинстве случаев в качестве катализаторов выступают соединения, молекулы которых содержат широкий выбор энергетически неоднородных связей или даже свободные атомы на поверхности.

4. Неополновалентное взаимодействие молекул реагента с катализатором может дать еще четыре эффекта:

- химическая ориентация реакций в заданном направлении, выбранном катализатором из нескольких возможных;
- матричная ориентация реакций, проявляющаяся в том, что изменение структуры молекул реагента определяется особенностями геометрического строения поверхности катализатора или особенностями структуры каталитического комплекса;
- увеличение числа встреч реагирующих молекул при переводе реакции из объема на поверхность катализатора;
- захват катализатором некоторой части энергии экзотермической реакции, то есть превращение катализатора в энергетическую ловушку для энергетической подпитки все новых актов реакции.

Различают гомогенный, гетерогенный и биохимический катализ.

Гомогенный катализ. Среди многочисленных каталитических реакций особое место занимает катализ в цепных

реакциях: активные частицы взаимодействуют с веществами, образуют не только продукты реакции, но и новую активную частицу. Такие реакции широко распространены в природе: полимеризация, хлорирование, окисление и т. д., идущие по радикально-цепному механизму (с образованием свободного радикала).

Среди катализаторов особое место занимают соединения металлов переменной валентности.

Гетерогенный катализ. Во многих случаях при этом катализе процесс окисления сводится к адсорбции органического соединения и кислорода на поверхности катализатора, который разрывает связи компонентов и делает их более реакционно способными. Роль катализатора проявляется в изменении скорости и направления изомеризации перекисных радикалов.

Биокатализ, или ферментативный катализ. Он неразрывно связан с жизнедеятельностью клетки. Химическими реакциями в клетке управляют органические катализаторы – ферменты. Это аминокислоты в виде полипептидных цепей.

Раздел химии, изучающий скорости химических реакций, называется химической кинетикой.

Скорость химической реакции. Химические реакции протекают с различными скоростями. Некоторые из них полностью заканчиваются за малые доли секунды, другие осуществляются за минуты, часы, дни. Известны реакции, требующие для своего протекания несколько лет, десятилетий и еще более длительных отрезков времени. Кроме того, одна и та же реакция может в одних условиях (например, при повышенных температурах) протекать быстро, а в других (например, при охлаждении) – медленно; при этом различие в скорости одной и той же реакции может быть очень большим.

Знание скоростей химических реакций имеет очень

большое научное и практическое значение. Например, в химической промышленности при производстве того или иного вещества от скорости реакции зависят размеры и производительность аппаратуры, количество вырабатываемого продукта.

При рассмотрении вопроса о скорости реакции необходимо различать реакции, протекающие в гомогенной системе (гомогенные реакции), и реакции, протекающие в гетерогенной системе (гетерогенные реакции).

Системой в химии принято называть рассматриваемое вещество или совокупность веществ. При этом системе противопоставляется внешняя среда – вещества, окружающие систему. Обычно система физически ограничена от среды.

Различают гомогенные и гетерогенные системы. Гомогенной называется система, состоящая из одной фазы, гетерогенной – система, состоящая из нескольких фаз. Фазой называется часть системы, отделенная от других ее частей поверхностью раздела, при переходе через которую свойства изменяются скачком.

Примером гомогенной системы может служить любая газовая смесь (все газы при не очень высоких давлениях неограниченно растворяются друг в друге), хотя бы смесь азота с кислородом. Другим примером гомогенной системы может служить раствор нескольких веществ в одном растворителе, например, раствор хлорида натрия, сульфата магния, азота и кислорода в воде. В каждом из этих двух случаев система состоит только из одной фазы: из газовой фазы в первом примере и из водного раствора во втором.

В качестве примеров гетерогенных систем можно привести следующие системы: вода со льдом, насыщенный раствор с осадком, уголь и сера в атмосфере воздуха. В последнем случае система состоит из трех фаз: двух твердых и одной газовой.

Как уже говорилось, при практическом использовании

химических реакций весьма важно знать, с какой скоростью будет протекать данная реакция в тех или иных условиях и как нужно изменить эти условия, для того чтобы реакция протекала с требуемой скоростью. К важнейшим факторам, влияющим на скорость реакции, относятся следующие: природа реагирующих веществ, их концентрации, температура, присутствие в системе катализаторов. Скорость некоторых гетерогенных реакций зависит также от интенсивности движения жидкости или газа около поверхности, на которой происходят реакции.

Раздел химии, занимающийся количественным определением тепловых эффектов химических реакций, называется химической термодинамикой. В основу его положены законы термохимии, являющиеся следствием закона сохранения энергии:

1. Для каждого химического соединения теплота разложения равна теплоте его образования, но имеет противоположный знак. Так, при разложении 1 моля метана на углерод и водород поглощается 11,7 Ккал теплоты.

2. Тепловой эффект реакции зависит лишь от природы и физического состояния исходных веществ и конечных продуктов, но не зависит от промежуточных стадий реакции – закон Гесса.

При этом в термохимических расчетах теплота образования простых веществ при 15° С и 760 мм рт. ст. принимается равной нулю.

Например, окись углерода не образуется непосредственно из углерода и кислорода, а следовательно, тепловой эффект этой реакции не может быть определен опытным путем. Но зная теплоту образования CO_2 из углерода и кислорода (94 Ккал) и теплоту сгорания CO в CO_2 (67,6 Ккал), легко вычислить теплоту образования CO .

Из закона Гесса следует также вывод: тепловой эффект реакции равен разности между теплотой образования всех

получающихся веществ и теплотами образования исходных веществ, что позволяет упростить все термохимические расчеты.

Все химические реакции протекают с выделением или поглощением энергии, количество которой называют тепловым эффектом реакции. Тепловую энергию, сопровождающую образование вещества, называют теплосодержанием или энтальпией; уравнения этого процесса с указанием теплового эффекта – термохимическими.

Химические реакции называют экзотермическими при выделении тепла, а реакции с поглощением теплоты – эндотермическими, то есть результирующий продукт, соответственно, обладает меньшим или большим теплосодержанием, чем исходные продукты. Например, с выделением тепла идет реакция образования воды.

Термохимические реакции, как правило, характеризуются ковалентной связью электронных пар взаимодействующих атомов. Мерой прочности этой связи является ее энергия, или энергия, необходимая для ее разрушения.

В изолированных системах все термодинамические процессы с веществом не приводят к уменьшению энтропии, а в неизолированных системах процессы идут в одних случаях с подводом тепла, в других – с его отводом, а знак энтропии совпадает со знаком теплоты процесса. Таким образом, химические процессы, происходящие в неизолированной системе, могут иметь любой знак энтропии; иногда он может меняться и с изменением внешних условий, например внешнего давления.

Всякая химическая реакция сопровождается изменением запаса энергии и реагирующих веществ. Чем больше энергии выделилось при образовании химического соединения, тем, как правило, это соединение более устойчиво, так как энтропия выше.

Лекция 7

ЗЕМЛЯ И ЕЕ ГЕОСФЕРЫ

План:

1. Внутреннее строение и история геологического развития Земли.
2. Современные концепции развития геосферных оболочек.
3. Литосфера как абиотическая основа жизни.
4. Экологические функции литосферы: ресурсная, геодинамическая, геофизико-геохимическая.
5. Географическая оболочка Земли.

1. Внутреннее строение и история геологического развития Земли

В строении Земли выделяют три основных слоя: земную кору, мантию и ядро.

Земная кора – твердая слоистая внешняя оболочка Земли. Мощность земной коры в планетарном масштабе чрезвычайно мала (в среднем около 35 км). Мощность ее сильно меняется от 5 км под океанами до 70 км под горными сооружениями. На 90% состоит из 8 химических элементов: кислорода, кремния, алюминия, железа, кальция, калия, натрия, магния.

Есть две разновидности земной коры – континентальная (более мощная, сложная и имеет три слоя – осадочный, гранитный и базальтовый) и океаническая (более тяжелая и преимущественно базальтовая с отсутствием гранитного слоя).

Мантия распространяется на глубину 2900 км. Ее объем составляет 83% (с ядром – 99%) объема планеты. Не-

смотря на высокую температуру (2000°C), вещество мантии вследствие огромного давления находится в твердом кристаллическом состоянии.

Внутри мантии, на глубине 100–250 км под континентами и 50–100 км под океанами, начинается слой повышенной пластичности вещества, близкого к точке плавления – астеносфера. Подошва астеносферы находится на глубинах порядка 400 км.

Земная кора вместе с верхним твердым слоем мантии над астеносферой называется литосферой. Литосфера – относительно хрупкая оболочка. Она разбита глубинными разломами на крупные блоки – литосферные плиты.

Ядро находится на глубинах от 2900 до 6371 км, радиус примерно 3500 км. Ядро состоит из внешнего и внутреннего слоев. Предполагают, что во внешней части ядра вещество находится в расплавленном подвижном состоянии, и в нем из-за вращения планеты возникают электрические токи, которые создают магнитное поле Земли. Внутренняя часть ядра твердая. Земное ядро состоит из железа с примесью более легких элементов. С глубиной нарастают давление и температура, которая составляет в ядре около 5000°C .

Слои Земли различаются по химическому составу, что связывают с дифференциацией первичного холодного вещества планеты в условиях его сильного разогрева и частичного расплавления. Предполагают, что при этом более тяжелые элементы (железо, никель и др.) «тонули», а относительно легкие (кремний, алюминий и др.) «всплывали». Первые образовали ядро, вторые – земную кору. Из расплава одновременно выделялись газы и пары воды, которые сформировали первичные атмосферу и гидросферу.

Сегодня точно известно, что Земля не вполне правильный шар. Она немного сжата у полюсов и несколько вытянута к Северному полюсу. Эта фигура называется геоидом. Окружность Земли по экватору равна 40075,7 км, окруж-

ность по меридиану – 40008,5 км.

Масса Земли была вычислена на основе закона всемирного тяготения в опытах Г. Кавендиша с крутильными весами, на которых он измерял, с какой силой большой свинцовый шар притягивает к себе маленькие свинцовые шарики, а затем сравнивал эту силу с силой притяжения маленьких шариков Землей, т.е. с их весом. Этот опыт был поставлен в 1798 г. Масса Земли оказалась равной 5976×10^{21} кг.

Поверхность Земли составляет приблизительно 510 млн. км², при этом на долю суши приходится 149 млн. км², или около 29%, так что правильнее было бы назвать нашу планету не Землей, а Океаном.

Земля входит в состав Солнечной системы. Все планеты Солнечной системы делятся на две группы: планеты земной группы (внутренние планеты) – Меркурий, Венера, Земля, Марс; газовые гиганты (внешние планеты) – Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Плутон.

Из всех планет земной группы Земля – самая большая планета. Но как показывают оценки, даже такие размеры и масса оказываются минимальными, при которых планета способна удержать свою газовую атмосферу. Тем не менее Земля теряет водород и другие легкие газы, что заметно по шлейфу, который тянется за нашей планетой. Венера почти равна по размерам и массе Земле, но она ближе к Солнцу и получает от него больше тепла. Поэтому она давно потеряла весь свой свободный водород. У остальных двух планет атмосфера либо вообще отсутствует (Меркурий), либо сохранилась в очень разреженном состоянии (Марс).

Из всех планет только Земля обладает сильным магнитным полем, на два порядка превосходящим значения магнитных полей других планет. Как считают ученые, это одна из причин появления жизни на Земле.

Ни одна из планет не имеет развитой системы спутников, как у планет – газовых гигантов. Луна – спутник Зем-

ли – не вписывается ни в одну из современных гипотез образования Солнечной системы. Тем более что Луна имеет планетные размеры (сравнимые с размерами Меркурия).

Три из четырех планет земной группы обладают заметной атмосферой. Атмосфера Земли кардинально отличается от атмосфер других планет: в ней мало углекислого газа, много молекулярного кислорода и паров воды. Это связано с тем, что вода морей и океанов Земли хорошо поглощает углекислый газ, а живое вещество биосферы планеты насыщает атмосферу кислородом, образующимся в процессе фотосинтеза. Подсчеты показывают, что если освободить всю поглощенную водой океанов углекислоту и одновременно убрать из атмосферы кислород, накопленный за счет жизнедеятельности растений, то состав земной атмосферы станет подобным составу атмосфер Венеры и Марса.

Относительно малые размеры Марса не позволили ему удержать плотную атмосферу. Тем не менее раньше она была более плотной из-за процессов активного выделения газов из недр планеты. Тогда, очевидно, условия на планете были более мягкими, без резких перепадов дневных и ночных температур. Сейчас же в разреженной атмосфере Марса возникают настолько мощные пылевые бури, что они поднимают массы песка на высоту многих километров, практически скрывая поверхность планеты от наблюдателей за непроницаемой пылевой завесой.

Венера, напротив, имеет очень плотную атмосферу, в основном состоящую из углекислого газа. Возникший в связи с этим парниковый эффект обусловил разогревание поверхности Венеры до огромных температур.

Земля имеет гидросферу. Близость Венеры к Солнцу способствовала быстрой потере планетой водорода, что, в свою очередь, привело к невозможности появления воды и снижению температуры на поверхности планеты до приемлемого уровня. На Венере, таким образом, отсутствует

гидросфера. Да и в атмосфере пары воды присутствуют в очень незначительном количестве. Причины этого до сих пор неизвестны. Тем не менее существует предположение, что отсутствие гидросферы, очень медленное обратное вращение и отсутствие собственного магнитного поля у Венеры – все это следствия некой общей причины, породившей различия в путях развития Венеры и Земли.

На Марсе в прошлом (примерно миллиард лет назад) существовала гидросфера. А три миллиарда лет назад там, возможно, был океан. В наши дни вода на Марсе существует в виде инея и льда в полярных шапках этой планеты. Также вода должна быть на планете в слое вечной мерзлоты. Поэтому на Марсе может существовать жизнь, по крайней мере, простейшие ее формы.

Лишь на Земле гидросфера развита настолько хорошо, что существует в виде Мирового океана, занимающего большую часть поверхности нашей планеты.

У планет земной группы существенно различаются также и рельефы. Это обусловлено различием вулканических и геологических процессов на них. Сегодня считается, что тектоническая активность может служить мерилем жизнеспособности планеты в целом. Если тектоническая деятельность отсутствует или значительно сокращается, то можно делать вывод об умирании планеты. Это связано с тем, что при тектонической деятельности идет активный обмен веществом и энергией между поверхностью и недрами планеты. При этом формируются и поддерживаются атмосфера, гидросфера и господствующие типы рельефа местности. С прекращением тектонической активности планета превращается в мертвое небесное тело, на котором преобладают процессы деградации.

В прошлом Земля отличалась большой геологической активностью. Однако и в наши дни для Земли характерна высокая тектоническая активность, а потому ее геологи-

ческая история далека от завершения. Это проявляется в периодически случающихся землетрясениях и извержениях вулканов, иногда носящих катастрофический характер. Поэтому современный рельеф Земли продолжает меняться. Огромную роль при этом играет воздействие не только эндогенных (тектонических), но и экзогенных процессов – гидросферных, атмосферных и биосферных. На других планетах подобное сочетание факторов отсутствует.

Рельеф земной поверхности отличается глобальной асимметрией. Она хорошо заметна при сравнении Северного и Южного полушарий. Одно из них в основном заполнено водой, в другом же сосредоточены поднятия коры, образующие континенты. То, что участки суши и моря асимметричны относительно центра Земли, хорошо заметно на глобусе.

Асимметричны не только рельефы, но и тепловые режимы Северного и Южного полушарий. Северное полушарие более теплое, чем Южное. Так, в Северном полушарии температура опускается до -70°C , а в Южном – до -90°C . Кроме того, в Южном полушарии расположен абсолютный полюс ветров (в Антарктиде) и «ревущие сороковые» широты – зона постоянных бурь и ураганов. Неодинаковы также тепловые режимы Западного и Восточного полушарий. Так, в Америке климат более умеренный, чем в Азии. Это связано с тем, что в Азии горные цепи расположены по параллелям и задерживают перемещение воздушных масс в направлении с юга на север. Поэтому значительная часть азиатской территории содержит многолетнемерзлые грунты. А в Восточной Сибири зимой обычно устанавливается устойчивый антициклон с низкими температурами. Кроме того, в Западном полушарии больше воды, чем в Восточном. Это также смягчает климат американского континента.

Абсолютный возраст Земли примерно равен 4,5 млрд. лет.

К такому выводу ученые пришли в результате исследования возраста древнейших минералов и горных пород, а также на основе изучения процессов распада радиоактивных веществ. Кроме того, на этот возраст Земли указывают и материалы исследования метеоритов. Они относятся к числу наиболее изученных космических объектов и несут ценную научную информацию. Исследования метеоритов показывают, что возраст как железных, так и каменных метеоритов совпадает и составляет примерно 4,5–4,6 млрд. лет.

Схожие данные получены и при исследовании лунных пород. Образцы этих пород были доставлены на Землю как с помощью космических станций «Луна», так и экипажами американских космических кораблей «Аполлон». Оказалось, что возраст самых древних лунных образцов совпадает с возрастом самой Луны и составляет 4–4,5 млрд. лет. Значит, первичная лунная кора возникла вскоре после образования Луны, и отдельные участки этой коры сохранились до сегодняшнего дня. Такое совпадение данных для разных тел Солнечной системы не может считаться случайным, поэтому делается вывод о возрасте нашей планеты, равном примерно 4,5 млрд. лет. К этому времени завершилось формирование. При этом считается, что ее геологическая история составляет около 4 млрд. лет, из них 0,6 млрд. лет – это ранняя история Земли. Возраст Земли подразделяют на эры: архейская, протерозойская, палеозойская, мезозойская, кайнозойская. Древнейший интервал геологического времени, включающий архей и протерозой, называют докембрием (90% всей геологической истории Земли). Далее выделена палеозойская («древняя жизнь») эра – от 570 до 230 млн. лет назад, мезозойская («средняя жизнь») эра – от 230 до 65–67 млн. лет назад и кайнозойская («новая жизнь») эра – от 65–67 млн. лет до наших дней.

2. Современные концепции развития геосферных оболочек.

Процесс развития геосферных оболочек тесно связан с процессом глобальной эволюции Земли. Можно выделить пять этапов развития геосферных оболочек: формирование ядра, формирование мантии, формирование литосферы, формирование гидросферы, формирование атмосферы.

Формирование ядра началось примерно 4,6 млрд. лет назад. После 2,6 млрд. лет наращивание массы земного ядра начало резко, а потом плавно убывать. В современный период масса ядра увеличивается на 130 млрд. т в год. Остывание Земли привело к полному остыванию ядра.

В процессе развития Земли из мантии полностью исчезли FeS, Fe, Ni, но мантия по своему составу наиболее близка к составу первичного вещества Земли. Вместе с тем, возросла концентрация оксидов кремния и магния. В настоящее время активно происходит передача тепловой энергии мантии и ядра другим геосферным оболочкам.

Литосфера образовалась в процессе остывания и кристаллизации частично расплавленного вещества мантии Земли. Формирование литосферы началось 4–3,5 млрд. лет назад. Современная история литосферы связана прежде всего с тектоникой океанических плит. Океаническая кора опирается на концы континентальных плит, в результате чего образуются складчатые структуры. Обломки океанических литосферных плит проходят круговорот: литосфера – ядро – литосфера, в ходе которого смешиваются с различными веществами мантии и доставляют их в литосферу.

Гидросфера появилась в результате дегазации, которая происходила под действием паров воды, которые выдавливались кипящими мантийными расплавами. Наибольший приток воды происходил около 2,6 млрд. лет назад, когда слой океанической породы был полностью ею насыщен.

Что касается вопроса о формировании атмосферы, то

существуют версии, что возникновение атмосферы произошло раньше аналогичного процесса в отношении гидросферы. Однако эта атмосфера была очень разреженной, т.к. состояла из летучих соединений, которые распространены в космосе. Около 3 млрд. лет назад Земля была окутана уже плотной атмосферой, которая в основном состояла из азота и углекислого газа. Последующая история Земли связана в основном со своеобразной заменой углекислого газа кислородом.

Активную роль в извлечении углекислого газа из атмосферы сыграли зеленые растения и фотосинтезирующие организмы.

Однако не весь образованный кислород поступал в атмосферу – его мощным поглотителем выступало железо.

Подводя итог, необходимо отметить, что развитие геосферных оболочек связано главным образом с динамическими факторами, среди которых наиглавнейшим выступает энергия, выделяемая в процесс ее химико-плотностной дифференциации вещества в мантии и ядре Земли.

3. Литосфера как абиотическая основа жизни

Литосфера – это внешняя твердая оболочка Земли, которая включает всю земную кору и часть верхней мантии. Литосфера является источником всех минеральных ресурсов, одним из основных объектов антропогенной деятельности. Основную ценность представляет почвенный слой литосферы.

Почва – это органоминеральный продукт, созданный в результате многолетней деятельности живых организмов и воздействия абиотических факторов: воды, воздуха, тепла, света. Почва возникла вместе с живым веществом и развивалась под влиянием деятельности растений, животных и микроорганизмов. Современные почвы являются трехфазной системой (твердые частицы, вода и газы, растворенные

в воде), состоящей из смеси минеральных частиц (продуктов разрушения горных пород) и органических веществ (продукты жизнедеятельности организмов и грибов). Почвы играют огромную роль в кругообороте воды, углекислого газа и других веществ.

В литосфере происходят различные процессы, которые прямо не зависят от человека, что и позволяет говорить о ее абиотическом характере. Это такие процессы, как выветривание, оползни и сели, извержения вулканов, подземные воды, поверхностные водостоки.

Под выветриванием понимается разрушение и преобразование горных пород под действием различных абиотических факторов. В зависимости от сочетания этих факторов выделяют физическое, химическое и биохимическое выветривание. Физическое выветривание происходит вследствие перепада температур, действия корневых систем и замерзшей воды; химическое выветривание осуществляется при совместном воздействии агрессивной водной среды, содержащей различные химические соединения; биохимическое выветривание имеет своей причиной воздействие органических кислот и преобразование остатков живых организмов.

Суть таких явлений, как оползни и сели, заключается в перемещении обломков горных пород по поверхности Земли. Причиной этих перемещений выступают гравитационные процессы, которые подразделяются на обвальные, провальные и медленные.

Извержения вулканов связаны с активными границами литосферных плит. Типы вулканов и их извержения зависят от состава магмы, формы подводящего канала, концентрации летучих веществ.

С подземными водами связаны процессы создания поверхностного и подземного рельефов, их перемещение зависит от водопроницаемости пород.

Поверхностные водостоки выполняют переносную и аккумулятивную работу, деятельность поверхностных вод связана с эрозией, формированием оврагов.

Таким образом, литосфера является абиотической средой и играет важную роль в жизни человека.

4. Экологические функции литосферы: ресурсная, геодинамическая, геофизико-геохимическая.

Изучение функций литосферы имеет большое значение в практической деятельности человечества.

Основными экологическими функциями литосферы являются ресурсная, геодинамическая и геохимическая.

Ресурсная функция литосферы заключается в ее потенциальной способности обеспечения потребностей экосистем абиотическими ресурсами, в том числе и потребностей человека в тех или иных полезных ископаемых. Для человечества на первом месте по значимости среди природных ресурсов стоят энергоресурсы. При современном уровне развития промышленности в мире технологическая энергетика создает и трансформирует огромное, если рассматривать планету в целом, количество энергии. Около 70% добываемых полезных ископаемых в мире составляют энергоресурсы. В настоящее время в мире отмечается ресурсная напряженность, которая обуславливает необходимость перехода человечества к системному ресурсному мышлению. Этот переход, видимо, совершится в ближайшие годы, поскольку человечество для этого имеет, по оценкам экспертов, всего 3–4 десятилетия.

Геодинамическая функция литосферы в экологическом аспекте проявляется в ходе различных геологических процессов, так или иначе влияющих на различные экосистемы, в том числе и человеческое общество. Эти процессы делятся на природные геологические и процессы, вызванные человеком, техногенные – инженерно-геологические.

Необходимо знать, что последние могут по своей интенсивности, мощности и масштабам проявления существенно превосходить их природные аналоги, поэтому их прогнозу, оценке и инженерной защите территорий с развитыми на них экосистемами от негативного влияния инженерно-геологических процессов в экологической геологии уделяется первостепенное внимание.

Для исследования геодинамических процессов необходимо использовать экологический мониторинг геологической среды, т.е. систему постоянных наблюдений, контроля, оценки, прогноза и управлений состоянием геологической среды с целью обеспечения ее экологических функций.

Геохимическая функция литосферы в экологическом аспекте заключается в ее активном участии в процессах круговорота веществ в природе. Причем одинаково важен анализ обеих сторон круговорота – как вредных, так и полезных для экосистем веществ. В зависимости от способа перемещения веществ в литосфере выделяют механическую, физико-химическую, биогенную и техногенную миграцию.

Таким образом, литосфера, выполняя свои экологические функции, играет огромную роль не только как абиотическая среда, но и как необходимый компонент существования человечества, что обуславливает необходимость контроля за выполнением литосферой своих экологических функций.

5. Географическая оболочка Земли

Географическая оболочка – внешняя оболочка Земли, в пределах которой взаимно проникают друг в друга и взаимодействуют нижние слои атмосферы, верхние части литосферы, вся гидросфера и биосфера. Все компоненты географической оболочки существуют не изолированно, а

взаимодействуют друг с другом. Вода и воздух, проникая по трещинам в глубь горных пород, участвуют в процессах выветривания, изменяют их и в то же время меняются сами. Реки и подземные воды, перемещая минеральные вещества, участвуют в изменении рельефа. Частицы горных пород высоко поднимаются в атмосферу при извержении вулканов, сильных ветрах. Много солей содержится в гидросфере, вода и минеральные вещества входят в состав всех живых организмов. Живые организмы, отмирая, образуют огромные толщи горных пород. Верхнюю и нижнюю границы географической оболочки разные ученые проводят по-разному. Резких границ она не имеет. Многие ученые считают, что ее мощность составляет 55 км.

В результате взаимодействия компонентов географическая оболочка обладает присущими только ей свойствами. В ней всюду есть живые организмы. Вещества находятся в твердом, жидком и газообразном состояниях, что имеет огромное значение для развития жизни на Земле. В географической оболочке находится и человеческое общество.

Все процессы в ней происходят под воздействием солнечной энергии и в меньшей степени – внутренних источников энергии. Испытывает она влияние и космоса. Все компоненты географической оболочки связаны в единое целое посредством круговорота веществ и энергии, благодаря которому осуществляется обмен веществ между оболочками.

Существуют различные круговороты: воздушные круговороты в атмосфере, земной коре, круговороты воды и др.

В строении и развитии географической оболочки есть закономерности – это целостность, ритмичность и зональность.

Целостность географической оболочки – это взаимосвязь и взаимозависимость ее компонентов. Она обуслав-

ливается непрерывным круговоротом и обменом веществ и энергии. Доказательством целостности служит то, что если изменить хоть один компонент, это приведет к изменению других компонентов.

Ритмичность – повторяемость одних и тех же явлений во времени. Вращение Земли вокруг своей оси вызывают суточные ритмы. Живые организмы имеют период отдыха и период бодрствования. Вращение Земли вокруг Солнца вызывает сезонные ритмы природных процессов, которые проявляются в годовом ходе температуры, в смене ветров, осадков и т. д.

Зональность – закономерное изменение всех компонентов природы от экватора к полюсам.

В настоящее время большое влияние на географическую оболочку оказывает человек.

Лекция 8

**БИОЛОГИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ ОРГАНИЗАЦИИ
МАТЕРИИ**

План:

1. Особенности биологического уровня организации материи.

2. Иерархическая организация живого.

3. Клетка – единица живого.

4. Химический состав живого.

5. Симметрия и асимметрия живого. Хиральность молекул живого.

6. Жизнь как высшая из природных форм движения материи.

7. Концепции возникновения жизни.

8. Исторические этапы развития жизни.

9. Пути происхождения жизни согласно белково-коацерватной теории.

10. Биохимическая эволюция.

11. Многообразие живых организмов – основа организации и устойчивости биосферы.

1. Особенности биологического уровня организации материи

Особенности биологического уровня организации материи связаны с принципиальным отличием живого от неживого.

В. И. Вернадский в работе «Биосфера и ноосфера» определил живое вещество как совокупность всех организмов Земли, находящихся на ней в данный момент времени.

Живое вещество существует только в биосфере, т. е. в

поверхностной части Земли, доступной для солнечного излучения. Собственно биосфера состоит из косных тел (тел неживой природы) и биосферных тел (почвы, поверхностной пленки водоемов, болота), в которых живое и неживое фактически неразделимы. Между живым и неживым (косным) веществом Вернадский насчитал около 20 принципиальных различий, которые привели его к выводу о невозможности происхождения живого из неживого, а следовательно, к выводу о вечном параллельном существовании неживой и живой материи.

Основные 10 принципиальных различий между живым и неживым, по В. И. Вернадскому:

1. Живое существует только в биосфере, неживое существует везде.

2. Живое может произойти только от живого и всегда в конечном счете превращается в неживое (после смерти). Неживое происходит и из неживого, и из живого.

3. Живые тела морфологически и генетически представляют собой единое целое. Косные тела чрезвычайно разнообразны и никакой генетической и морфологической связью не обладают.

4. Произвольное саморегулируемое движение является признаком живого тела. Косные тела целенаправленно не передвигаются.

5. Через живые организмы проходит живое и неживое вещество и синтезируется огромное количество молекул, отсутствующих в биосфере. В косных телах синтеза других химических соединений не происходит.

6. Число живых тел определяется размерами биосферы. Число косных тел не зависит от размеров планеты.

7. Живые организмы с течением времени изменяются (прогрессируют), косные тела остаются неизменными.

8. Минимальный размер живого организма определяется дыханием, он порядка 10^{-6} см. Максимальный размер

никогда не превышает 10^4 см. Поэтому диапазон размеров живого организма небольшой – 10^{10} . Для косных тел диапазон составляет 10^{40} или больше (от размеров элементарных частиц до размеров биосферы в целом).

9. Химический состав живых организмов определяется их собственными свойствами. Химический состав косных тел определяется свойствами окружающей их среды.

10. Количество химических соединений в живых телах достигает миллионов, а в косных телах ограничено несколькими тысячами.

Исходя из перечисленных различий, Вернадский выводит принцип, который он назвал принципом Гюйгенса, по фамилии голландского ученого, впервые сформулировавшего в XVII в. обобщение о том, что «жизнь есть космическое явление, в чем-то резко отличное от косной материи». В конце своей жизни Вернадский даже пришел к идее божественного происхождения мира, поскольку эволюционизм как происхождение более сложного из более простого не имел научного подтверждения.

2. Иерархическая организация живого

Жизнь характеризуется диалектическим единством противоположностей: она одновременно целостна и дискретна.

Органический мир представляет собой единое целое, так как составляет систему взаимосвязанных частей (существование одних организмов зависит от других), и в то же время дискретен, поскольку состоит из отдельных единиц – организмов, или особей. Каждый живой организм, в свою очередь, также дискретен, так как состоит из отдельных органов, тканей, клеток, но вместе с тем каждый из органов, обладая определенной автономностью, действует как часть целого. Каждая клетка состоит из органоидов, но функционирует как единое целое. Наследственная информация осуществляется генами, но ни один из генов вне всей

совокупности не определяет развитие признака и т. д.

С дискретностью жизни связаны различные уровни организации органического мира, которые можно определить как дискретные состояния биологических систем, характеризующихся соподчиненностью, взаимосвязанностью и специфическими закономерностями. При этом каждый новый уровень обладает особыми свойствами и закономерностями прежнего, низшего уровня, поскольку любой организм, с одной стороны, состоит из подчиненных ему элементов, а с другой – сам является элементом, входящим в состав какой-то макробиологической системы.

На всех уровнях жизни проявляются такие ее атрибуты, как дискретность и целостность, структурная организация, обмен веществом, энергией и информацией. Существование жизни на более высоких уровнях организации подготавливается и определяется структурой низшего уровня; в частности, характер клеточного уровня определяется молекулярным и субклеточным, организменный – клеточным, тканевым уровнями и т. д.

Структурные уровни организации жизни чрезвычайно многообразны, но при этом основными являются молекулярный, клеточный, онтогенетический, популяционно-видовой, биоценотический, биогеоценотический и биосферный.

Таким образом, живая природа – это целостная, но неоднородная система, которой свойственна иерархическая организация. *Иерархической называется такая система, в которой части (или элементы целого) расположены в порядке от высшего к низшему.*

Иерархические уровни:

1) *молекулярно-генетический уровень.* Элементарная единица представлена геном. Ген – это участок молекулы ДНК, а у некоторых вирусов – молекулы РНК, который ответственен за формирование какого-либо одного признака;

2) *субклеточный уровень*. Элементарная единица представлена какой-либо субклеточной структурой, т. е. оргanelлой, которая выполняет свойственные ей функции и вносит свой вклад в работу клетки в целом;

3) *клеточный уровень*. Элементарная единица – это клетка, которая является самостоятельно функционирующей элементарной биологической системой. Только на этом уровне возможны реализация генетической информации и процессы биосинтеза;

4) *тканевый уровень*. Совокупность клеток с одинаковым типом организации составляет ткань;

5) *органный уровень*. Образован совместно с функционирующими клетками, относящимися к разным тканям;

6) *организменный (онтогенетический) уровень*. Элементарная единица – это особь в ее развитии от момента рождения до прекращения ее существования в качестве живой системы.

7) *популяционно-видовой уровень*. Элементарная единица – это популяция, т. е. совокупность особей (организмов) одного вида, населяющих одну территорию и свободно скрещивающихся между собой. Популяция обладает генофондом, т. е. совокупностью генотипов всех особей. Воздействие на генофонд элементарных эволюционных факторов приводит к эволюционно значимым изменениям;

8) *биоценотический (экосистемный) уровень*. Элементарная единица – биоценоз, т. е. исторически сложившееся устойчивое сообщество популяций разных видов, связанных между собой и с окружающей неживой природой обменом веществ, энергии и информации (круговоротами);

9) *биосферный (глобальный) уровень*. Элементарная единица – биосфера, т. е. единый планетарный комплекс биогеоценозов, различных по видовому составу и характеристике абиотической (неживой) части;

10) *ноосферный уровень*. Это составная часть биосферы, которая изменена благодаря деятельности человека.

3. Клетка – единица живого

Элементарная живая система, являющаяся основой строения и жизнедеятельности всех живых организмов, – это клетка. Именно она является мельчайшей системой, обладающей всей совокупностью свойств живого, в том числе и свойством передавать наследственную информацию. Живая клетка является фундаментальной частицей структуры живого вещества. Клеточная теория была создана немецкими учеными Т. Шванном и М. Шлейденем. Жизненный цикл любой клетки завершается или делением и продолжением жизни в обновленном виде, или гибелью. Срок жизни клеток может не превышать нескольких дней, а может совпадать со сроком жизни организма. Клетка – основная структурная и функциональная единица организма. Размеры клеток обычно порядка нескольких микрометров, 1 мкм – 0,001 мм; самые мелкие – от 0,5 до 1,2 мкм, что делает их недоступными для изучения невооруженным глазом. Открытие и исследование клетки тесно связано с изобретением и усовершенствованием микроскопа. Современные методы исследования позволяют учитывать взаимосвязь структуры и функции, т. е. изучать клетки в единстве с физиологией.

Вне клетки жизни нет.

Новые клетки возникают только путем деления ранее существовавших клеток.

4. Химический состав живого

Все живые системы содержат в различных соотношениях химические элементы, как органические, так и неорганические.

По количественному содержанию в клетке все химиче-

ские элементы делят на 3 группы: макро-, микро- и ультрамикроэлементы.

Макроэлементы составляют до 98% массы клетки, из которых до 88% приходится на 4 элемента: кислород, азот, водород и углерод.

Микроэлементы – преимущественно ионы металлов (кобальта, меди, цинка и др.) и галогенов (йода, брома и др.). Они содержатся в количествах от 0,001% до 0,000001%.

Ультрамикроэлементы. Их концентрация ниже 0,000001%. К ним относят золото, ртуть, селен и другие.

Химическое соединение – это вещество, в котором атомы одного или нескольких химических элементов соединены друг с другом посредством химических связей. Химические соединения бывают неорганическими и органическими. К неорганическим относят воду и минеральные соли. Органические соединения – это соединения углерода с другими элементами.

Основными органическими соединениями клетки являются белки, жиры, углеводы и нуклеиновые кислоты.

Белки – это полимеры, мономерами которых являются аминокислоты. В основном они состоят из углерода, водорода, кислорода и азота.

Функции белков: защитная, структурная, двигательная, запасная, транспортная, рецепторная, регуляторная, энергетическая.

Белки-гормоны участвуют в гуморальной регуляции, белки-ферменты катализируют все химические реакции в организме.

Углеводы – это мономеры и полимеры, в состав которых входят углерод, водород и кислород в соотношении 1:2:1.

Функции углеводов: энергетическая, структурная, запасная.

Жиры (липиды) могут быть простыми и сложными. Молекулы простых липидов состоят из трехатомного спир-

та глицерина и трех остатков жирных кислот. Сложные липиды являются соединениями простых липидов с белками и углеводами.

Функции липидов: энергетическая, структурная, запасающая, защитная, регуляторная, теплоизолирующая.

Молекула АТФ (аденозинтрифосфорной кислоты) образуется в митохондриях, является основным источником энергии.

Нуклеиновые кислоты – это сложные органические соединения, представляющие собой фосфорсодержащие биополимеры (полинуклеотиды).

Существует два типа нуклеиновых кислот – дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) и рибонуклеиновая кислота (РНК). Свое название нуклеиновые кислоты (от лат. *nucleus* – ядро) получили из-за того, что впервые были выделены из ядер лейкоцитов еще во второй половине XIX в. швейцарским биохимиком Ф. Мишером. Позже было обнаружено, что нуклеиновые кислоты могут находиться не только в ядре, но и в цитоплазме, и ее органоидах. Молекулы ДНК вместе с белками-гистонами образуют вещество хромосом.

Атом углерода – главный элемент живого. Его уникальные особенности:

- способность атомов связываться друг с другом с образованием разнообразных структур, являющихся несущей основой органических молекул;

- способность связываться с другими атомами близких радиусов (кислородом, азотом, серой) с образованием менее прочных связей (возникновение функциональных групп), которые обуславливают химическую активность органических соединений.

Вода.

Вообщем ее роль для живой природы следующая: высокая полярность воды и, как следствие, химическая ак-

тивность и высокая растворяющая способность; высокая теплоемкость воды, высокие теплоты испарения и плавления – основа для поддержания температурного гомеостаза живых организмов и регулирования тепла планеты; аномальная плотность в твердом состоянии – причина существования жизни в замерзающих водоемах; высокое поверхностное натяжение – жизнь на поверхности гидросферы, передвижение растворов по сосудам растений.

5. Симметрия и асимметрия живого. Хиральность молекул живого

Как белки, так и нуклеиновые кислоты обладают одним очень важным свойством – молекулярной дисимметрией (асимметрией), или молекулярной хиральностью. Это свойство жизни было открыто в 40–50-е гг. XIX в. Л. Пастером в ходе исследования строения кристаллов веществ биологического происхождения – солей виноградной кислоты. В своих опытах Пастер обнаружил, что не только кристаллы, но и их водные растворы способны отклонять поляризованный луч света, т. е. являются оптически активными. Позже они получили название оптических изомеров. У растворов веществ небиологического происхождения данное свойство отсутствует, строение их молекул симметрично.

Сегодня идеи Пастера подтверждены, и считается доказанным, что молекулярная хиральность (от греч. *cheir* – рука) присуща только живой материи и является ее неотъемлемым свойством. Вещество неживого происхождения симметрично в том смысле, что молекул, поляризующих свет влево и вправо, в нем всегда поровну. А в веществе биологического происхождения всегда присутствует отклонение от этого баланса. Белки построены из аминокислот, поляризующих свет только влево (L-конфигурация). Нуклеиновые кислоты состоят из сахаров, поляризующих свет только вправо (D-конфигурация). Таким образом, хи-

ральность заключается в асимметрии молекул, их несовместимости со своим зеркальным отражением, как у правой и левой руки, что и дало современное название этому свойству. Интересно отметить, что если бы человек вдруг превратился в свое зеркальное отражение, то с его организмом все было бы нормально до тех пор, пока он не стал бы есть пищу растительного или животного происхождения, которую он просто не смог бы переварить.

6. Жизнь как высшая из природных форм движения материи

Обмен веществ и энергии, гомеостаз. Все живые организмы способны к обмену веществ с окружающей средой: они поглощают из нее необходимые вещества и выделяют продукты своей жизнедеятельности. Обмен веществ – двусторонний процесс: во-первых, в результате ряда сложных химических превращений вещества окружающей среды уподобляются органическим веществам живого организма, и из них строится его тело; во-вторых, сложные органические соединения распадаются на простые, при этом утрачивается их сходство с веществами организма и выделяется энергия, необходимая для реакций биосинтеза. Обмен веществ обеспечивает постоянство химического состава и строения всех частей организма и, как следствие, постоянство их функционирования в непрерывно меняющихся условиях окружающей среды, *т. е. гомеостаз*. В неживой природе также существует обмен веществ, но в отличие от обмена веществ, присущего живым организмам, круговорот веществ сводится к их простому переносу с одного места на другое или изменению их агрегатного состояния.

Самовоспроизведение (репродукция) и наследственность. При размножении живых организмов потомство обычно похоже на родителей, что дает основания утверждать, что размножение – это свойство организмов воспро-

изводить себе подобных. В основе самовоспроизведения лежит образование новых молекул и структур на основе информации, заложенной в ДНК. Благодаря репродукции не только целые организмы, но и клетки, а также органоиды клеток после деления сходны со своими прототипами.

Следовательно, самовоспроизведение тесно связано с наследственностью – способностью организмов к передаче свойств, признаков, особенностей развития из поколения в поколение, что обуславливает преемственность поколений.

Изменчивость и развитие. Изменчивость создает разнообразный материал для естественного отбора и, соответственно, предпосылки для развития и роста живых организмов. Под изменчивостью в естествознании понимают способность организмов приобретать новые признаки и свойства на основе изменения молекул ДНК.

Развитие – это необратимое, направленное, закономерное изменение объектов живой природы.

В результате развития возникает новое качественное состояние живой системы. Развитие жизни как формы существования материи представлено индивидуальным развитием организмов (онтогенез) и историческим развитием видов (филогенез). В процессе развития постепенно и последовательно формируется специфическая структурная организация живого организма, а также происходит увеличение его массы, обусловленное репродукцией макромолекул, элементарных структур клеток и самих клеток.

Раздражимость. Любой живой организм неразрывно связан с окружающей средой: он извлекает из нее необходимые вещества, подвергается воздействию неблагоприятных факторов среды, вступает во взаимодействие с другими организмами и т. д.

В процессе эволюции у живых организмов выработалось и закрепилось свойство раздражимости – избира-

тельной реакции на внешние воздействия.

Всякое изменение условий среды, окружающих организм, представляет собой по отношению к нему раздражение, а реакция организма на внешние раздражители служит показателем его чувствительности и проявлением раздражимости.

Ритмичность. Неотъемлемым свойством природы является последовательная, закономерная смена циклов. Периодические изменения в окружающей среде оказывают существенное влияние на живую природу и на собственные жизненные ритмы живых организмов.

В живых системах ритмичность проявляется в периодических изменениях интенсивности физиологических функций с различными периодами их активизации (от нескольких секунд до столетия).

Примерами ритмичности являются суточные ритмы сна и бодрствования у человека, сезонные ритмы активности и спячки у некоторых млекопитающих и др. Ритмичность обеспечивает согласование функций организма с окружающей средой, т. е. приспособление к периодически изменяющимся условиям существования.

Саморегуляция. Несмотря на постоянные изменения условий внешней среды, живые организмы сохраняют постоянство своего состава и строения.

Саморегуляция – способность живых организмов поддерживать постоянство своего химического состава и интенсивность физиологических процессов в постоянно меняющихся условиях окружающей среды.

При этом недостаток поступления каких-либо питательных веществ мобилизует внутренние ресурсы организма, а их избыток приводит к прекращению синтеза. Например, уменьшение количества клеток в ткани (в результате травмы) вызывает усиленное размножение оставшихся клеток, а после восстановления количества клеток до нормального

возникает сигнал о прекращении интенсивности клеточного деления.

Дискретность. Как уже было отмечено, жизнь на Земле существует в виде дискретных форм, т. е. как биосфера в целом, так и каждый отдельный организм состоят из обособленных или ограниченных в пространстве, но тем не менее тесно связанных и взаимодействующих между собой частей, образующих структурно-функциональное единство. Дискретность строения организма – основа его структурной упорядоченности. Она создает возможность постоянного самообновления его путем замены отживших структурных элементов без прекращения выполняемой им функции. Дискретность вида предопределяет возможность его эволюции через гибель или устранение от размножения неприспособленных особей и сохранение особей с полезными для выживания признаками.

Таким образом, в обобщенном и упрощенном виде все отмеченное выше можно выразить в следующих выводах.

Все живые организмы питаются, дышат, растут, размножаются и распространяются в природе. Естественно, что данные признаки должны быть отражены в определении жизни. Исходя из этого можно предложить следующее определение жизни:

1. В современном естествознании понятием «жизнь» или «живое» обозначается высшая из природных форм движения материи, которая характеризуется самообновлением, саморегуляцией и самовоспроизведением разнородных открытых систем, основу которых составляют белки, нуклеиновые кислоты и фосфорорганические соединения.

2. Важнейшими признаками жизни являются противостояние энтропийным процессам, обмен веществ с окружающей средой, воспроизводство на основе генетического кода и молекулярная хиральность.

7. Концепции возникновения жизни

Концепция креационизма. Согласно креационизму возникновение жизни на Земле не могло осуществиться естественным, объективным, закономерным образом; жизнь является следствием божественного, творческого акта. Возникновение жизни относится к определенному событию в прошлом.

Концепция спонтанного зарождения жизни. Идея самозарождения получила широкое распространение в Средневековье и эпоху Возрождения, когда допускалась возможность самозарождения не только простых, но и довольно высокоорганизованных существ.

Концепция стационарного состояния. Сторонники теории вечного существования жизни считают, что на вечно существующей Земле некоторые виды вынуждены были вымереть или резко изменить численность в тех или иных местах планеты из-за изменения внешних условий.

Концепция панспермии. Теория панспермии (гипотеза о возможности переноса жизни во Вселенной с одного космического тела на другие) не предлагает никакого механизма для объяснения первичного возникновения жизни и переносит проблему в другое место Вселенной.

Концепция случайного однократного появления жизни. Получила в настоящее время наиболее широкое признание. Она сформулирована советским ученым – академиком А. И. Опариным и английским ученым Дж. Холдейном. Эта гипотеза исходит из предположения о постепенном возникновении жизни на Земле из неорганических веществ путем длительной абиогенной (небиологической) молекулярной эволюции. Теория А. И. Опарина представляет собой обобщение убедительных доказательств возникновения жизни на Земле в результате закономерного процесса перехода химической формы движения материи в биологическую.

8. Пути происхождения жизни согласно белково-коацерватной теории

Согласно белково-коацерватной теории выделяют следующие этапы возникновения жизни на Земле:

- 1) возникновение органических веществ;
- 2) возникновение белков;
- 3) возникновение белковых тел.

Астрономические исследования показывают, что как звезды, так и планетные системы возникли из газопылевого вещества. В некоторых случаях эта газопылевая материя объединяется в плотные сгустки, которые можно видеть невооруженным глазом. Химические исследования находящегося в Галактике газопылевого вещества показали, что в нем, наряду с металлами и их окислами, обнаружены водород, аммиак, вода и простейший углеводород – метан.

Второй этап – возникновение белков. Условия для начала процесса формирования белковых структур создались с момента создания первичного океана. Прежде всего в водной среде производные углеводов могли подвергаться сложным химическим изменениям и превращениям. В результате такого усложнения молекул могли образоваться более сложные органические вещества, а именно углеводы. Известно, что белковая молекула состоит из отдельных звеньев – аминокислот, которые соединены между собой при помощи полипептидных связей. Показано, что в результате применения ультрафиолетовых лучей можно искусственно синтезировать не только аминокислоты, но и другие биохимические вещества.

9. Исторические этапы развития жизни

История развития жизни на Земле подразделяется на эры и периоды (системы), составляющие 3,5 млрд. лет. Так, в Южной Африке найдены остатки, принадлежавшие уже оформившимся организмам, жившим 3,1 млрд. лет назад.

Это бактериоподобные образования. В более поздних отложениях (с возрастом в 2,7 млрд. лет) в Южной Родезии (на территории современного государства Зимбабве) найдены водорослевые известняки, биогенное происхождение которых не вызывает сомнений. В отложениях с возрастом 1,9 млрд. лет в районе озера Онтарио (Канада) найдены хорошо сохранившиеся остатки растений, напоминающих сине-зеленые водоросли. С этого времени, относящегося к началу протерозойской эры (периоду саян), начинается бурное развитие жизни. Но это все еще было время господства одноклеточных водорослей и бактерий.

В период енисей (1500–1200 млн. лет назад) начали встречаться первые многоклеточные водоросли, вслед за которыми в синийский период (1200–570 млн. лет назад) появились первые многоклеточные животные: медузы, губки, черви. Один миллиард лет назад жизнь на Земле была уже достаточно разнообразной.

В течение протерозоя (1900–570 млн. лет назад) за счет фотосинтеза растений состав атмосферы Земли резко изменился: существенно увеличилось количество свободного кислорода и уменьшилась масса углекислоты, перешедшей в огромные отложения углекислого кальция (толщиной в несколько сотен метров), образовавшиеся при участии водорослей. Поскольку свободный кислород оказался сильнейшим ядом для неприспособленных к нему организмов, многие их виды вымерли. От тех же видов, которые приспособились к жизни в кислородной атмосфере, произошли все современные аэробные организмы.

Указанный исторический факт ярко демонстрирует, что биосфера как целостная система всех живых организмов вместе со средой их обитания обуславливает характер и направление эволюции отдельных видов. Более того, раз возникнув, биосфера наложила абсолютный запрет на новые попытки самозарождения жизни из неживой материи. Не

менее показательно и то, что появление многоклеточных организмов тоже стало непреодолимым препятствием на пути дальнейшего развития одноклеточных в том же направлении. Эволюция жизни необратима и неповторима. С появлением живых организмов полную силу набрал естественный отбор как ведущий фактор эволюции. По приблизительным расчетам американского палеонтолога Д. Симпсона, за всю историю Земли существовало примерно 500 млн. видов организмов, а сейчас насчитывается (тоже примерно) 2 млн. Это значит, что к настоящему времени выжили лишь 0,4% всех когда-либо существовавших биологических видов.

Проследим дальнейший ход развития жизни. Палеозойская эра начинается с кембрия (570–480 млн. лет назад), получившего название по месту первой находки остатков жизни этого периода. Суша в это время оставалась безжизненной (за исключением прибрежных мест, где пробивались водоросли и растения, похожие на мхи). В море обильно произрастали сине-зеленые и красные водоросли, обитали животные: первые членистоногие (трилобиты, некоторые длиной до полуметра), иглокожие (морские звезды, голотурии), черви, медузы, гидроидные полипы.

В период ордовик (480–420 млн. лет назад, по названию одного из кельтских племен) мир жизни пополнился морскими ежами, головоногими моллюсками, мшанками. Особо следует выделить появление панцирных рыб – первых представителей позвоночных животных. В систему (период) силура (420–400 млн. лет назад, название тоже по имени одного кельтского племени) произошло важнейшее событие – массовый выход жизни на сушу. По суше распространились псилофиты – споровые растения, напоминающие плауны. Вслед за растениями на суше появились и животные, в частности огромные ракоскорпионы (до 3 м длиной). В девонской системе (400–320 млн. лет назад, название по имени графства Девоншир в Южной

Англии) распространились папоротники, хвощи, возникли предки всех современных форм рыб, несколько разнообразился животный мир суши (скорпионы, клещи, насекомые). К концу палеозоя, в периоды карбон и пермь уже существуют наземные позвоночные, питающиеся членистоногими.

Для самой возможности заселения жизнью суши необходимым условием явилось образование большого количества кислорода, превращавшегося в верхних слоях атмосферы в озон, слой которого защитил поверхность Земли от жесткого ультрафиолетового облучения. Только после этого жизнь могла выйти из воды на сушу.

С триаса (225–185 млн. лет назад) начинается мезозой, средняя эра. В этот период возникают настоящие костистые рыбы, происходит, как говорят, взрывное развитие пресмыкающихся. Это время динозавров, гаттерий, черепах, древних крокодилов, ихтиозавров и других рептилий. В юрский период (185–140 млн. лет назад) продолжалось развитие рептилий. Некоторые динозавры достигали огромных размеров: диплодок – 30 м в длину, стегозавр – более 6 м в высоту. Пресмыкающиеся освоили и море, и сушу, и воздух. Появились первые птицы, продолжалось развитие и распространение млекопитающих.

В конце мезозоя (период мел, 140–70 млн. лет назад) происходит резкое изменение живой природы. На суше вымирают все динозавры, летающие ящеры, многие водные пресмыкающиеся. Общепринятого и окончательного объяснения этого процесса нет. Допускается, что в данный период климат стал более континентальным и сухим. Растительный покров стал беднее, а он был основой существования растительноядных ящеров, вымирание которых обусловило вымирание и хищных динозавров. Продолжавшееся около 150 млн. лет господство этих гигантов сменилось выдвиганием на первый план жизненного состязания млекопитающих.

Произошла очередная крупная перестройка биосферы.

Эра новой жизни – кайнозой – приходится на последние 70 млн. лет. Облик поверхности Земли приблизился к современному. Образовалось Тихоокеанское кольцо вулканов. В морях появились китообразные, ластоногие, крупные двустворчатые моллюски. Суша покрылась лиственными лесами, появились злаки, разнообразнее стал мир млекопитающих. Крупнейшие из них (индрикотерии) достигали 5 м высоты в загривке. 70 млн. лет назад сформировались простейшие представители отряда приматов, в составе которого позже возникли высшие, человекообразные обезьяны (антропоиды). А 5 млн. лет назад появились австралопитеки – обезьянолюди, эволюция которых примерно 2–3 млн. лет назад привела к первым видам рода человеческого. Вид же современного человека (*Homo sapiens*, человек разумный), наделенного мышлением, языком (речью) и способностью создавать и систематически использовать искусственные орудия труда, имеет возраст в 40 тыс. лет (возможно, что раза в два больше).

Приведенная картина биологической эволюции в основном вполне достоверна, документирована палеонтологическими и археологическими находками.

10. Биохимическая эволюция

Среди астрономов, геологов и биологов принято считать, что возраст Земли составляет примерно 4,5–5 млрд. лет. По мнению многих биологов, в далеком прошлом состояние нашей планеты было мало похоже на нынешнее: по всей вероятности, температура ее поверхности была очень высокой (4000–8000°C), и по мере того, как Земля остывала, углерод и более тугоплавкие металлы конденсировались и образовали земную кору; поверхность планеты была, вероятно, голой и неровной, так как на ней в результате вулканической активности, непрерывных подвижек

коры и сжатия, вызванного охлаждением, происходило образование складок и разрывов.

Полагают, что в те времена атмосфера была совершенно не такая, как теперь. Легкие газы – водород, гелий, азот, кислород и аргон – уходили из атмосферы, так как гравитационное поле нашей еще недостаточно плотной планеты не могло их удерживать. Однако простые соединения, содержащие (среди прочих) эти элементы, должны были удерживаться; к ним относятся вода, аммиак, дву-окись углерода и метан. До тех пор пока температура Земли не упала ниже 100°C, вся вода, вероятно, находилась в парообразном состоянии. Атмосфера была, по-видимому, «восстановительной», о чем свидетельствует наличие в самых древних горных породах Земли металлов в восстановленной форме, таких как двухвалентное железо. Более молодые горные породы содержат металлы в окисленной форме, например трехвалентное железо. Отсутствие в атмосфере кислорода было, вероятно, необходимым условием для возникновения жизни; лабораторные опыты показывают, что, как это ни парадоксально, органические вещества (основа живых организмов) гораздо легче создаются в восстановительной среде, чем в атмосфере, богатой кислородом. В 1923 г. А. И. Опарин высказал мнение, что атмосфера первичной Земли была не такой, как сейчас, а примерно соответствовала сделанному выше описанию. Исходя из теоретических соображений, он полагал, что органические вещества, возможно углеводороды, могли создаваться в океане из более простых соединений; энергию для этих реакций синтеза, вероятно, доставляла интенсивная солнечная радиация (главным образом ультрафиолетовая), падавшая на Землю до того, как образовался слой озона, который стал задерживать большую ее часть. По мнению Опарина, разнообразие находившихся в океанах простых соединений, площадь поверхности Земли, доступность энергии и масштабы времени

позволяют предположить, что в океанах постепенно накопились органические вещества и образовался тот «первичный бульон», в котором могла возникнуть жизнь. Эта идея была не нова: в 1871 г. сходную мысль высказал Дарвин: «Часто говорят, что все необходимые для создания живого организма условия, которые могли когда-то существовать, имеются и в настоящее время. Но если (ох, какое это большое «если») представить себе, что в каком-то небольшом теплом пруду, содержащем всевозможные аммонийные и фосфорные соли, при наличии света, тепла, электричества и т. п. образовался бы химическим путем белок, готовый претерпеть еще более сложные превращения, то в наши дни такой материал непрерывно пожирался бы или поглощался, чего не могло случиться до того, как появились живые существа».

Позднее возникло предположение, что в первичной атмосфере в относительно высокой концентрации содержалась двуокись углерода. Недавние эксперименты, приведенные с использованием установки Миллера, в которую, поместили смесь CO_2 и H_2O и только следовые количества других газов, дали такие же результаты, какие получил Миллер. Теория Опарина завоевала широкое признание, но она оставляет нерешенными проблемы, связанные с переходом от сложных органических веществ к простым живым организмам. Именно в этом аспекте теория биохимической эволюции предлагает общую схему, приемлемую для большинства современных биологов. Однако они не пришли к единому мнению о деталях этого процесса.

Опарин полагал, что решающая роль в превращении неживого в живое принадлежала белкам. Благодаря амфотерности белковых молекул они способны к образованию коллоидных гидрофильных комплексов – притягивают к себе молекулы воды, создающие вокруг них оболочку. Эти комплексы могут обособляться от всей массы воды, в

которой они суспендированы, и образовывать своего рода эмульсию.

Слияние таких комплексов друг с другом приводит к отделению коллоидов от водной среды – процесс, называемый коацервацией (от лат. *coacervus* – сгусток или куча). Богатые коллоидами коацерваты, возможно, были способны обмениваться с окружающей средой веществами и избирательно накапливать различные соединения, в особенности кристаллоиды. Коллоидный состав данного коацервата, очевидно, зависел от состава среды. Разнообразие состава «бульона» в разных местах вело к различиям в химическом составе коацерватов и поставляло таким образом сырье для «биохимического естественного отбора».

Предполагается, что в самих коацерватах входящие в их состав вещества вступали в дальнейшие химические реакции. При этом происходило поглощение коацерватами ионов металлов и образование ферментов. На границе между коацерватами и внешней средой выстраивались молекулы липидов (сложные углеводороды), что приводило к образованию примитивной клеточной мембраны, обеспечивавшей коацерватам стабильность. В результате включения в коацерват предсуществующей молекулы, способной к самовоспроизведению, и внутренней перестройки покрытого липидной оболочкой коацервата могла возникнуть примитивная клетка. Увеличение размеров коацерватов и их фрагментация, возможно, вели к образованию идентичных коацерватов, которые могли поглощать больше компонентов среды, так что этот процесс мог продолжаться. Такая предположительная последовательность событий должна была привести к возникновению примитивного самовоспроизводящегося гетеротрофного организма, питавшегося органическими веществами первичного бульона.

11. Многообразие живых организмов – основа организации и устойчивости биосферы

Сегодня на земле существует множество видов организмов. Для систематизации известных биологии видов организмов создана классификация, основанная на принципе эволюции (усложнения живых организмов). Согласно этой классификации все живое делится на шесть царств: вирусы, бактерии, простейшие, растения, грибы и животные.

Царство бактерий включает одноклеточные бактерии и синезеленые водоросли. Их клетки лишены ядра, и поэтому эти организмы называются прокариотами (доядерными).

Царство протистов включает одноклеточные организмы, клетки которых содержат настоящие ядра.

Царство растений объединяет многоклеточные организмы, которые благодаря хлорофиллу способны использовать солнечное излучение для синтеза органических веществ.

Царство грибов включает многоклеточные организмы, поглощающие вещества, образующиеся в результате жизнедеятельности или после гибели других организмов.

Царство животных составляют многоклеточные организмы, передвигающиеся и заглатывающие пищу.

Царства включают типы, классы, отряды, семейства, роды, виды. Каждый живой организм имеет латинское название, первое слово которого обозначает принадлежность к роду, а второе – к виду.

Согласно биологической классификации современный человек (*Homo sapiens* – человек разумный) относится к типу хордовых, подтипу позвоночных, классу млекопитающих, подклассу живородящих, отряду приматов, семейству гоминид (подсемейству людей), роду человек (*Homo*), виду *Homo sapiens* (человек разумный), в отличие от вида *Homo erectus* (человек прямоходящий). Подвидами считаются неандерталец (возможно, это и есть сохранившийся в трудно-

доступных районах снежный человек) и кроманьонец, т. е. современный человек.

Два главных компонента биосферы – живые организмы и среда их обитания (включая нижние слои атмосферы, водную среду) – сосуществуют в постоянном взаимодействии, образуя целостную систему. Отдельные популяции живых организмов не являются изолированными от окружения. В ходе эволюции образуются биоценозы – сообщества животных, растений, микроорганизмов. В совокупности со средой обитания биоценозы образуют биогеоценозы. В них происходит непрерывный обмен веществом и энергией, которые реализуются множеством трофических цепочек и биогеохимических циклов. Биогеоценозы служат элементарными ячейками биосферы, которые, взаимодействуя между собой, устанавливают динамическое равновесие в ней. Живое вещество выполняет системообразующую роль в суперсистеме жизни – биосфере. Высокая степень согласованности всех видов жизни в биосфере есть результат совместно протекающей эволюции взаимодействующих биологических систем – *коэволюции*. *Коэволюционное развитие проявляется в тонкой взаимной приспособляемости видов, во взаимодополнении живых систем. В конечном итоге коэволюция приводит к увеличению разнообразия и сложности в природе.* В этом представлении состоит суть концепции коэволюции. **Согласно ей многообразие живых организмов – это основа организации и устойчивости биосферы.** Каждый биологический вид выполняет свою функцию в биосферном циркулировании вещества, энергии, в обмене информацией и осуществлении обратных связей. В связи с этим очевидна опасность уменьшения численности видов живых организмов и сокращения генофонда, которые непрерывно происходят под давлением человеческой цивилизации на природу.

Лекция 9

**ПРОБЛЕМЫ ГЕНЕТИКИ.
ПРИНЦИПЫ ЭВОЛЮЦИИ, ВОСПРОИЗВОДСТВА
И РАЗВИТИЕ ЖИВЫХ СИСТЕМ**

План:

1. Ламаркистская эволюционная гипотеза.
2. Эволюционная теория Ч. Дарвина.
3. Генетика и эволюция.
4. Синтетическая теория эволюции.
5. Человек: физиология, здоровье, эмоции, творчество, работоспособность.
6. Биоэтика.
7. Человек, биосфера и космические циклы.
8. Ноосфера, принципы универсального эволюционизма; путь к единой культуре.

1. Ламаркистская эволюционная гипотеза

Развитие биологии XVII–XVIII вв. подготовило ее к принятию идеи изменчивости органического мира. Наиболее развернутое ее выражение в первые годы XIX в. дал Ж. Б. Ламарк. Он допускал, что простейшие организмы постоянно самозарождаются из неживой природы и способны изменяться под действием среды, становясь все более сложными. У животных активное упражнение органов ведет к их совершенствованию, а ослабленное их употребление – к деградации. Приобретенные в ходе индивидуального развития свойства, по Ламарку, передаются потомству. Животных он наделял внутренним стремлением к определенным изменениям, целям. Поэтому концепцию Ламарка называют автогенетической и телеологической.

Ламарк был деистом, допуская и творение мира Богом, и развитие природы по ее собственным законам (тоже созданным творцом).

2. Эволюционная теория Ч. Дарвина

Основные положения теории Ч. Дарвина были опубликованы в 1859 г. в книге «Происхождение видов путем естественного отбора, или сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь». В 1871 г. Ч. Дарвин опубликовал труд «Происхождение человека и половой подбор». Здесь общая теория эволюции конкретизирована в процессе решения вопроса о естественном происхождении человека из животного мира.

Основные понятия теории Дарвина:

- изменчивость живых организмов;
- борьба за существование;
- естественный отбор.

3. Генетика и эволюция

Генетика – наука о наследственности, способах передачи признаков от родителей к детям, о механизмах индивидуальной изменчивости организмов и способах управления ею.

Исходные законы наследственности были открыты чешским ученым Грегором Менделем в 1865 г. и переоткрыты независимо от него Гуго де Фризом в Голландии, Карлом Корренсом в Германии и Эрихом Чермаком в Австрии. Они и есть основатели генетики.

Вторым крупнейшим этапом в истории генетики явилось обоснование Г. Морганом хромосомной теории наследственности, согласно которой основную роль в передаче наследственной информации играют хромосомы клеточного ядра.

Последующие исследования показали, что связь между поколениями осуществляется через клетку в целом, генети-

ческую информацию несут не только хромосомы ядра, но и компоненты цитоплазмы.

В генетике важнейшим является понятие «ген». Ген вначале представляли чисто формально, вроде счетной единицы. Потом установили, что ген – участок цепочки ДНК и он сам имеет сложную структуру. Ген – это «атом генетики». Структура макромолекул ДНК дает основу для практически бесконечного количества комбинаций, контролирующих включение аминокислот в белковую молекулу. Число возможных различных сочетаний четырех органических оснований по длине цепочки ДНК составляет гигантскую величину, которая превышает число атомов в Солнечной системе. На основе такого разнообразия действительно может возникнуть практически бесконечное число наследственных изменений, обеспечивающих эволюцию и разнообразие органического мира. Наследственность обеспечивает преемственность живого на Земле, а изменчивость – многообразие форм жизни. И то, и другое связано неразрывно.

Генетика различает основные формы изменчивости: **генотипическую**, передаваемую по наследству, и **фенотипическую**, не передаваемую по наследству. Наиболее ярко наследственная изменчивость проявляется в **мутациях** – перестройках наследственного основания, генотипа организма. Крупная мутация всегда выражается в форме более или менее резкого наследственного морфофизиологического отклонения единственной особи среди многих других, остающихся неизменными. Но в большинстве случаев мутации имеют вид небольших отклонений.

Мутации сами по себе не являются приспособительными изменениями, непосредственно направленными на выживание организмов в данных определенных условиях. Они возникают случайно, хотя и под воздействием внутренней и внешней среды, т. е. не беспричинно. Они зависят от

условий среды и могут быть получены специальным воздействием ионизирующей радиации, химических реагентов и т. п.

Генотип определяет стратегию поведения. Наследуется только генотип – тот комплекс генов, который определяет норму реакции организма. Норма реакции каждого вида характеризуется определенным интервалом изменений признаков, соответствующим большему или меньшему спектру колебаний в условиях среды. Мутации как изменения генотипов приводят к изменению самой нормы реакции, отличающей данный вид организмов от других. Изменения же фенотипов (модификационные, флуктуационные изменения) осуществляются в рамках типичной для данного вида нормы реакции.

Генетика вначале была использована для борьбы против дарвинизма. Устойчивость генов трактовалась как их неизменность. Мутационная изменчивость отождествлялась непосредственно с видообразованием и, как казалось, как будто отменяла естественный отбор в качестве главного фактора эволюции. Но уже к концу 20-х годов XX в. становилось все яснее, что генетика раскрывает конкретный механизм изменчивости, соотношение свойств организма и характера внешних воздействий в возникновении индивидуальных изменений.

Основатель мутационной теории Гуго де Фриз считал, что каждая мутация ведет к возникновению нового вида, и сводил эволюцию к простому накоплению мутаций. На самом деле мутации лишь поддерживают наследственную неоднородность популяций и других эволюционных групп. Но это необходимое, но еще не достаточное условие эволюционного процесса. Необходимы также необратимые изменения среды – как абиотические по своему происхождению (изменения климата, горообразование и т. п.), так и биогенные, порожденные самой жизнью, к которым присоеди-

нились антропогенные, обусловленные человеческой деятельностью.

Генетика на молекулярном уровне представляет прочный фундамент для современного дарвинизма. С помощью своих понятий она раскрыла механизм микроэволюции. Большое значение для понимания конкретного хода видообразования и действия естественного отбора имеют исследования в области, пограничной между эволюционным учением, экологией и генетикой, – генетики популяций (совокупности организмов данного вида, проживающих в одной местности и находящихся в постоянном контакте, обеспечивающем самовоспроизведение и трансформацию данной совокупности). Именно в генетике популяций обнаруживается необходимость связи **микроэволюции с макроэволюцией**. Одной микроэволюции, одной генетики недостаточно. Она не дает ответа на вопрос, что же определяет направление эволюционных преобразований. Это определяет внешняя среда, что и раскрывает непосредственно сама эволюционная теория.

Выясняя соотношение эволюционного учения и современной генетики, необходимо четко уяснить, что речь идет о двух различных уровнях организации живой природы: видового (на индивидуальном) и молекулярно-генетического (субиндивидуального). В сущности, эта проблема сводится к выяснению действия механизмов естественного отбора на видовом и молекулярно-генетическом уровнях.

В 70-е годы XX века создана техника выделения гена из ДНК, а также методика размножения нужного гена. В результате этого возникла генная инженерия. Внедрение в живой организм чужеродной генетической информации и приемы, заставляющие организм эту информацию реализовывать, составляют одно из самых перспективных направлений в развитии биотехнологии. Методами генетической инженерии удалось получить интерферон и инсулин.

Объектом биотехнологии выступает сегодня не только отдельный ген, но и клетка в целом.

Клеточная инженерия открывает широкие возможности практического использования биомассы культивируемых клеток и создания на их основе промышленных технологий, например, для быстрого клонального микроразмножения и оздоровления растений. Применение методов клеточной инженерии позволяет существенно интенсифицировать процесс создания новых форм организмов. Метод гибридизации соматических клеток – новый метод, дающий возможность получать межвидовые гибриды, т. е. преодолевать естественный барьер межвидовой нескрещиваемости, чего нельзя было достичь традиционными методами селекции. Для этого в искусственно созданных условиях выделяют и сливают протопласты – клетки, лишенные стенок обоих родительских растений, – и получают гибридные клетки, которые могут затем регенерировать целое гибридное растение с признаками обоих родителей. Это позволяет получать совершенно новые организмы, не существовавшие в природе. Но при этом возникает опасность, что искусственно созданные организмы могут вызвать непредсказуемые и необратимые последствия для всего живого на Земле, в том числе и для человека.

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

4. Синтетическая теория эволюции

Началом разработки СТЭ принято считать работы русского генетика С. С. Четверикова по популяционной генетике. Затем к этой работе подключились около 50 ученых из восьми стран. В их работах было показано, что отбору подвергаются не отдельные признаки или особи, а генотип всей популяции, однако осуществляется он через феноти-

пические признаки отдельных особей. Это приводит к распространению полезных изменений во всей популяции. Полезность изменчивости будет определяться естественным отбором группы особей, наиболее приспособленных к жизни в определенных условиях. Таким образом, элементарной единицей эволюции считается уже не особь (как считал Ламарк), не вид (по Дарвину), а совокупность особей одного вида, имеющих общее происхождение, генетическую основу, способных скрещиваться между собой, т. е. популяция. Мутировавший ген создает у особи новый признак, который в случае полезности для популяции закрепляется в ней. Эффективность процесса определяется частотой возникновения в популяции признака и состоянием особей в популяции.

Существенный вклад в становление СТЭ внес российский ученый Н. В. Тимофеев-Ресовский, который сформулировал положение об элементарных явлениях и факторах эволюции. По его мнению:

- элементарная эволюционная структура – популяция;
- элементарное эволюционное явление – изменение генотипического состава популяции;
- элементарный наследственный материал – генофонд популяции;
- элементарные эволюционные факторы – мутационный процесс, «волны жизни», изоляция и естественный отбор.

Поскольку мутации возникают случайно, их результат становится неопределенным. Однако случайное изменение становится необходимым, когда оно оказывается полезным для организма, помогает ему выжить в борьбе за существование. Закрепляясь и повторяясь в ряде поколений, случайные изменения вызывают перестройку в структуре живых организмов и их популяций и таким образом приводят к возникновению новых видов.

Популяции, насыщенные мутациями, обладают широкими возможностями для совершенствования существующих и выработки новых приспособлений при изменении среды. Однако сам мутационный процесс без участия других факторов эволюции не может направлять изменение природной популяции. Он является лишь поставщиком элементарного эволюционного материала.

Популяционные волны – колебания численности особей популяции. Причины этих колебаний могут быть различными. Например, резкое сокращение численности популяции может произойти вследствие истощения кормовых ресурсов. Среди оставшихся в живых немногочисленных особей могут быть редкие генотипы. Если в дальнейшем численность восстановится за счет этих особей, то это приведет к случайному изменению частот генов в генофонде данной популяции. Таким образом, популяционные волны являются поставщиком эволюционного материала.

В качестве одного из основных факторов эволюции СТЭ признает обособленность (изоляцию) группы организмов. На эту особенность указывал еще Дарвин, который считал, что для образования нового вида определенная группа старого вида должна обособиться, но он не мог объяснить необходимость этого требования с точки зрения наследственности. В настоящее время установлено, что обособление и изоляция определенной группы организмов необходимы для того, чтобы она не могла скрещиваться с другими видами и тем самым передавать им и получать от них генетическую информацию.

Направляющим фактором СТЭ остается естественный отбор. В настоящее время представления о естественном отборе дополнились новыми фактами, значительно расширились и углубились. Естественный отбор следует понимать как избирательное выживание и возможность оставления потомства отдельными особями. Биологическое значение

особи, давшей потомство, определяется ее вкладом в генофонд популяции. Отбор действует в популяции, его объектами являются фенотипы отдельных особей. Фенотип организма формируется на основе реализации информации генотипа в определенных условиях среды. Таким образом, отбор из поколения в поколение по фенотипам ведет к отбору генотипов, так как потомкам передаются не признаки, а генные комплексы.

В СТЭ различают три основные формы естественного отбора: стабилизирующий, движущий и дизруптивный.

1. *Стабилизирующий отбор* – это естественный отбор, направленный на сохранение мутаций, ведущих к меньшей изменчивости средней величины признака. Способствует сохранению признаков вида в относительно постоянных условиях среды. Примером действия этой формы отбора в популяциях людей служит большая выживаемость детей со средней массой.

2. *Движущий отбор* благоприятствует изменению среднего значения признака в измененных условиях среды. Он обуславливает постоянные преобразования приспособлений видов соответственно изменениям условий существования. Особи популяции имеют некоторые отличия по генотипу и фенотипу. При длительном изменении внешней среды, преимущественно в жизнедеятельности и размножении, может получиться часть особей вида с некоторыми отклонениями от средней нормы. Это приведет к изменению генетической структуры, возникновению эволюционно новых приспособлений и перестройке организации вида. Одним из примеров этой формы отбора является потемнение светлой окраски бабочки березовой пяденицы в развитых индустриальных районах Англии, где кора деревьев становится темной из-за исчезновения лишайников.

3. *Дизруптивный отбор* действует в разнообразных условиях среды, встречающихся на одной территории, и

поддерживает несколько фенотипически различных форм за счет особей со средней нормой. Если условия среды настолько изменились, что основная масса вида утрачивает приспособленность, то преимущество приобретают особи с крайними отклонениями от средней нормы. Такие формы быстро размножаются, и на основе одной группы формируется несколько новых. Основным результатом этого отбора – наличие нескольких, различающихся по какому-либо признаку групп, как бы размывающих популяцию.

Перечисленные типы отбора очень редко встречаются в чистом виде. Как правило, в живой природе наблюдаются сложные, комплексные типы отбора, и необходимы особые усилия, чтобы выделить из них более простые.

Важной частью синтетической теории эволюции являются концепции микро- и макроэволюции.

Под микроэволюцией понимают совокупность эволюционных процессов, протекающих в популяциях и видах, приводящих к изменениям генофондов этих популяций и образованию новых видов. Считается, что микроэволюция проходит на основе мутационной изменчивости под контролем естественного отбора. Мутации служат единственным источником появления качественно новых признаков, а отбор – единственный творческий фактор микроэволюции, направляющий элементарные эволюционные изменения по пути формирования адаптации организмов к изменяющимся условиям внешней среды под контролем естественного отбора. Характер процессов микроэволюции оказывает влияние на колебания численности популяций («волны жизни»), обмен генетической информацией между ними, их изоляцию и дрейф генов. Микроэволюция ведет либо к изменению всего генофонда биологического вида как целого, либо к их обособлению от родительского вида в качестве новых форм.

Макроэволюция – эволюционные преобразования, ве-

дущие к формированию таксонов более высокого ранга, чем вид (родов, отрядов, классов). Считается, что макроэволюция не имеет специфических механизмов и осуществляется только посредством процессов микроэволюции, будучи их интегрированным выражением. Макроэволюция представляет собой обобщенную картину эволюционных изменений. Поэтому на уровне макроэволюции обнаруживаются общие тенденции, направления и закономерности эволюции живой природы, которые не поддаются наблюдению на уровне микроэволюции.

Итак, основные положения СТЭ можно свести к четырем утверждениям:

1) главным фактором эволюции считается естественный отбор, интегрирующий и регулирующий действие всех остальных факторов (мутагенеза, гибридизации, миграции, изоляции и др.);

2) эволюция протекает постепенно, посредством отбора, случайных мутаций, а новые формы образуются через наследственные изменения;

3) эволюционные изменения случайны и не направлены, исходным материалом для них являются мутации. Исходные организации популяции и изменения внешних условий ограничивают и направляют наследственные изменения;

4) макроэволюция, ведущая к образованию надвидовых групп, осуществляется только посредством процессов микроэволюции. Каких-либо специфических механизмов возникновения новых форм жизни не существует.

Синтетическая теория эволюции не является застывшей и завершенной концепцией. У нее есть ряд трудностей, на которых основываются недарвиновские концепции эволюции.

По мнению ряда ученых, приспособленность организмов, естественный отбор и мутации действуют в живой

природе, но они не работают в тех масштабах, которые необходимы для образования новых форм.

5. Человек: физиология, здоровье, эмоции, творчество, работоспособность

По современной биологической, конкретнее зоологической, классификации человек – представитель типа хордовых, подтипа позвоночных, класса млекопитающих, подкласса плацентарных, отряда приматов, семейства людей, рода человека, вида разумного. В этом ряду человека выделяют следующие отличительные свойства:

- способность производить орудия труда для сознательного воздействия на окружающий мир;
- прямохождение и положение внутренних органов, соответствующее вертикальному положению тела;
- высокая степень развития руки, позволяющая изготавливать орудия труда;
- членораздельная речь;
- высокая степень развития головного мозга и его емкости – черепа;
- кожа, большая часть которой лишена волосяного покрова.

Физиология человека. Физиология человека – наука о процессах жизнедеятельности и механизмах их регуляции на клеточном, тканевом, органном и организменном уровнях. Начало физиологии как науки было положено трудами английского врача У. Гарвея (1578–1657), создавшего учение о кровообращении. Первые работы по физиологии в России были предприняты в XVIII в. М. В. Ломоносовым, изучавшим особенности цветного зрения и давшим классификацию вкусовых ощущений. Неоценимый вклад в развитие физиологии внесли русские ученые И. М. Сеченов, И. П. Павлов, Н. Е. Введенский, В. М. Бехтерев, А. А. Ухтомский и др. Одним из основных методов физиологии является экспери-

мент, благодаря использованию которого она развивается параллельно развитию физики, химии и биологии.

Сегодня науку физиологию подразделяют на общую физиологию (изучает природу процессов, единых для организмов различных видов, а также общие закономерности реакции организма на воздействие внешней среды) и частную физиологию, которая изучает физиологию отдельных органов (печени, почек, сердца) или систем (нервной, кровеносной, пищеварительной и т. д.). Специальными физиологическими дисциплинами являются патологическая физиология (изучает органы и процессы, отклоняющиеся от нормы) и прикладная физиология (рассматривает особенности жизнедеятельности человека в специфических условиях, например в космосе, под водой, высоко в горах).

Эмоции, творчество, работоспособность. В различных отношениях сознание человека выступает как его ум, честь и совесть, как его рассудок, разум и как самосознание и душа, как индивидуальное проявление времени – общественное сознание на конкретном этапе исторического развития. И все это является особыми формами отражения и выражения природы, общества и внутреннего мира каждого отдельного человека. Субъективный мир человека, представляющий для него самого его собственное Я, являющийся его внутренним миром, можно назвать информационной (инстинктивно-эмоциональной, духовно-чувственно-интеллектуальной) надстройкой над индивидуальным телесным материальным общественным бытием человека. Это определение вполне соответствует тому, что сознание человека и по способу существования, и по содержанию есть отражение материи в той мере, в какой она проявилась в его собственном бытии.

Эмоции. В эмоциональной сфере сознания различают элементарные эмоции (голод, жажда, усталость), чувства (любовь, ненависть, горе, радость), факты (ярость, ужас,

отчаяние), страсти и эмоциональное самочувствие, настроение (веселое, подавленное), особые состояния эмоциональной напряженности – стрессы.

В чувствах человека объекты отражаются в форме переживания и оценочного отношения к ним. Отражение объекта и отношение к нему связаны, но не совпадают полностью. Отражение может быть одинаковым, а отношение – разным. В чувствах человека наряду с объективными свойствами оценивается значимость вещей для самого его и для других людей. В разных культурах одни и те же объекты могут иметь различающиеся значения, могут выступать символами совершенно различных отношений.

Чувства и сознание взаимосвязаны. Нарушение сознания начинается с расстройства сначала эмоциональной сферы, затем нарушается мышление, за ним самосознание. Если человек не осознает опасности, он не испытывает и страха. Если кто-либо не сознает нанесенного оскорбления, он не переживает и гнева. Если нет совести, то нет и осознания своей вины и раскаяния.

С участием мышления и чувств осуществляется вся деятельность людей. Источником активности является потребность – предметно определенная зависимость человека от внешнего мира. Потребности переживаются в виде желаний и влечений. Влечение – психофизический феномен. Человек зависит от того предмета, к которому его влечет. Когда этот предмет находится, то влечение приобретает характер желания. Желание есть влечение с сознанием его в той мере, в какой потребности осознаются человеком; они становятся его интересом и непосредственным стимулом определенной деятельности.

Можно выстроить и несколько другой ряд понятий. Чтобы понять смысл какой-либо человеческой деятельности, надо уяснить ее мотивы – осознанные основания, цели, намерения определенного поведения. За одними и теми же

действиями могут скрываться разные мотивы.

Мотив – это уже моральный фактор, превращающий действие в поступок. Но не всякое поведение человека разумно мотивированно. Намерение требует для своего осуществления воли, неуклонного действия в избранном направлении.

Развитое сознание неразрывно связано с самосознанием, которое является особым аспектом сознания, усиливающим противопоставление не только знания предмету знания, но и субъекта объекту. В самосознании ярче проявляется та особенность сознания, что оно присуще только общественно развитому человеку. У больного шизофренией сознание может нарушиться настолько, что он перестает адекватно воспринимать не только другие предметы, но и самого себя, принимая себя за других людей. Самосознание – не только самопознание, но и самооценка, выражение определенного отношения к самому себе, своим способностям и поведению. Оно предполагает самоанализ и самоконтроль своего состояния и поведения. На уровне самосознания человеческое Я предстает не как исходная первичная данность, а как результат осмысления имеющейся информации о себе – своих ощущениях, мыслях, самочувствии и особенно об отношении к себе со стороны других людей. Самосознание опосредовано осознанием других людей, и наоборот.

Самооценка включает оценку своей внешности. Поэтому одним из источников самооценки служит видение своего отражения (в воде, зеркале и т. п.). При этом происходит как бы физическое отстранение, абстрагирование от самого себя и зрительное восприятие, наблюдение своего внешнего облика. Животные же не узнают себя в зеркале. И это означает, что они не выделяют себя из окружения, не осознают себя. Показательно, что образование представления о себе невозможно без способности к речи. Психологи уста-

новили, что уже на уровне сенсорного развития речь способствует возникновению самосознания, помогает детям различать и осознавать отдельные части своего тела. Это связано с тем, что «слово объективирует мысль, ставит ее перед нами, служит тем делом, без которого невозможно самосознание». Человек понимает себя, подбирая для выражения этого только такие слова, которые становятся понятными другим людям. Особую роль в формировании самосознания сыграло развитие письменности.

Близко, но не тождественно самосознанию *самочувствие* – своеобразный настрой жизненных проявлений личности. Основу данного психического состояния образует органическое самочувствие – определенный жизненный тонус, совокупность органических ощущений и вызываемых ими переживаний.

Работоспособность. Познание человеком самого себя развивалось вместе с развитием его трудовой деятельности и вместе с познанием ее самой. История естествознания свидетельствует, что человек разобрался в устройстве глаза лишь после того, как были сконструированы оптические приборы. Механизм слухового восприятия с помощью кортиевого органа, своего рода струнного инструмента, раскрыт по аналогии с арфой или роялем. И. П. Павлов в анализе рефлекторной деятельности мозга использовал терминологию физики электричества и электротехники. И вообще знание электрических и магнитных явлений оказалось очень полезным в развитии физиологии мозга. Сейчас же огромную роль в познании мозга играет кибернетическое моделирование.

Самосознание базируется на способности человека к абстрактному мышлению, на способности отделять общее от отдельного, отношения от соотносящихся вещей. Сама эта способность родилась именно **в трудовой деятельности**, требующей постоянно соотносить образ–цель с ходом ее до-

стижения, чтобы не сбиться с пути, ведущего к намеченной цели. Так рождается способность сначала оперировать с идеальным планом вещей, а затем уже и с самими вещами.

Творчество. Творчество – высшее проявление работоспособности. Все люди так или иначе добывают себе пропитание. Но одни тяготеют своей работой, другие находят в ней удовольствие. По отношению к работе можно выделить два психологических типа: отвлеченное, механическое повторение операций и увлеченность, поиск наилучших решений. Во втором случае мы имеем дело с творческим мышлением. Такой стиль мышления присущ людям с развитым воображением – фантазией. Фантазия, отраженная в делах, приводит к творчеству – высшему проявлению способностей человека.

Творчество свойственно любым областям человеческой деятельности, но чаще говорят о художественном и научном творчестве. За все приходится платить, и творческая личность неминуемо вступает в конфликт с традиционно мыслящим окружением. О том, что новое всегда опасно и несет смерть старому, предупреждал Ф. Бэкон. «Но лучше поиск, протест, гибель, лучше туда, куда ни одна нога не ступала, чем вытоптанное поле, проезжая дорога, где все известно, измерено и ложно», – писал философ, литературовед Аркадий Викторович Белинков (1921–1970 гг.).

Позиция пассивного повторения – недостаток творческой деятельности, и оно не приносит счастья; скука – начало деградации человеческого сознания. Под воздействием скуки человек разнообразит свою жизнь курением, алкоголем, наркотиками, нарушениями закона и т. д.

Творчество связано со здоровым образом жизни гораздо сильнее, чем этого хочется ленивому обывателю. Только здоровье соматическое (телесное) и психическое позволяет продуктивно работать на протяжении долгого времени. В случае плохого здоровья, доставшегося от рождения, сила

воли (психическая составляющая) позволяет преодолевать недуг (примеры жизни Г. Герца, И. Кеплера. И. Канта, А. В. Суворова и других подтверждают сказанное).

Для развития творческих способностей необходимо получать разнообразную информацию. Концентрация на конкретных задачах, ограничение интересов снижают творческий потенциал. Часто студенты высказывают мнение относительно изучаемых предметов: «Это нам не нужно». С ними можно согласиться: ненужный предмет, используемый в жизни, скучный, не вызывающий интереса, только зря съедает время, затраченное на обучение. Но состояние интереса – это во многом психологическое состояние человека. Козьма Прутков писал: «Хочешь быть счастливым? Будь им!» Если идти по пути лени и отсутствия любопытства, не искать способов применения нового знания, то результат будет соответствующим: не знал и забыл, и первоначальный прогноз будет оправдан на 100%.

Социальное поведение. Безусловно, поведение человека не ограничивается врожденными животными программами. Ведь человек живет и действует, побуждаемый множеством потребностей. Каждый человек стоит ровно столько, сколько он хлопочет. Иными словами, человеческую личность определяют его потребности.

Физиологические потребности – это низшие, управляемые органами тела потребности: дыхательная, пищевая, сексуальная, потребность в самозащите.

Потребность в надежности – стремление к материальной надежности, здоровью, обеспечению его старости и т. п.

Социальные потребности – удовлетворение этих потребностей необъективно и трудноописуемо. Одного человека удовлетворяют очень немногие контракты с другими людьми, в другом человеке эта потребность выражается очень сильно.

Потребность в осознании собственного достоинства – здесь речь идет об уважении, престиже, социальном успехе. Вряд ли эта потребность удовлетворяется отдельным лицом, для этого требуются группы.

Потребность в осуществлении самого себя – это потребность в развитии личности, в самореализации, в осмыслении своего назначения в мире.

Самоактуализация и есть полное использование всех возможностей человека. Обычно человек стремится выразить себя в той области, в которой он обладает наибольшими задатками и способностями, но подлинное наслаждение приносит только творческая работа. Творческая работа человека над самим собой – главный механизм удовлетворения потребности стать всем тем, кем он может и по своей свободной мотивации должен стать.

6. Биоэтика

Биоэтика возникла и стала интенсивно развиваться в начале 70-х гг. в Западной Европе и США. Большую роль в становлении биоэтики сыграла медицина, а также развитие генетики. Новый уровень технологических и практических возможностей медицины и экспериментальной науки поставил перед учеными новые этические проблемы. Биоэтика возникла как ответ на технологические вызовы в медицине. Технологии трансплантации органов и поддержания жизни вступили в противоречие и даже в конфликт с традиционными культурными ценностями. Например, для христианства сердце – это не только важнейший биологический, но и духовный орган человека.

Можно сказать, что биоэтика – это форма защиты прав человека, в том числе его права на жизнь, на здоровье, на ответственное и свободное самоопределение своей жизни. Если рассматривать биоэтику не просто как анализ норм взаимоотношений врача и пациента, а в более широком кон-

тексте тех ментальных и ценностных форм, которые определяют отношение к жизни и смерти, к детству и старости, то, в таком случае, эта наука включит в себя врачебную этику, этические нормы отношения к животным и экологические аспекты отношений человека с биогеоценозами и со всей биосферой. Не только человек, но и вся природа окажутся субъектами этических размышлений и моральной регуляции. Биоэтикой выдвигаются и отстаиваются следующие постулаты:

- единство науки и гуманистических ценностей;
- необходимость ставить гуманистические цели выше исследовательских;
- регулирование исходя из гуманистических ценностей научных исследований, включая и запреты на некоторые виды экспериментов, связанных с участием человека;
- разработка правил биомедицинских работ с учетом прав личности, включая юридические нормы.

Биоэтика связана с медицинской этикой и правом. Общественный смысл биоэтики заключается в том, что она является конкретным проявлением гуманизма в медицине. Этот критерий является основным в научных исследованиях по биологии и медицине. И какие бы цели ни ставились исследователями, гуманизм и безвредность для человека всегда должны стоять на первом месте – такой подход служит мерилем любой человеческой деятельности, в том числе и по ускорению научно-технического прогресса. В этой связи необходимо развивать экологическую этику и разрабатывать специальный экологический кодекс.

Что нового в биоэтике сравнительно с традиционной врачебной этикой? Современный врач сталкивается с конфликтом духа и буквы клятвы Гиппократова, которая была незыблемой этической основой врачевания в течение двадцати четырех веков. Вспомним наиболее известную этическую заповедь Гиппократова – прежде всего не навредить

пациенту. Когда современные хирурги-трансплантологи пересаживают почку или долю легкого живого донора (даже имея на это добровольное согласие донора) обреченному больному, приведенное этическое предписание по отношению к донору с очевидностью нарушается. Далее. Сторонники разрешения проблем умирающего больного с помощью активной эвтаназии (введения смертельной дозы яда) говорят, что в этом заключается его «право на смерть». Есть потребность в допустимости «убийства из милосердия» неизлечимо больного близкого человека. Следует признать, что такая ситуация является особенно психологически убедительной, ведь здесь требование милосердного отношения к страданию, «смертной муке» другого человека может обрести силу категорического императива. Но это еще не значит, что такой выбор возможно безоговорочно оправдать этически. Врач, осуществивший «убийство из милосердия», совершает отчаянный и рискованный шаг «по ту сторону добра и зла».

Сегодня регламентирована процедура принятия решения об ограничении медицинской помощи или прекращении реанимационных мероприятий больным со стойкими нарушениями сознательного контакта с окружающим миром. Кроме того, установлена юридическая ответственность врача за нарушение инструкции по установлению смерти мозга и правильную диагностику.

7. Человек, биосфера и космические циклы.

Циклические изменения солнечной активности проявляются на Земле в частоте и интенсивности магнитных бурь, полярных сияний, в колебаниях ультрафиолетовой радиации, степени ионизации верхних слоев атмосферы и т. п. Все это неизбежно сказывается на биосфере в целом, на телесном и психическом состоянии людей. В XX в. ученые все больше стали обращать внимание на зависимость и

социальных процессов (войн, революций, эпидемий, самых разнообразных массовых потрясений) от солнечной активности.

В 1924 г. А. Л. Чижевский предупреждал: «Мы должны помнить, что влияние космических факторов отражается более или менее равномерно на всех двух миллиардах человеческих индивидов, ныне населяющих Землю, и было бы преступно игнорировать изучение их влияния, как бы тонко и неуловимо с первого взгляда оно ни было. В 1927–1929 годах следует предполагать наступление максимума солнцедейтельности. По всему вероятно, в эти годы произойдут вследствие наличия факторов социально-политического порядка крупные исторические события, которые снова видоизменят географическую карту». И действительно последовал 1929 г. («год великого перелома» в СССР). На периоды пика солнечной активности приходятся 1905, 1917, 1941 гг., а также 1991 г. (год августовских событий и последовавшего развала СССР).

Некоторые же авторы отмечают, что со всплесками солнечной активности коррелируют и всплески творческой активности ученых, особенно физиков-теоретиков. Конечно, не следует абсолютизировать значение подобных совпадений, но поразмышлять здесь есть над чем.

8. Ноосфера, принципы универсального эволюционизма, путь к единой культуре

С конца XIX в. активно разрабатываются идеи космизма как особого мировоззрения, выражающего научно осмысленное, философско-эвристическое и эмоционально-личностное отношение к неразрывной взаимосвязи человека с космосом. А еще много раньше великий мыслитель И. Кант высказал глубочайшую мысль: «Две вещи наполняют душу всегда новым и все более сильным удивлением и благоговением, чем чаще и продолжительнее мы

размышляем о них, – это звездное небо надо мной и моральный закон во мне». Особенно значительный вклад в развитие космистских идей внесли выдающиеся русские ученые А. Н. Бекетов, В. И. Вернадский, И. А. Козырев, Н. А. Морозов, И. А. Умов, К. Э. Циолковский, А. Л. Чижевский. Разработка естественнонаучных аспектов теории космоса вылилась в крупные достижения астрономии, астрофизики, астрохимии, астробиологии и привела к возникновению теоретической и практической космонавтики, связанных в первую очередь с именами К. Э. Циолковского и С. П. Королева. Проникновение космистских идей в различные сферы человеческой жизни свидетельствует о том, что космизация – это объективный процесс как часть и аспект совокупного научно-технического прогресса.

Великим русским космистом был В. И. Вернадский, создавший учение о биосфере и ноосфере, обобщив данные физики, химии, биологии, геологии, геохимии, биохимии, а также истории и философии. Деятельность всех живых организмов и особенно человеческого общества В. И. Вернадский называл мощной геологической силой, а к научной мысли он относился именно как к планетному явлению. Под биосферой он понимал планетарную область распространения жизни, взятой в прошлом, настоящем и будущем. Под влиянием же научной мысли и человеческого труда биосфера переходит в новое состояние – **ноосферу (сферу разума)**.

Стихийным, неуправляемым процессом биосфера может превратиться (и реально уже превратилась) лишь в техносферу и социосферу со всеми присущими им глобальными проблемами и противоречиями. Переход же биосферы в ноосферу может быть осуществлен лишь в том случае, когда человечество сумеет организовать как собственную эволюцию, так и дальнейшую эволюцию биосферы в целом, действительно руководствуясь принципом «не навреди».

Концепция В. И. Вернадского о биосфере, переходящей в ноосферу, охватывает эволюцию жизни и нашей планеты в единстве космических, геологических, биологических, антропогенных и техногенных факторов.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

А

Абиотические факторы среды – совокупность условий неорганической среды, влияющая на организмы. Они делятся на химические, физические, космические, геолого-географические, климатические и другие факторы.

Абсолютно черное тело – тело, полностью поглощающее все падающее на него электромагнитное излучение.

Автокатализ – ускорение химической реакции одним из ее продуктов.

Автотрофы – организмы, осуществляющие питание посредством фотосинтеза.

Адаптация – приспособление функций и строения организмов к условиям существования.

Адроны – общее название элементарных частиц, состоящих из кварков и участвующих в сильном взаимодействии.

Аккреция – слипание частичек вещества во все более крупные тела при их падении на космическое тело под действием гравитационных сил.

Аксиома – исходное положение теории, принимаемое без логического доказательства в силу непосредственной убедительности.

Алгоритм – система операций, последовательно применяемых по определенным правилам для решения задач или проблем массового характера.

Аминокислоты – органические соединения, являющиеся основным элементом построения растительных и животных белков.

Анаболизм (ассимиляция) – разветвленная система процессов биосинтеза сложных молекул.

Анализ – метод научного познания, мысленное или ре-

альное расчленение предмета на элементы и их отдельное изучение.

Аналогия – метод научного познания, перенос знания, полученного при рассмотрении какого-либо одного объекта на другой, менее изученный, но схожий с первым объектом по каким-то существенным свойствам.

Анаэробы – организмы, живущие без атмосферного кислорода (многие бактерии, некоторые черви, моллюски).

Аннигиляция – превращение частиц и античастиц при их столкновении в фотоны и мезоны больших энергий, превращение вещества в излучение.

Антисциентизм – идеология, мировоззрение, считающее науку вредной и опасной, ведущей к гибели человечества.

Античастицы – элементарные частицы, во всем подобные обычным частицам, но имеющие противоположный знак электрического заряда и магнитного момента.

Антропология – наука о происхождении и эволюции человека, образовании человеческих рас и вариациях физического строения человека.

Антропоцентризм – мировоззрение, согласно которому человек есть центр Вселенной и высшая цель мироздания.

Ареал – область распространения на земной поверхности каких-либо явлений, видов растений или животных, полезных ископаемых и т. д.

Аспект – точка зрения, с которой рассматривается предмет, явление, понятие.

Астеносфера – слой пониженной твердости, прочности и вязкости в верхней мантии Земли, подстилающий литосферу. Располагается на глубине около 100 км под материками и около 50 км под дном океана. В ее пределах лежат очаги питания вулканов и осуществляется перемещение подкорковых масс, являющееся причиной тектонических процессов.

Астрономическая единица – среднее расстояние от Земли до Солнца, принятое за 49,6 млн. км.

Атмосфера – газовая оболочка вокруг Земли, вращающаяся вместе с ней как единое целое.

Атом – мельчайшая неделимая частица вещества; сложная квантово-механическая система, состоящая из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженных электронов.

Атомизм – атомное учение, согласно которому материя состоит из огромного числа неделимых частиц – атомов.

Аффект – бурная кратковременная эмоция, возникающая в ответ на сильный раздражитель.

Аэробы – организмы, которые могут существовать только при наличии кислорода (уксуснокислые бактерии, дрожжи и др.).

Б

Бактерии – группа микроскопических, преимущественно одноклеточных организмов, обладающих клеточной стенкой, но не имеющих оформленного ядра, размножающихся делением.

Барионы – «тяжелые» элементарные частицы с массой более тысячи масс электрона и полуцелым спином.

Бинарный – двойной, состоящий из двух частей, компонентов и т. д.

Бинокулярное зрение – зрение, осуществляемое двумя глазами, дает возможность видеть мир объемно.

Биогенез – концепция, утверждающая, что между живой и неживой материей лежит непреодолимая преграда, а следовательно, все живое может происходить только от живого.

Биогеоценоз (экосистема) – взаимообусловленный комплекс живых и абиотических (неживых) компонентов, связанных между собой обменом вещества и энергии.

Биомасса – общая масса особей одного вида, группы видов или сообщества в целом на единицу поверхности или объема местообитания.

Биосфера – оболочка Земли, состав, структура и энергетика которой обусловлены прошлой или настоящей деятельностью живых организмов. Включает в себя населенную организмами верхнюю часть литосферы, гидросферу и нижнюю часть атмосферы.

Биосфероцентризм – новый тип мировоззрения, ставящий интересы человека и человечества в зависимость от потребностей всей планеты и всего живого на ней.

Биотические факторы среды – совокупность влияний, оказываемых на организмы жизнедеятельностью других организмов.

Биоценоз – совокупность растений, животных и микроорганизмов, населяющих определенную территорию и характеризующихся определенными отношениями между собой.

Биоэтика – система новых этических стандартов в сфере экспериментальной и теоретической деятельности в биологии и медицине, а также при практическом применении результатов данных исследований; изменение традиционных норм морали и этических принципов под влиянием НТР.

Бифуркация – разветвление, раздвоение в траектории движения системы в определенной точке; точка выбора дальнейшего пути развития системы.

Близкодействие – 1) передача физического взаимодействия полем от точки к точке с конечной скоростью (вариант М. Фарадея); 2) передача взаимодействия каждого типа собственным полем со скоростью, не превышающей скорость света в вакууме (современный принцип близкодействия).

Бозоны – частицы с нулевым или целым спином.

В

Вакуум – реальная физическая среда, пространство, в котором отсутствуют реальные частицы вещества.

Вещество – вид материи, обладающий массой покоя.

Взаимодействие – развертывающийся во времени и пространстве процесс воздействия одних объектов на другие, их взаимная обусловленность.

Виртуальные частицы – частицы в промежуточных состояниях, существующие короткое время, для которых не выполняются обычные соотношения между энергией, импульсом и массой. Другие их характеристики – спин, электрический и барионный заряды – такие же, как у реальных частиц.

Вирусы – мельчайшие неклеточные частицы, возбудители инфекционных болезней растений, животных и человека, размножающиеся только внутри живых клеток.

Витализм – идеалистическое течение в биологии, рассматривающее жизнь как особое явление, подчиняющееся не законам мироздания, а влиянию нематериальных сверхъестественных сил, присутствующих в организме (жизненной силы, души и др.).

Внеземные цивилизации – предполагаемые на других планетных системах общества разумных существ, достигающих или превосходящих по уровню развития человеческое общество.

Вулкан – геологические образования, возникающие над каналами и трещинами в земной коре, по которым на земную поверхность извергаются лава, обломки горных пород, горячие газы.

Г

Галактика (система Млечного Пути) – звездная система, к которой принадлежит Солнце.

Галактики – гигантские звездные системы, подобные

нашей Галактике (например, туманность Андромеды).

Гаметы – женские и мужские половые клетки животных и растений, обеспечивающие при слиянии развитие новой особи и передачу наследственных признаков.

Гелиоцентризм – картина мира, представляющая центром Вселенной Солнце, вокруг которого вращаются все планеты, в том числе и Земля.

Ген – участок молекулы ДНК или РНК, материальный носитель наследственности, единица наследственной информации, ответственная за формирование какого-либо элементарного признака. Входит в состав хромосом.

Генезис – процесс образования и становления какого-либо природного или социального явления.

Генобиоз – методологический подход в вопросе происхождения жизни, основанный на убеждении в первичности молекулярной системы со свойствами первичного генетического кода.

Геном – совокупность генов, содержащихся в одинарном наборе хромосом данного организма.

Генотип – наследственная основа организма, совокупность всех его генов.

Генофонд – совокупность генов, которые имеются у особей, составляющих данную популяцию.

География – система естественных и общественных наук, изучающая природные и производственно-территориальные комплексы и их компоненты.

Геоид – фигура Земли с более сглаженной поверхностью, чем физическая поверхность Земли.

Геология – комплекс наук о составе, строении, движении и развитии земной коры и Земли.

Геосферы – концентрические оболочки, образованные веществом Земли, различные по физическим свойствам и химическому составу; в направлении от центра к периферии выделяются ядро, мантия, литосфера, гидросфера, атмосфера.

Геоцентризм – картина мира, представлявшая центром Вселенной Землю, вокруг которой вращались Луна, Солнце, планеты и сфера неподвижных звезд.

Гетерогенный – неоднородный по составу.

Гетеротрофы – организмы, питающиеся готовыми органическими веществами. К ним относятся грибы, многие микроорганизмы, все животные и люди.

Гидросфера – совокупность всех водных объектов земного шара: океанов, морей, рек, озер, водохранилищ, подземных вод, ледников и снежного покрова.

Гипотеза – догадка, предположение, выраженные в форме суждения. Выдвигаются для устранения ситуации неопределенности в науке.

Гносеологические предпосылки науки – те упрощения, огрубления отображаемой действительности, которые принимаются той или иной наукой на определенной стадии ее развития при ее построении, обосновании и применении.

Голобиоз – методологический подход в вопросе происхождения жизни, основанный на идее первичности структур, наделенных способностью к элементарному обмену веществ при участии ферментного механизма.

Гомеостаз – совокупность сложных приспособительных реакций организма животного и человека, направленных на сохранение динамического состояния его внутренней среды (температуры тела, кровяного давления и др.).

Гомогенный – однородный по составу

Гомозиготность – однородность наследственной основы организма, происходящего от родителей, сходных по тому или иному наследственному признаку.

Гормоны – биологически активные вещества, вырабатываемые в организме специализированными клетками или органами и оказывающие целенаправленное влияние на деятельность других органов и тканей.

Гравитационный коллапс – катастрофически быстрое сжатие массивных тел (звезд) под действием гравитационных сил после истощения в их недрах источников ядерной энергии и прекращения термоядерных реакций. Приводит к рождению нейтронных звезд (пульсаров) или черных дыр.

Д

Дальнодействие – мгновенная передача действия тел друг на друга на любом расстоянии без каких-либо посредствующих звеньев, через пустоту.

Деизм – философская позиция, соглашающаяся с идеей творения мира Богом, но отрицающая его дальнейшее вмешательство в развитие и процессы созданного им мира.

Демография – наука о закономерностях воспроизводства населения.

Детерминизм – философское учение об объективной закономерной взаимосвязи и причинной обусловленности всех явлений природы и общества, отрицание беспричинных явлений.

Дивергенция – расхождение признаков и свойств у первоначально близких групп организмов в ходе эволюции; результат обитания в разных условиях и неодинаково направленного естественного отбора, приводящий к появлению новых видов.

Динамический закон – физический закон, отображающий объективную закономерность в форме однозначной связи физических величин, выражаемых количественно. Совокупность динамических законов составляет динамическую теорию.

Дискретность – прерывность.

Диссипативность – особое динамическое состояние, когда из-за процессов, протекающих с элементами неравновесной системы, на уровне всей системы проявляются качественно новые свойства и процессы.

Дифференциация науки – выделение внутри какой-либо науки более узких, частных областей исследования, превращение их в самостоятельные науки.

ДНК – дезоксирибонуклеиновая кислота, биополимер клетки, хранящий и передающий наследственную информацию.

Доминантный признак – тот признак, который более развит, преобладает у потомства.

Е

Евгеника – учение о наследственном здоровье человека и путях его улучшения.

Естественный отбор – процесс выживания и воспроизводства организмов, наиболее приспособленных к условиям среды, и гибели в ходе эволюции неприспособленных. Выражается в преобразовании популяций, приводящем к появлению новых видов.

Естествознание – наука о природе как о единой целостности, а также совокупность отдельных наук о природе, тесно связанных между собой.

Ж

Живое вещество – в концепции В. И. Вернадского – совокупность всех живых организмов биосферы, включая человека.

З

Запрет Паули – фундаментальный закон природы, согласно которому две (или более) тождественные частицы с полуцелым спином не могут одновременно находиться в одном и том же состоянии.

Звезды – раскаленные газовые (плазменные) шарообразные небесные тела, подобные Солнцу, находящиеся в гидродинамическом и тепловом равновесии.

Здоровье – естественное состояние организма, характеризующееся его уравновешенностью с окружающей средой и отсутствием каких-либо болезненных изменений.

Зигота – биологическая клетка, образующаяся в результате слияния двух половых клеток в процессе оплодотворения у растений и животных; начальная стадия развития зародыша.

И

Идеализация – способ получения научных понятий, операция мысленного выделения какого-то одного, важного для данной теории свойства или отношения, после чего возникает представление о существовании объекта, в действительности не существующего, но имеющего прообраз в действительности, например абсолютно черное тело, идеальный газ.

Иерархическая соподчиненность – отношения между объектами разного уровня, представляющие упорядоченную связь от низшего к высшему, в которой каждая ступень является фундаментом для следующей за ней и, в свою очередь, основывается на предшествующей ступени.

Измерение – метод научного познания, определение количественных характеристик изучаемых сторон или свойств объекта с помощью применения инструментария.

Изотопы – атомы одного и того же химического элемента, ядра которых имеют разное число нейтронов, но одинаковое число протонов, поэтому занимают одно и то же место в периодической системе элементов.

Изотропия – независимость физических свойств тел от направления.

Инвариантность – неизменность какой-либо величины при изменении физических условий, способность не изменяться при определенных преобразованиях.

Индетерминизм – философский подход, отрицающий объективность причинной связи явлений природы, общества и человеческой психики.

Индивид – каждый самостоятельно существующий организм, человек как единичный представитель человеческого рода.

Инерциальные системы – системы, покоящиеся или движущиеся друг относительно друга равномерно и прямолинейно.

Инерция – свойство тел сохранять состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока какая-либо внешняя сила не выведет их из этого состояния. При действии на тело внешней силы изменение состояния покоя или движения происходит постепенно, тем медленнее, чем больше масса этого тела.

Интеграция науки – проявление синтетических тенденций в развитии науки, выражается в появлении новых наук на стыках старых.

Интерференция света – наложение в пространстве двух или нескольких световых волн, в результате чего получается картина чередующихся светлых и темных полос.

Иррационализм – направление в философии, отрицающее возможность разумного познания действительности, выдвигающее на первый план внемыслительные аспекты духовной жизни человека: волю, непосредственное созерцание, интуицию, воображение, «озарение» и т. п.

К

Катаболизм (диссимиляция) – процесс расщепления сложных органических соединений, сопровождающийся выделением химической энергии при разрыве химических связей.

Катализ – изменение скорости химической реакции в присутствии особых веществ (катализаторов), которые непосредственно в реакции не участвуют, но изменяют ее ход.

Катализатор – вещество, увеличивающее скорость химической реакции; в реакции не расходуется и в конечный состав продукта не входит.

Квazar – космические объекты чрезмерно малого углового размера (не более одного светового месяца), излучающие энергии больше, чем наша Галактика.

Квант – частица – носитель свойств какого-либо физического поля, например, квант электромагнитного поля – фотон.

Кварк – элементарная частица с дробным электрическим зарядом. Соединения таких частиц образуют адроны.

Классический эволюционизм – представление о том, что весь мир находится в постоянном развитии. Но при этом считается, что живая природа эволюционирует от простого к сложному, а неживая материя – путем разрушения существующей упорядоченности, от современного сложного состояния к простейшему состоянию термодинамического равновесия.

Клетка – элементарная живая система, основа строения и жизнедеятельности всех животных и растений.

Климат – статистический многолетний режим погоды, характерный для данной местности в силу ее географического положения.

Клонирование – точное воспроизведение того или иного живого объекта в определенном количестве копий путем бесполого размножения; при этом новый организм выращивается из соматических клеток и генетически неотличим от родительского организма.

Коацерватные капли – коллоидные системы, ставшие, по мнению А. И. Опарина, доклеточными предками живых организмов.

Комплиментарность – взаимное соответствие в химическом строении двух макромолекул, обеспечивающее их взаимодействие – спаривание двух нитей ДНК.

Континуум – сплошная материальная среда, свойства которой изменяются в пространстве непрерывно; представление о живом покрове Земли как о непрерывном целом.

Корпускулярно-волновой дуализм – наличие у каждой частицы материи свойств волны и частицы одновременно.

Космизм – представление о связи природы и космоса, человека и космоса, общества и космоса.

Космогония – раздел астрономии, изучающий происхождение и развитие космических тел и их систем.

Космология – астрофизическая теория структуры и динамики изменения Метагалактики, включающая в себя и определенное понимание свойств всей Вселенной.

Коэволюция – совместное развитие общества и природы, учитывающее интересы обеих сторон.

Красное смещение – смещение линий в сторону красной части спектра при спектральном анализе по сравнению с линиями эталонных спектров.

Креационизм – учение, согласно которому все организмы были одновременно и независимо созданы творцом в том виде, в котором существуют сейчас.

Критическое состояние – состояние крайней неустойчивости, достигаемое открытой неравновесной системой в ходе предшествующего периода плавного, эволюционного развития.

Л

Ламаркизм – первая целостная концепция эволюции живой природы, созданная Ж. Б. Ламарком, согласно которой все виды животных и растений постоянно изменяются в результате влияния внешней среды и внутреннего стремления к усовершенствованию.

Ландшафт – природный географический комплекс, в котором все основные компоненты (рельеф, климат, воды, почвы, растительность и животный мир) находятся в сложном взаимодействии и взаимообусловленности, образуя единую, неразрывную систему.

Лептоны – элементарные частицы со спином $1/2$, не участвующие в сильном взаимодействии.

Литосфера – верхняя твердая оболочка Земли, включающая земную кору и часть верхней мантии.

Личность – человек, обладающий уникальными, присущими только ему качествами характера, знаниями и опытом.

М

Магма – расплавленная масса, преимущественно силикатного состава, образующаяся в глубинных зонах Земли и дающая при застывании магматические горные породы.

Макромир – мир видимых макрообъектов. При этом пространственные величины выражаются в миллиметрах, сантиметрах и километрах, а время – в секундах, минутах, часах и годах.

Макроэволюция – эволюционные преобразования за длительный исторический период, приводящие к возникновению новых надвидовых форм организации живого.

Мальтузианство – антинаучная теория, согласно которой бедственное положение людей обусловлено действием закона абсолютного перенаселения, т. е. тем, что численность растет быстрее, чем количество средств существования.

Мантия – оболочка Земли, располагающаяся между земной корой и ядром Земли.

Мегами́р – мир космических масштабов и скоростей, расстояние в котором измеряется световыми годами и парсеками, а время существования космических объектов – миллионами и миллиардами лет.

Мезоны – средние по массе элементарные частицы адроны с нулевым или целым спином. Они неустойчивы и быстро распадаются.

Метаболизм – обмен веществ, совокупность процессов катаболизма и анаболизма в живом организме.

Метагалактика – доступная современным астрономическим методам исследований часть Вселенной со всеми находящимися в ней галактиками, квазарами и другими объектами.

Метод – совокупность приемов и операций практического и теоретического познания действительности.

Механицизм – представление мира в качестве машины, гигантского механизма, четко функционирующего на основе вечных и неизменных законов механики. Универсальный метод изучения окружающего мира, сводящий сложные процессы к простым механическим перемещениям.

Механический детерминизм – черта классической науки, отрицание случайностей любого рода, абсолютизация динамических законов.

Микробы – общее название всех микроорганизмов (бактерий, дрожжевых и плесневых грибов), исключая микроскопические водоросли и простейшие организмы.

Микромир – мир предельно малых, непосредственно не наблюдаемых микрообъектов (молекул, атомов, элементарных частиц), пространственная размерность которых исчисляется от 10^{-8} до 10^{-16} см, а время жизни – от бесконечности до 10^{-24} с.

Микроэволюция – совокупность эволюционных изменений, происходящих в генофондах популяций за сравнительно небольшой период времени, приводящих к появлению нового вида.

Молекула – наименьшая частица вещества, образованная из атомов и способная к самостоятельному существованию.

Молекулярная хиральность (дисимметрия) – отсутствие зеркальной симметрии у молекул живой материи, проявляющееся в способности отклонять поляризованный луч света.

Мутагены – физические, химические и биологические факторы, вызывающие наследственные изменения – мутации.

Мутация – возникающее естественное или вызываемое искусственно стойкое изменение наследственных структур, ответственных за хранение и передачу наследственной информации.

Н

Наследственность – свойство организмов повторять в ряду поколений сходные типы обмена веществ и индивидуального развития в целом.

Натурфилософия – умозрительное истолкование природы, восприятие ее как единого целого.

Наука – сфера человеческой деятельности, функции которой – выработка и теоретическая систематизация объективных знаний о действительности; одна из форм общественного сознания; включает деятельность по получению нового знания и ее результат – сумму знаний.

Научная революция – кардинальный переворот в знаниях о мире, связанный со сменой картины мира.

Научно-исследовательская программа (парадигма) – совокупность предпосылок, определяющих конкретное научное исследование, признанных на данном этапе развития науки.

Негэнтропия – мера упорядоченности системы, принимает только отрицательные значения.

Неодарвинизм – новейшие эволюционные концепции, основанные на признании естественного отбора основным фактором эволюции.

Ноосфера – по В. И. Вернадскому, новое эволюционное состояние биосферы, при котором разумная человеческая деятельность становится определяющим фактором ее развития.

Нуклеиновые кислоты – биополимеры, построенные из большого числа нуклеотидов, играют ведущую роль в биосинтезе белка и передаче наследственных признаков и свойств организмов.

О

Онтогенез – индивидуальное развитие организма, совокупность преобразований, претерпеваемых им от момента зарождения до конца жизни; согласованная реализация наследственных признаков и функций в пределах одного организма.

Органогены – химические элементы, обеспечивающие основу жизнедеятельности организмов (углерод, водород, кислород, азот).

Охрана природы – комплекс мероприятий, направленных на рациональное использование, восстановление и сохранение природных ресурсов Земли и космического пространства.

П

Палеонтология – наука об ископаемых животных и растениях и обо всех доступных изучению проявлениях жизни в геологическом прошлом.

Панспермия – гипотеза о возможности переноса во Вселенной жизни с одного космического тела на другое. С помощью нее объясняли и появление жизни на Земле.

Парадигма (научно-исследовательская программа) – признанные всеми научные достижения, которые в течение определенного времени дают научному сообществу модель постановки проблем и их решение.

Парсек – астрономическая единица измерения межзвездных расстояний, равная 3,26 светового года.

Пассионарность – в концепции Л. Н. Гумилева – повышенная тяга к действию у людей, возникающая из-за их специфической способности усваивать больше энергии, чем необходимо для нормальной жизнедеятельности. Появляется в результате мутации.

Плазма – ионизированный газ, в котором концентрации положительных и отрицательных зарядов равны.

Планеты – наиболее массивные тела Солнечной системы, движущиеся по эллиптическим орбитам вокруг Солнца и светящиеся отраженным солнечным светом.

Планетазималии – зародышевые ядра, образованные путем аккреации из мелких частиц газопылевого облака. Их объединение образует планеты.

Полимеры – химические соединения с высокой молекулярной массой. Молекула полимера состоит из большого числа повторяющихся звеньев.

Полицентризм – картина мира, считающая Вселенную бесконечной в пространстве и вечной во времени, с бесконечным количеством звезд, вокруг которых вращается множество планет, населенных разумными существами.

Понятие – отражение предметов и явлений со стороны их существенных свойств и отношений, форма мышления, которая обобщает и выделяет предметы по их общим признакам.

Популяция – совокупность особей одного вида, населяющих определенную территорию, свободно скрещивающихся между собой и частично или полностью изолированных от других особей своего вида. Это элементарная единица процесса эволюции, способная реагировать на изменение среды перестройкой своего генофонда.

Почва – природное образование, состоящее из генетически связанных горизонтов горных пород, естественно измененных совместным влиянием воды, воздуха и различного рода организмов, включая их остатки.

Принцип верификации – один из принципов в методологии науки, отрицание познавательного значения научных утверждений, непосредственно не проверенных опытом путем.

Принцип относительности (классический) – в любых инерциальных системах отсчета все физические явления протекают одинаково при одних и тех же условиях. Поэтому

механическими опытами, проведенными внутри системы, невозможно установить, покоится система или движется равномерно и прямолинейно.

Принцип соответствия – новая теория, претендующая на более широкую область применимости, чем старая, должна включать последнюю как предельный, частный случай.

Принцип суперпозиции – допущение, согласно которому результирующий эффект от нескольких независимых воздействий представляет собой сумму эффектов, вызываемых каждым воздействием в отдельности.

Принцип фальсифицируемости (опровержимости) – один из принципов в методологии науки, в соответствии с которым на статус научного может претендовать только принципиально опровержимое знание.

Прокариоты – организмы, лишенные оформленного клеточного ядра (вирусы, бактерии, сине-зеленые водоросли).

Протобионт – доклеточный предок живых организмов на Земле.

Псевдонаука – лженаука, набор фрагментарных знаний, скрывающихся под маской науки.

Пульсары (нейтронные звезды) – звезды очень небольших размеров (около 20 км в диаметре) с высокой плотностью. Являются источниками космического радио-, оптического, рентгеновского, гамма-излучения, приходящего на Землю в виде периодически повторяющихся импульсов.

Р

Работоспособность – способность индивида выполнять определенную деятельность на заданном уровне эффективности в течение определенного времени.

Радиоактивность – самопроизвольное превращение неустойчивых атомных ядер в ядра других элементов, сопровождающееся испусканием ядерных излучений.

Рациональное природопользование – возможность управления природными экосистемами с целью обеспечения и дальнейшего улучшения существования человеческого общества, максимального использования всех необходимых природных ресурсов, предотвращения и снижения возможных вредных последствий человеческой деятельности.

Рационализм – свойство научного знания, требующее при познании мира опираться только на человеческий разум и его возможности.

Редукционизм – методологический подход, сводящий высшее к низшему, объясняющий сложное через простое.

Резонансы – неустойчивые элементарные частицы, характеризующиеся крайне малым временем жизни – 10^{-22} и – 10^{-24} с.

Рекомбинация генов – появление новых сочетаний генов, ведущих к новым сочетаниям признаков у потомства.

Реликт – организм, предмет или явление, сохранившееся как пережиток минувших эпох, как остаток далекого прошлого.

Репликация – удвоение молекул ДНК при участии специальных ферментов. Обеспечивает точное копирование генетической информации и передачу ее от поколения к поколению.

Рефлекс – ответная реакция организма на раздражения рецепторов.

Рецессивный признак – тот из родительских признаков, который не развивается у потомства первого поколения, является подавленным; этот признак начинает проявляться со второго поколения.

РНК – рибонуклеиновая кислота, высокомолекулярное органическое соединение, тип нуклеиновых кислот. В клетках всех живых организмов участвует в реализации генетической информации.

Рудимент – недоразвитый орган, утративший свое

основное значение в процессе исторического развития организма и находящийся на пути к исчезновению.

С

Сальтационизм – одно из направлений антидарвинизма, представление о скачкообразном ходе эволюции.

Селекция – выведение новых и улучшение существующих сортов растений и пород животных путем применения научных методов отбора.

Симбиоз – форма совместного существования двух организмов разных видов (включая паразитизм), при которой оба партнера или один из них извлекают пользу из другого.

Симметрия – свойство физических величин оставаться неизменными при изменении ряда физических условий. Лежит в основе законов сохранения физических величин.

Сингулярность – точечный объем с бесконечно большой плотностью. Иногда так называют начальное сверхплотное состояние Вселенной.

Синергетика – наука о самоорганизации простых систем, превращении хаоса в порядок.

Синтез – метод научного познания, соединение разрозненных элементов предмета в единое целое (систему) и познание этого целого в единстве и взаимной связи его частей.

Система – внутреннее или внешнее упорядоченное множество взаимосвязанных элементов, определенная целостность, проявляющая себя как нечто единое по отношению к другим объектам или внешним условиям.

Системный подход – представление о мире как о совокупности разноуровневых систем, связанных отношениями иерархической соподчиненности.

Сознание – человеческая способность отражать объективные свойства предметов и явлений окружающего мира, планировать свои действия и оценивать полученные результаты.

Соотношение неопределенностей Гейзенберга – принцип современной физики, утверждающий, что чем точнее фиксирован импульс, тем большая неопределенность будет в значении координаты элементарной частицы, и наоборот.

Спин – собственный механический момент количества движения (импульса) элементарной частицы, имеющий квантовую природу и не связанный с перемещением частицы как целого. Может быть целым (0,1,2) и полуцелым ($1/2$, $3/2$) числом.

Статистические законы – физические законы, отражающие объективные закономерности в виде однозначной связи статистических распределений физических величин.

Стиль научного мышления – принятый в научной среде способ постановки научных проблем, аргументации, изложения научных результатов, регулирует вхождение новых идей в науку, формирует соответствующий тип исследователя.

Структура – совокупность устойчивых связей объекта, обеспечивающих его целостность и тождественность самому себе, т. е. сохранение основных свойств при различных изменениях.

Струны – протяженные одномерные объекты длиной 10^{-33} см, которые являются синонимом элементарных частиц в теории суперструн. Ныне известные нам элементарные частицы считаются в этой теории возбужденными состояниями таких струн.

Сциентизм – абсолютизация роли науки в системе культуры, в идейной жизни общества.

Т

Творчество – деятельность по познанию и созданию качественно нового, неизвестного до сих пор в материальной и духовной сферах культуры.

Тектоника – отрасль геологии, изучающая развитие структуры земной коры и ее изменения под влиянием меха-

нических движений и деформаций, связанных с развитием Земли в целом.

Телеогенез – направление антидарвинизма, основанное на убеждении в заранее предначертанном ходе эволюции.

Теломеры – особые хромосомные структуры, расположенные на концах клеточных хромосом; играют важную роль в репликации ДНК.

Теория – высшая форма научного знания, совокупность обобщенных положений, образующих какую-либо науку или ее раздел.

Теоцентризм – представление о боге как о единственной подлинной реальности.

Термоядерная реакция – реакция синтеза (слияния) легких атомных ядер в более тяжелые, эффективно протекающая при сверхвысоких температурах и сопровождающаяся выделением энергии.

Технология – совокупность методов обработки, изготовления, изменения состояния, свойств, формы сырья, материала или полуфабриката в процессе производства.

Техносфера – совокупность элементов среды в пределах географической оболочки Земли, созданных из природных веществ трудом человека и не имеющих аналогов в природе. Появилась в результате преобразования биосферы человеком.

Типология – классификация предметов или явлений по принципу общности каких-либо признаков.

Точка бифуркации – критическое значение параметров системы, при которых возможен ее неоднозначный переход в новое состояние.

У

Ультрафиолетовое излучение – не видимое глазом электромагнитное излучение, располагающееся в спектре

между фиолетовыми и рентгеновскими лучами; отличается сильным химическим и биологическим действием.

Ф

Фаза – отдельная стадия в развитии какого-либо явления или процесса в природе или обществе.

Фауна – исторически сложившаяся совокупность всех видов животных, обитающих на определенной территории.

Фенотип – совокупность всех признаков и свойств организма, сформировавшихся в процессе его индивидуального развития. Складывается в результате взаимодействия генотипа и условий среды обитания.

Ферменты – биокатализаторы, вещества белковой природы, содержащиеся в животных и растительных организмах, направляющие, формирующие, регулирующие и многократно ускоряющие биохимические процессы в них.

Фермионы – элементарные частицы с полуцелым спином, в конечном пределе выступающие как частицы вещества. Подчиняются действию запрета Паули.

Физическая картина мира – представление о мире с точки зрения физики; итог развития физического знания; самое общее теоретическое знание в физике, система понятий, принципов и гипотез, служащих исходной основой для построения теорий.

Филогенез – историческое развитие организмов; эволюция органического мира, различных типов, классов, отрядов, семейств, родов и видов.

Флора – исторически сложившаяся совокупность видов растений какой-либо местности или геологического периода.

Флуктуация – случайное отклонение физических величин от их средних значений.

Формализация – метод научного познания, представ-

ление и изучение какой-либо содержательной области знания в виде формальной системы.

Фотосинтез – превращение в клетках зеленых растений, водорослей и некоторых микроорганизмов лучистой энергии Солнца в энергию химических связей органических веществ.

Фотоэффект – «выбивание» электронов из вещества под воздействием электромагнитного излучения.

Х

Химическая связь – взаимное притяжение атомов, приводящее к образованию молекул.

Химическое соединение – индивидуальное вещество, в котором атомы одного или различных элементов соединены между собой химической связью.

Хромосомы – самовоспроизводящиеся структуры, постоянно присутствующие в ядрах клеток животных и растений. Число, размеры и форма хромосом строго специфичны для каждого вида. Играют важную роль в передаче наследственных свойств организма.

Ц

Цефализация – эволюционное увеличение отношения массы головного мозга к массе тела животного.

Цитология – наука о строении, химическом составе, функциях, индивидуальном и историческом развитии животных и растительных клеток.

Ч

Черная дыра – физическое тело, создающее столь сильное тяготение, что красное смещение для света, испускаемого вблизи него, способно обратиться в бесконечность, поэтому эти объекты ничего не излучают. Считается, что черные дыры – конечная стадия эволюции массивных звезд.

Э

Эволюция – процесс длительного, постепенного изменения, приводящий к появлению новых видов.

Экология – наука об отношениях организмов и образуемых ими сообществ между собой и окружающей средой.

Эксперимент – метод научного познания, опыт, воспроизведение объекта познания, проверка гипотез и т. п.

Электромагнитная индукция – возникновение индукционного тока в проводнике при изменении потока магнитной индукции.

Элемент химический – совокупность атомов с одинаковым зарядом ядра.

Эмоции – реакции человека или животных на воздействие внутренних или внешних раздражителей, имеющие ярко выраженную субъективную окраску и охватывающие все виды чувственности и переживаний.

Эмпиризм – учение, признающее чувственный опыт единственным источником знаний.

Эмпирическое знание – знание, полученное из опыта, проверенное на практике.

Эмпирическое обобщение – опытные истины.

Энтропия – мера внутренней неупорядоченности (хаоса) системы, принимает только положительные значения. В термодинамике известен принцип возрастания энтропии – стремление любой системы к состоянию термодинамического равновесия (состояния с наименьшей упорядоченностью движения частиц) или хаоса.

Эпицикл – вспомогательная окружность, по которой движется планета в геоцентрической системе мира; введена для объяснения попятного движения планет.

Этногенез – происхождение народов.

Этология – наука о поведении животных в естественных условиях.

Эукариоты – все организмы (кроме бактерий), клетки

которых содержат оформленное ядро, отделенное от цитоплазмы ядерной оболочкой.

Эффект Допплера – изменение частоты колебаний или длины волн из-за движения источника волн и наблюдателя по отношению друг к другу.

Я

Ятрохимия – течение в медицине XVI–XVIII вв., отводившее основную роль в возникновении болезней нарушениям химических процессов в организме и ставившее задачу отыскания химических средств их лечения.

ТЕСТЫ

Вариант № 1

1. Большая плотность жидкой воды по сравнению со льдом обуславливает:

- а) существование жизни в водоемах в областях с холодным климатом;
- б) заселение водоемов организмами на большую глубину;
- в) снижение вероятности образования льда в клетках организмов;
- г) скольжение по поверхности воды некоторых насекомых.

2. Ядра изотопов одного химического элемента имеют одинаковое число...

- а) протонов;
- б) элементарных частиц;
- в) электронов;
- г) нейтронов.

3. Реакции синтеза легких ядер в звездах происходят не в форме взрыва, что возможно при определенных условиях, которыми являются:

- а) высокая температура и большая масса, создающая давление;
- б) низкая температура и большая масса, создающая давление;
- в) высокая температура и небольшая масса звезды;
- г) низкая температура и небольшая масса звезды.

4. Для увеличения скорости химической реакции $2\text{SO}_2(\text{г}) + \text{O}_2(\text{г}) = 2\text{SO}_3(\text{г})$ следует:

- а) увеличить температуру;

- б) увеличить концентрацию SO_2 ;
- в) увеличить концентрацию SO_3 ;
- г) уменьшить концентрацию SO_2 .

5. Установите соответствие между материальным объектом и его удаленностью от Земли:

- | | |
|-----------|--------------------------------|
| а) Луна | а) сотни тысяч километров; |
| б) Солнце | б) сотни миллионов километров; |
| в) Сатурн | в) миллиарды километров; |
| | г) тысячи километров. |

6. Установите соответствие между биоорганическими соединениями и одной из важнейших функций в клетке:

- | | |
|-------------|---|
| 1) РНК | 1) передача наследственной информации в процессе биосинтеза белков; |
| 2) углеводы | 2) защита организма от вторжения других организмов и повреждений; |
| 3) белки | 3) источники энергии; |
| | 4) хранение наследственной информации. |

7. Разрешена законами сохранения энергии и электрического заряда реакция...

- а) электрон + позитрон $\rightarrow$ 2 фотона;
- б) электрон $\rightarrow$ позитрон + 2 фотона;
- в) электрон $\rightarrow$ антипротон + нейтрино;
- г) электрон + нейтрон $\rightarrow$ протон.

8. Вывод о том, что свойства пространства – времени зависят от материи, ее массы, следует из...

- а) общей теории относительности;

- б) классической механики;
- в) квантовой механики;
- г) специальной теории относительности.

9. В опытах Майкельсона—Морли было установлено, что...

- а) мирового эфира не существует;
- б) свет распространяется с конечной скоростью ввиду сопротивления мирового эфира;
- в) вся материя существует в виде мирового эфира;
- г) мировой эфир прозрачен для света и непрозрачен для вещества.

10. Первый постулат Эйнштейна в специальной теории относительности утверждает, что...

- а) все законы природы одинаковы во всех инерциальных системах отсчета;
- б) используя особенности биологических процессов можно определить движение одной системы относительно другой;
- в) значения всех физических величин равны при их измерениях в различных системах отсчета;
- г) все инерциальные системы отсчета абсолютно равноправны, не существует выделенной системы отсчета.

11. Закон сохранения момента импульса есть следствие симметрии объектов относительно...

- а) поворота в пространстве;
- б) переноса (трансляции) в пространстве;
- в) переноса (трансляции) во времени;
- г) взаимной замены протонов и нейтронов в ядрах атомов вещества.

12. Исследуя процессы эволюции живой природы, мо-

лекулярная биология проводит...

- а) анализ скорости накопления изменений в информационных молекулах;
- б) выяснение родства организмов разных групп на основе анализа их крови;
- в) установление связи между сходством в строении органов и родством сравниваемых форм;
- г) анализ числа и особенностей строения хромосом в группах близких видов.

13. Синтетическая теория эволюции структурно состоит из теорий микро- и макроэволюций. Особенности микроэволюции в том, что она...

- а) исключает возможность непосредственного эксперимента;
- б) идет в течение десятков и сотен миллионов лет;
- в) доступна для непосредственного наблюдателя;
- г) завершается видообразованием.

14. Согласно закону Хаббла...

- а) скорость удаления галактик пропорциональна расстоянию до них;
- б) скорость разбегания галактик равна нулю;
- в) скорость удаления галактик не зависит от расстояния до них;
- г) галактики разбегаются с одинаковой скоростью.

15. В процессе возникновения жизни на Земле различают несколько этапов. Первый из них:

- а) абиогенный синтез мономеров органических полимеров;
- б) появление озонового слоя;
- в) образование макромолекул с каталитической активностью;
- г) образование биополимеров.

16. Количественное изменение набора хромосом, за счет утраты или умножения числа отдельных хромосом, называется_____ мутацией?

- а) хромосомной;
- б) генной;
- в) геномной;
- г) генотипной.

17. Главным фактором формирования рельефа земной поверхности является...

- а) взаимодействие движущихся в горизонтальном направлении литосферных плит;
- б) глобальное потепление климата;
- в) извержение вулканов;
- г) неуклонно возрастающая активность жизни, в особенности человека.

18. Выберите верное суждение об эксперименте:

- а) эксперимент может быть повторен столько раз, сколько это необходимо для получения достоверных результатов;
- б) в эксперименте человек играет пассивную роль;
- в) в ходе эксперимента природные процессы изучаются в естественных условиях с учетом воздействия факторов окружающей среды;
- г) эксперимент – это наиболее простое средство познания, исходное звено в познавательной деятельности человека.

19. Согласно представлениям атомистов Древней Греции, все тела...

- а) образованы различными комбинациями неделимых атомов;
- б) образованы мельчайшими неделимыми частицами – молекулами;

в) состоят из атомов, которые имеют сложное внутреннее строение;

г) построены из молекул, которые, в свою очередь, состоят из атомов.

20. Укажите, какие основные идеи лежат в основе неклассической (квантово-полевой) картины мира:

а) материя – обладает корпускулярными и волновыми свойствами, т. е. имеет место единство корпускулярных и волновых свойств материи;

б) взаимодействие между объектами, находящимися на любом расстоянии, осуществляется мгновенно;

в) пространство и время относительны, они являются выражением наиболее общих отношений материальных объектов, вне материи существовать не могут;

г) все в мире развивается закономерно, согласно строгим динамическим законам, исключаям всякую случайность и неопределенность.

21. Радужная окраска оксидных пленок на поверхности металлов появляется вследствие явления... света.

а) преломления;

б) поляризации;

в) интерференции;

г) дифракции.

Вариант № 2

1. Особенностью гуманитарного знания, в отличие от естественнонаучного, является...

а) нестрогий образный язык;

б) экспериментальное обоснование теоретических знаний;

в) высокая степень объективности и достоверности;

г) обязательная фальсификация и верификация данных.

2. Установите соответствие между типом фундаментального взаимодействия и областями его действия:

- | | |
|---------------------|---|
| а) гравитационное | 1) отвечает за структуру мегамира; |
| б) электромагнитное | 2) обеспечивают связь электронов с ядрами атомов; |
| в) сильное | 3) обеспечивает связь протонов и нейтронов в ядрах. |

3. Процессы самоорганизации происходят...

- а) в колебательных реакциях Белоусова–Жаботинского;
- б) при получении новых веществ в замкнутом реакторе;
- в) в ходе развития Земли;
- г) только в равновесных системах.

4. Не прибегая к вычислениям, укажите, в каком процессе при поддержании постоянной температуры энтропия продуктов превышает энтропию исходных веществ:

- а) $\text{CO}_{(г)} + 3\text{H}_{2(г)} \rightarrow \text{CH}_{4(г)} + \text{H}_2\text{O}_{(г)}$;
- б) $2\text{CO}_{(г)} + \text{O}_{2(г)} \rightarrow 2\text{CO}_{2(г)}$;
- в) $\text{NaCl}_{(т)} \rightarrow \text{NaCl}_{(раствор)}$;
- г) $\text{H}_2\text{O}_{(ж)} \rightarrow \text{H}_2\text{O}_{(т)}$.

5. При опросе студентов-«дистанционников» было установлено, что 80% из них считают необходимым сокращение программы курса КСЕ; опрос преподавателей показал, что 80% из них считают необходимым расширение программы курса КСЕ. Эти социологические данные...

- а) дополняют друг друга;
- б) не подлежат анализу;
- в) исключают возможность разумной деятельности по совершенствованию курса КСЕ;
- г) дают возможность создать идеальную программу дисциплины КСЕ.

6. Можно рассчитать (предсказать) траекторию...

- а) обращения планеты вокруг Солнца;
- б) движения электрона вокруг атомного ядра;
- в) распространения радиоволн от передатчика к приемнику;
- г) движения молекулы воздуха при нормальных атмосферных условиях.

7. К деструктивному загрязнению окружающей среды относится...

- а) микробиологическое загрязнение;
- б) шумовое загрязнение;
- в) выхлопные газы автомобилей;
- г) разработка карьеров.

8. Следствием неолитической революции является...

- а) сокращение видового разнообразия живых организмов;
- б) появление огромного количества отходов;
- в) проблема парникового эффекта;
- г) истощение озонового слоя.

9. Биогенная миграция атомов характеризуется следующими особенностями...

- а) в миграции участвуют радиоактивные изотопы химических элементов;
- б) в ходе миграции атомы одних химических элементов превращаются в атомы других;
- в) миграция расширяется благодаря расселению и передвижению живых существ;
- г) в ходе миграции сложные химические соединения разрушаются до простых веществ.

10. К антропогенным экологическим факторам относятся...

- а) искусственный радиационный фон;
- б) прокладка дорог;
- в) естественный радиационный фон;
- г) плотность почвы.

11. В основе современной синтетической теории эволюции лежат:

- а) основные положения теории Дарвина;
- б) современные научные данные палеонтологии и молекулярной биологии;
- в) современные данные биоэнергетики и парапсихологии;
- г) положение современного креационизма.

12. Метод познания, заключающийся в сознательном отвлечении от индивидуальных, несущественных свойств и сторон изучаемого объекта или явления с одновременным выделением интересующих исследователя свойств и связей, называется...

- а) идеализацией;
- б) абстрагированием;
- в) моделированием;
- г) формализацией.

13. В гуманитарных науках, в отличие от естественных...

- а) ученый стремится к получению «чистого знания» о мире, без учета этических, эстетических и других ценностей;
- б) осуществляется преимущественно количественная оценка явлений;
- в) важно не только само знание, но и его индивидуальная оценка;
- г) изучаются только типичные, универсальные процессы.

14. Все естественнонаучные картины мира отвечают на вопрос о (об)...

- а) взаимосвязи корпускулярных и континуальных свойств материи;
- в) изменчивости свойств пространства и времени;
- в) механизмах взаимодействия материальных тел;
- г) множественности форм движения материи.

15. К химическому учению о составе вещества относятся положения о том, что...

- а) каждое химическое соединение, независимо от способа его получения, состоит из одних и тех же элементов с одним и тем же отношением их масс;
- б) если два элемента образуют несколько соединений, то массы одного из них, приходящиеся на единицу массы другого, относятся как небольшие целые числа;
- в) повышение температуры на 10 градусов увеличивает скорость химической реакции в 2–4 раза;
- г) строение молекулы можно установить, исследуя химические свойства вещества, и наоборот: зная строение молекулы, можно предвидеть многие свойства соединения.

16. В число положений учения о химическом процессе входят положения о том, что...

- а) строение молекулы можно установить, исследуя химические свойства вещества, и, наоборот, зная строение молекулы, можно предвидеть многие свойства соединения;
- б) повышение температуры всего на 10 градусов увеличивает скорость химической реакции в несколько раз;
- в) каждое химическое соединение, независимо от способа его получения, состоит из одних и тех же элементов с одним и тем же отношением их масс;
- г) состояние химической системы задается концентра-

циями присутствующих в ней и взаимодействующих между собой веществ.

17. Представление о физическом поле как материальном агенте, осуществляющем передачу взаимодействий, характерно для...

- а) механической научной картины мира;
- б) электромагнитной научной картины мира;
- в) взглядов Аристотеля;
- г) современной научной картины мира.

18. Осовой симметрией (инвариантностью относительно поворота вокруг некоторой оси на некоторый угол) обладают...

- а) морские звезды;
- б) зебры;
- в) пауки;
- г) простейшие одноклеточные.

19. Понимание пространства и времени как некоторых субстанций, обладающих самостоятельным существованием и не связанных с материальными телами, характерно для...

- а) древнегреческих атомистов;
- б) механической научной картины мира;
- в) Аристотеля;
- г) современной научной картины мира.

20. При переходе от одной системы отсчета к другой может изменяться...

- а) пространственно-временной интервал между двумя событиями;
- б) последовательность причинно связанных событий;
- в) промежуток времени между двумя событиями;

г) последовательность причинно не связанных событий.

21. Принцип эквивалентности устанавливает физическую неразличимость...

- а) инертной и гравитационной масс;
- б) пространства и времени;
- в) ускоренного движения и покоя в гравитационном поле;
- г) массы и энергии.

Вариант № 3

1. К обязательным признакам (атрибутам) Галактики относятся...

- а) большое количество звезд, входящих в ее состав;
- б) протекание в ее недрах термоядерных реакций в настоящем, прошлом или будущем;
- в) спиральная форма;
- г) низкая средняя плотность по сравнению со звездами или планетами.

2. Характерными общими чертами природных систем являются:

- а) иерархичность;
- б) аддитивность;
- в) комплектарность;
- г) интегративность.

3. К свойствам всех лептонов относятся:

- а) самые малые размеры среди всех элементарных частиц;
- б) стабильность;
- в) неспособность к участию в сильном взаимодействии;
- г) полуцелый спин.

4. Укажите фразу, в которой речь идет о качественном составе глюкозы, имеющей молекулярную формулу $C_6H_{12}O_6$:

- а) в состав молекулы глюкозы элементы входят в соотношении 6:12:6;
- б) глюкоза является веществом питания человека и входит в состав крови;
- в) глюкоза хорошо растворяется в воде;
- г) молекула глюкозы состоит из атомов углерода, водорода и кислорода.

5. Главным достижением этапа развития химических знаний, который получил условное название «структурная химия», является установление связи между:

- а) составом вещества и его свойствами;
- б) структурой молекулы и функциональной активностью соединения;
- в) организацией химического процесса в реакторе и производительностью реактора;
- г) самоорганизацией системы реагентов и поведением этой системы.

6. В рамках квантовой механики возможно...

- а) точно рассчитать значения всех физических величин, характеризующих свойства объекта, если знать некоторые недоступные наблюдению «скрытые параметры» этого объекта;
- б) рассчитать лишь вероятности тех или иных значений физических величин, характеризующих изучаемый объект;
- в) дать лишь качественное описание изучаемого объекта, но невозможен никакой количественный расчет его характеристик;
- г) точно рассчитать значения всех физических величин, характеризующих изучаемый объект.

7. Основное предназначение тормозных колонок автомобиля, с точки зрения термодинамики, заключается в ...

- а) быстром и по возможности бесследном уничтожении энергии движения автомобиля;
- б) превращении механической энергии движения автомобиля в механическую энергию движения окружающих его тел;
- в) превращении механической энергии движения автомобиля в тепловую;
- г) превращении химической энергии топлива в механическую энергию движения автомобиля.

8. Чтобы в системе могла происходить самоорганизация, необходимо, чтобы эта система была...

- а) слабо неравновесной;
- б) равновесной;
- в) линейной;
- г) сильно неравновесной.

9. Космология изучает происхождение и развитие...

- а) нашей Галактики;
- б) Солнечной системы;
- в) Метагалактики;
- г) Вселенной.

10. Установите соответствие между концепцией возникновения жизни и ее содержанием:

- 1. Теория биохимической эволюции.
- 2. Постоянное самозарождение.
- 3. Креационизм.

- 1. Жизнь на Земле возникла в процессе самоорганизации из неорганических веществ.
- 2. Жизнь никогда не возникала, а существовала всегда.
- 3. Жизнь есть результат божественного творения.
- 4. Жизнь постоянно самопроизвольно зарождается из неживого вещества.

11. Объектом действия естественного отбора является...

- а) хромосомный набор;
- б) целостная живая система;
- в) отдельный ген;
- г) отдельный признак.

12. Установите соответствие между видом изменчивости и ее примером:

- | | |
|---------------------------------|---|
| 1) мутационная изменчивость | 1) изменения, вызванные различной комбинацией генов при половом размножении; |
| 2) модификационная изменчивость | 2) случайно возникшие изменения числа хромосом в гаплоидном наборе; |
| | 3) изменение формы листьев у группы растений, помещенных в сходные условия существования. |

13. Установите соответствие между термином и его определением:

- | | |
|-----------------------|--|
| 1) биотоп | 1) живая и неживая природа, окружающая живой организм, с которой он взаимодействует; |
| 2) среда обитания | 2) исторически сложившаяся группировка совместно обитающих и взаимно связанных видов; |
| 3) экологическая ниша | 3) участок абиотической среды, которую занимает биоценоз; |
| | 4) положение вида в экосистеме со всей совокупностью жизненно необходимых биocenотических и абиотических связей. |

14. Природные воды (океаническую, морскую, подземные и другие) следует отнести к веществу...

- а) живому;
- б) биогенному;
- в) биокосному;
- г) косному.

15. Примитивные галечные орудия труда начали изготавливаться представителями...

- а) человека прямоходящего;
- б) человека разумного;
- в) человека умелого;
- г) неолитов.

16. Одной из причин деградации водных ресурсов является возрастание влажности климата за счет...

- а) усиления таяния ледников;
- б) повышения температуры на планете;
- в) сброса сточных вод промышленных и сельскохозяйственных предприятий;
- г) извержения вулканов.

17. Путем изучения процессов прохождения, поглощения, отражения сейсмических волн ученые получают данные о...

- а) возрасте горных пород;
- б) внутреннем строении Земли;
- в) составе Солнечной системы;
- г) деятельности вулканов.

18. Этическую неприемлемость концепции детерминированного движения атомов античный философ Эпикур выразил словами:

- а) смерть не имеет к нам никакого отношения, т.к. когда мы существуем, смерть еще не существует, а когда смерть присутствует, тогда мы не существуем;
- б) истинно только все то, что мы наблюдаем чувствами или воспринимаем умом посредством постижения;
- в) и времени нет самого по себе, но предметы сами ведут к ощущению того, что в веках совершилось;
- г) лучше уж следовать мифу о богах, чем быть рабом фи-

зиков, миф дает надежду умиловить богов, а судьба заключает в себе неумолимую необходимость.

19. Одна из формулировок второго закона термодинамики гласит, что с течением времени...

- а) тепловая энергия самопроизвольно переходит от горячих тел к холодным;
- б) качество энергии изолированной системы повышается;
- в) качество энергии изолированной системы не может измениться;
- г) в открытой системе обязательно возникают упорядоченные структуры.

20. Состояние, когда человек тяжело болен воспалением легких и имеются варианты развития: либо выздороветь, либо умереть, либо болезнь примет хроническую форму, называется в синергетике...

- а) точкой бифуркации;
- б) гомеостазом;
- в) системным кризисом;
- г) зоной болезни.

21. На эмпирическом уровне научного познания...

- а) в качестве основных методов применяются абстрагирование и мысленный эксперимент;
- б) отсутствует непосредственное практическое взаимодействие с объектами исследования;
- в) существенные связи и отношения природных объектов (законы) отображаются в «чистом виде» через систему соответствующих абстракций;
- г) осуществляются наблюдения и экспериментальная деятельность.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Солопов, Е. Ф. Концепции современного естествознания / Е. Ф. Солопов. – М.: Владос, 2004.
2. Гусейханов, М. К. Концепции современного естествознания: учебник / М. К. Гусейханов, О. П. Раджабов. – М.: Дашков, 2004. – 692 с.
3. Лавриненко, В. Н. Концепции современного естествознания: учебник / В. П. Лавриненко, В. П. Ратников. – Изд. перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ – ДАНА, 2002. – 303 с. (рекомендовано МО РФ).
4. Лобачев, А. И. Концепции современного естествознания: учебник / А. И. Лобачев. – М.: ЮНИТИ – ДАНА, 2001. – 239 с. (рек. уч. мет. центром).
5. Баблюянс, А. Молекулы, динамика, жизнь / А. Баблюянс. – М.: Мир, 1990.
6. Бейзер, А. Основные представления современной физики / А. Бейзер. – М.: Атомиздат, 1973.
7. Берже, П. Порядок и хаос / П. Берже, И. Помо, К. Видаль. – М.: Мир, 1991.
8. Биология: Учебник / под ред. Н. Б. Чебышева. – М.: ВУНМЦ, 2000.
9. Вернадский, В. И. Труды по философии естествознания / В. И. Вернадский. – М.: Наука, 2000.
10. Горелов, А. А. Концепция современного естествознания / А. А. Горелов – М.: Центр, 1997.
11. Садохин, А. П. Концепции современного естествознания: учебное пособие / А. П. Садохин. – М.: Издательство «Омега-Л», 2008. – 239 с.
12. Дубнищева, Т. Я. Концепция современного естествознания: учебник для вузов / под ред. М. Ф. Жукова. – М.: Маркетинг, Новосибирск: ЮКЭА, 2000.
13. Дубнищева, Т. Я. Концепции современного естествознания: метод. рекомендации / Т. Я. Дубнищева. – Новосибирск: ЮКЭА, 1997.
14. Дягилев, Т. Я. Концепции современного естествознания / Т. Я. Дягилев. – М.: ИМПЭ, 1998.
15. Зельдович, Я. Ю. Строение и эволюция Вселенной / Я. Ю. Зельдович, И. Д. Новиков. – М.: Наука, 1995.
16. Канке, В. А. Концепции современного естествознания: учебник / В. А. Канке. – Изд. 2-е. – М.: ЛОГОС, 2002. – 368 с.
17. Карпенков, С. Х. Концепции современного естествознания: практикум / С. Х. Карпенков. – М.: ЮНИТИ, 1998.

Учебно-теоретическое издание

КИРИН Игорь Григорьевич

КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Курс лекций

Корректор Л. Моисеева

Верстка Г. Сатлыковой

Подписано в печать 22.02.15. Формат 60х84 1/16.

Бумага офсетная. Гарнитура «SchoolBook». Печать цифровая.

Объем 8,92 уч.-изд. л. Тираж 70 экз. Заказ № 357.

Типография ФГБОУ ВПО «ОГИМ»

460038, г. Оренбург, ул. Волгоградская, д. 16

Тел./факс: (3532) 30-50-00, доб. 127